

PRÉVOIR ET OBSERVER LE FAIT EXPÉRIMENTAL AU COURS MOYEN

André Laugier
Richard Lefèvre

Le recours à l'expérimental passe par une phase dite d'observation au cours de laquelle l'élève va devoir extraire des informations à partir des faits observés. L'article s'attache à mettre à jour, à partir d'une situation de classe et en faisant varier les pratiques de l'enseignant, dans quelles conditions l'élève effectue ce travail et quelle est la part des conceptions initiales dans les difficultés rencontrées.

Les auteurs étudient ensuite quel peut être le rôle du débat scientifique entre les élèves avant l'expérience. Enfin, y a-t-il, parmi les modèles pédagogiques théoriques existants, un modèle dont les pratiques seraient susceptibles de favoriser la mise en oeuvre des solutions proposées ?

1. INTRODUCTION

Depuis le début de l'école primaire en France il y a toujours eu dans le curriculum un peu de physique, présente tout d'abord et pendant près d'un siècle sous la forme des leçons de choses du Cours Moyen. En 1969 les activités d'éveil sont introduites et rendues obligatoires pour tous les niveaux de l'école primaire. Les Instructions de 1985 confirment l'existence d'un enseignement scientifique comportant une part de sciences physiques.

Aujourd'hui les Instructions Officielles pour l'enseignement des Sciences Physiques à l'école élémentaire, déclarent qu'il faut initier les élèves à la démarche expérimentale : "l'élève doit être capable ... de proposer la mise en oeuvre des étapes caractéristiques de la démarche expérimentale." (1). Nous ne discuterons pas ici des limites de validité et de la prudence avec laquelle il faut considérer cette idée de démarche expérimentale, héritée de la méthode expérimentale codifiée strictement par Claude Bernard et présentée aux maîtres de l'école élémentaire à travers le schéma OHERIC (2). Nous notons tout de même qu'il existe un débat dans la commu-

pour initier les
élèves à la
démarche
expérimentale...

- (1) Ministère de l'Education Nationale. Direction des Ecoles (1991). *Les cycles à l'école primaire*. Document CNDP. Paris : Hachette.
- (2) On trouvera une critique de la démarche expérimentale dans l'article de Michel Develay. (1989), in : Aster, 8. "Sur la méthode expérimentale".

nauté des scientifiques, autour de cette idée de démarche expérimentale, débat au cours duquel ils ne sont pas tous d'accord ! (3)

Notre travail va se centrer sur l'une des phases essentielles de cette démarche : l'observation par l'élève du fait expérimental. La qualité et la pertinence de l'observation faite par l'élève conditionne en grande partie l'abondance des phases ultérieures. Quel sens l'élève donne-t-il à ses observations en fonction de ses conceptions ?

Une recherche sur le fonctionnement d'élèves dans une situation d'enseignement met en oeuvre implicitement un mode de travail pédagogique.

... y a-t-il un modèle pédagogique à privilégier ?

Il faudra, d'une part expliciter ce modèle a priori car c'est lui qui donne du sens et de la cohérence à nos hypothèses, et d'autre part regarder comment se situe ce modèle a priori par rapport aux modèles théoriques proposés par des auteurs comme Gilles Ferry (4) ou Marcel Lesne (5). Ces modèles théoriques ont été construits à propos de la formation d'adultes mais ils nous paraissent intéressants pour l'étude des pratiques pédagogiques des enseignants dans la mesure où l'idée fondamentale de ces modèles est que l'éducation est d'abord un processus de socialisation avant d'être acquisition de savoir. (Sur cette question on pourra se reporter à l'étude faite par Astolfi et Develay sur *les modes d'intervention didactique et leur formalisation par des modèles pédagogiques* (6)).

Nous regarderons également comment les acquis obtenus par la recherche fournissent des éléments objectifs pour, en formation d'enseignants, débattre d'une manière pertinente des modes d'action pédagogiques modélisés.

Remarque :

Parmi les informations que nous pouvons rechercher dans la perspective d'une utilisation de ces travaux en formation d'enseignants, l'une d'elles concerne le "coût didactique" de l'expérience. En effet pour la communauté classe ce "coût didactique" est élevé (coût en temps, coût en perturbations matérielles). Quels moyens l'enseignant peut-il utiliser pour augmenter le "rendement didactique" de l'expérience ?

-
- (3) En 1985 René Thom fait à l'Académie des Sciences un exposé au titre provocateur : "La démarche expérimentale : un mythe des épistémologues (et des savants ?)", in : *La philosophie des sciences aujourd'hui*. Paris : Gauthier - Villard. 1986.
 - (4) Ferry G. (1987). *Le trajet de la formation*. Paris : Dunod.
 - (5) Lesne M. (1977). *Travail pédagogique et formation d'adultes*. Paris : PUF.
 - (6) Astolfi J.P. et Develay M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF, p. 99.

2. PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet sur lequel vont porter nos investigations concerne ce qui se passe lorsque les enfants sont confrontés au fait expérimental, que celui-ci ait été proposé par eux ou par l'enseignant. Ce qui va nous intéresser c'est **comment les enfants lisent ce fait expérimental**, comment ils construisent une connaissance à partir de ce fait.

Pour lire le fait expérimental les enseignants, mais aussi les Instructions Officielles, invitent l'élève à **observer**. Son rôle face à l'expérience est *"de décrire les faits tombants sous ses sens"*. Cette phrase est tirée des Instructions de 1945, mais une des caractéristiques de l'épistémologie privée des enseignants de l'école élémentaire, telle qu'elle apparaît lorsqu'on les interroge sur leurs conceptions de l'enseignement des sciences physiques (7), est qu'il suffit de montrer une expérience, de faire voir, pour que l'enfant assimile la connaissance. Tout se passe comme si l'objet détenait une vérité que tout un chacun pourrait découvrir par une observation bien conduite.

Or de nombreux travaux sur l'observation, abordés selon des perspectives différentes, révèlent la complexité des mécanismes mis en jeu dans cette activité.

Dans un contexte différent, puisqu'il s'agit de l'observation, par un chercheur, des activités didactiques (mais nous pensons que les théories mises en oeuvre pour décrire un même processus ne sont pas fondamentalement différentes pour un chercheur et pour un élève), G. Brousseau pose le problème de l'observation en ces termes : *"Observer quoi ? pourquoi ? comment ?"*. L'auteur nous met tout de suite en garde contre la fausse simplicité de ces questions : *"L'ordre dans lequel on pose ces questions prend une hypothèse sur la manière d'y répondre. On ne peut déterminer 'quoi' si on ne sait pas 'pourquoi', et souvent le 'comment' guide le choix des 'quoi' "* (8).

Colmez, Delacôte et Richard précisent le but et les conditions de l'observation, par un élève, du fait expérimental : *"Son objet est de permettre des prédictions et de dégager des relations d'association ou de dépendance entre des observables. L'observation suppose en fait des représentations préalables issues soit d'observations antérieures soit de conceptions a priori. Ce sont ces représentations qui déterminent ce qui sera considéré comme pertinent et entrera dans la description, et ce que l'on néglige comme non pertinent"* (9).

(7) Laugier A. (1992). *"Contribution au statut de l'expérience dans l'enseignement des sciences physiques à l'école Élémentaire"*. DEA de didactique des disciplines scientifiques sous la direction de Mr Padeloup. Université Paul Sabatier. Toulouse.

(8) Brousseau G. (1977). "Observation des activités didactiques" - Table Ronde "Didactique des Sciences et Psychologie" organisée par le CNRS et la Maison des Sciences de l'Homme. Paris. 4-5-6-7 mai 1977, in : *Revue Française de Pédagogie*, 45.

(9) Colmez, Delacôte et Richard, "Le statut de l'observation et de l'activité expérimentale chez l'élève". Ibid 8.

Cette définition est intéressante car elle fait intervenir le rôle essentiel des représentations préalables dans la lecture du fait expérimental.

... à la prise en compte des conceptions des élèves...

Là aussi des travaux importants en didactique de la physique, (Leboutet, Tiberghien et collaborateurs, Johsua et Dupin), ont été consacrés à l'exploration des caractères les plus marquants de la pensée commune. Ces travaux se sont appuyés sur ceux de Piaget et surtout ceux de Bachelard. L'idée de l'élève "*cruche vide*" qu'il suffit de remplir, voire comme le proposait Condillac "*de cre molle qu'il convient d'imprégner*", a laissé la place à l'idée de l'élève qui "*arrive en classe avec des connaissances empiriques déjà constituées*", pour lequel "*il ne s'agit pas d'acquérir une culture expérimentale mais bien de changer de culture, de renverser les obstacles amoncelés par la vie quotidienne*" (10).

Cette idée de changement de culture nous paraît essentielle. Suivant que l'enseignant y souscrit ou non, ses pratiques relèveront de tel ou tel modèle pédagogique.

L'enquête citée précédemment sur les comportements des enseignants de l'école élémentaire révèle une position claire par rapport au statut de l'expérience. Pour une large majorité d'entre eux, lorsque une expérience est réalisée dans la classe dans le cadre d'une activité de sciences physiques, le maître ne semble pas laisser aux élèves une grande liberté dans l'observation, la réalisation et l'interprétation de l'expérience. C'est lui qui dirige l'observation de celle-ci par des questions suffisamment fermées, et nous reconnaissons là une persistance structurelle des techniques de la leçon de choses.

... le modèle pédagogique des enseignants...

L'objectif avoué de l'enseignement est de transmettre un savoir constitué à des élèves "qui ne savent pas". Dans ce modèle, la prise en compte de leurs conceptions, le fait qu'elles puissent intervenir non seulement dans la construction des connaissances mais également dans l'observation de l'expérience, est ignoré. En particulier dans ce modèle l'élève est un sujet vierge, "neutre conceptuellement" vis-à-vis de l'enseignant. Ce type de modèle pédagogique se retrouve dans les modèles pédagogiques repérés et analysés par Eliane Orlandi dans ses travaux sur les conceptions épistémologiques de quelques enseignants de Biologie en classe de troisième de collège (11).

Cette approche des enseignants de l'école primaire fait plutôt référence à un modèle pédagogique du type "transmissif à orientation normative" pour reprendre la classification proposée par Marcel Lesne.

Pour construire notre expérimentation, nous nous sommes référés à un modèle pédagogique exprimant :

-
- (10) Bachelard G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin, p. 18.
- (11) Orlandi E. (1991). "Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale" in : *Aster*, 13.

- d'une part la volonté de prendre en compte l'existence des conceptions des élèves, mais également leur caractère opératoire. Comme le souligne Giordan, les conceptions doivent être considérées comme "des processus et non des produits" (12). Ces conceptions sont susceptibles d'intervenir dans l'interprétation des faits mais également dans l'observation des faits expérimentaux par les élèves. Il n'est pas possible, avant enseignement, de "vider l'élève" de toute connaissance antérieure ;
- d'autre part l'idée que pour faire évoluer ces conceptions il faut les faire fonctionner. Se pose alors le problème du fonctionnement de ces conceptions :
 - . à travers des informations fournies par l'enseignant ?
 - . par une confrontation individuelle à la réalité des faits ?
 - . par une confrontation sociale à d'autres conceptions proposées par des pairs ?

... permet-il de prendre en compte les interactions sociales dans la classe ?

Ce dernier point est conforté par les acquis d'un courant de recherches qui explore la voie du conflit socio-cognitif qui pourrait trouver sa solution dans le débat scientifique dans la classe. Etudiant les phénomènes d'interaction sociale entre des enfants en situation d'apprentissage, Perret-Clermont note que "*Le conflit socio-cognitif engendré par la mise en présence de centrations différentes semble être le processus à l'origine des évolutions individuelles constatées. Pour que des enfants élaborent une notion il n'est pas nécessaire qu'un des deux la maîtrise, il suffit qu'il l'abordent avec des points de vue conflictuels*" (13).

Johsua et Dupin se sont attachés à étudier l'intérêt et les limites des débats Enseignant * (Elève*Elève) et Elève * Elève. Tout en soulignant le caractère artificiel du débat scientifique dans la classe, leurs travaux attestent de la pertinence de leur hypothèse de travail selon laquelle "*cette aire de liberté - même fictive en dernière instance- suffit à permettre une interaction sociale apte à favoriser l'apprentissage*" (14). Leurs travaux rejoignent ceux de G. Brousseau qui souligne en outre que le terme-même de conflit socio-cognitif "*met l'accent de manière excessive sur un des aspects des débats : l'examen et la prise de positions contradictoires, et qu'il masque une condition indispensable à leur bon fonctionnement : la coopération des élèves en vue de la construction d'un savoir commun vrai*" (15).

(12) Giordan A. (1987). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*, 2^e édition. Berne : P. Lang.

(13) Perret-Clermont A.N. (1980). "Recherche en psychologie sociale et activité éducative", in : *Revue Française de pédagogie*, 53.

(14) Johsua S. et Dupin J.J. (1989). *Représentations et modélisations ; le débat scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : P. Lang, p. 97.

(15) Brousseau G. (1989). "Obstacles épistémologiques, conflits socio-cognitifs et ingénierie didactique" in : *Construction des savoirs, obstacles et conflits* - Colloque International de Montréal. CIRADE. Ottawa : Agence d'ARC, p. 277.

Par rapport au modèle dominant chez les enseignants du primaire nos préoccupations font, elles, davantage référence, dans la classification de Marcel Lesne, au modèle pédagogique du type "appropriatif centré sur l'insertion sociale".

3. LE DISPOSITIF DIDACTIQUE MIS EN OEUVRE

Nous avons choisi de travailler sur une expérience pratiquée dans le cadre d'une activité "traditionnelle" du cours moyen de l'école élémentaire : l'expérience des vases communicants.

Déjà citée dans le livre de Paul Bert (1886), elle a été régulièrement proposée dans tous les livres de leçons de choses et son succès auprès des enseignants de l'école élémentaire ne s'est pas démenti. Sa simplicité de mise en oeuvre, son caractère "d'évidence" (il suffit de regarder pour "voir", son intérêt pratique (distribution de l'eau, fontaines, écluse...) font qu'ils y ont volontiers recours.

Nous avons observé et analysé la séquence retenue dans quatre classes de cours moyen deuxième année. Ce travail a été complété par une série d'entretiens individuels avec quelques élèves choisis en fonction de la représentativité de leurs comportements. Ces enregistrements nous ont permis d'affiner nos analyses.

La situation expérimentale proposée aux élèves est représentée par quatre dispositifs expérimentaux (voir page 152 le schéma des expériences). L'objectif conceptuel visé est ici de faire repérer par les enfants qu'il existe pour les quatre situations proposées un invariant physique : l'eau est toujours au même niveau dans les deux vases.

quatre
expériences
proposées aux
élèves...

Le premier dispositif correspond à la situation la plus simple des vases communicants. Les deux vases étant au même niveau, la position relative de ceux-ci ne constitue pas un obstacle potentiel pour les élèves, la seule difficulté est pour eux d'admettre la possibilité pour l'eau de remonter dans le vase où on ne verse pas d'eau.

Le second et le troisième dispositifs sont conçus de façon à placer les élèves face à l'obstacle constitué par la différence de niveau des deux vases. Le troisième dispositif permettant d'observer comment les enfants tirent ou non une connaissance du fait expérimental n°2.

Le quatrième dispositif doit permettre de mettre en évidence le caractère opératoire ou non de la connaissance construite par les enfants au cours de la séquence.

Le facteur sur lequel a porté notre étude est la pratique pédagogique suivie par l'enseignant. Et par rapport à ce facteur nous nous sommes intéressés à l'existence et la nature des interactions sociales dans la communauté classe. Ce que nous regarderons c'est comment ces interactions inter-

viennent dans l'observation du fait expérimental, et quelles en seront les conséquences sur l'évolution des conceptions des élèves.

Pour cela nous caractériserons ces pratiques selon trois modalités que nous noterons de la façon suivante :

- modalité MEM (Modalité avec échanges Elèves Maître) pour les classes CMA.MEM et CMB.MEM. Cette modalité est caractérisée par le fait que les échanges sont du type Maître * Classe. Tous les échanges qui ont lieu dans la classe se font par l'intermédiaire de l'enseignant qui assure ainsi la responsabilité de la gestion du débat. De plus après chaque expérience l'enseignant formule avec les élèves le résultat de l'expérience, ceux-ci recopiant sur leur cahier la trace écrite institutionnelle.
- modalité MSD (Modalité Sans Débat) pour la classe CM.MSD. Dans ce déroulement de séquence aucun échange d'information n'est permis ni entre les élèves ni entre un élève et le maître. Nous avons voulu à travers cette modalité étudier comment un élève seul face au fait expérimental observe celui-ci et comment ses conceptions agissent et évoluent.
- modalité MAD (Modalité Avec Débat) pour la classe CM.MAD. Dans cette classe les élèves, après avoir fait une prévision individuelle sur le résultat d'une expérience et avant d'observer celle-ci, discutent entre eux, directement, et argumentent leurs prévisions. Notre objectif étant d'évaluer les retombées de ce débat entre élèves sur la qualité de leur observation, et sur le rendement didactique de l'expérience.

La description détaillée de ces modalités sera faite dans le cours de l'exposé avec la présentation des fiches de travail fournies aux enseignants.

3.1. Déroulement du travail pour la modalité MEM

- Classes CMA.MEM et CMB.MEM

Dans cette modalité l'enseignant interroge les élèves pour connaître leur prévision sur le résultat de l'expérience qui va être faite, mais les prévisions des élèves ne sont pas l'objet d'un débat ni entre les élèves ni avec le maître. A aucun moment ceux-ci ne sont amenés à s'impliquer personnellement dans leur prévision. L'enseignant se borne à faire apparaître l'existence de prévisions différentes, puis intervient pour guider l'observation et faire formuler l'acquis après chaque expérience.

• Objectifs

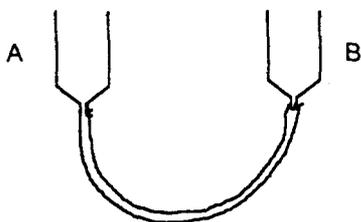
* Découvrir à travers l'observation d'expériences que lorsque deux récipients contenant de l'eau sont reliés par un tuyau, les surfaces libres de l'eau de chaque côté du dispositif sont toujours dans le même plan horizontal.

selon trois
modalités
pédagogiques
différentes

* Comprendre comment cette propriété des vases communicants permet d'interpréter la distribution de l'eau dans une agglomération ou le fonctionnement d'une écluse (16).

• **Matériel**

* Un exemplaire du matériel représenté ci-après, puisque c'est le maître qui réalise les expériences (la classe veillant à ce qu'il respecte le protocole expérimental sur lequel on s'est préalablement mis d'accord) :



- deux bouteilles en plastique transparent, sciées au tiers de leur longueur à partir du bas, reliées par un tuyau souple et transparent également ;
- une bassine contenant trois à quatre litres d'eau et un pichet pour verser cette eau dans le dispositif.

* Une fiche polycopiée par élève portant les schémas des quatre expériences sur laquelle il devra porter ses prévisions. (voir un exemple de cette fiche remplie par un élève page 124).

• **Description du déroulement de la première expérience**

* Présentation de la situation

- L'enseignant distribue à chaque enfant la fiche polycopiée et il leur montre ensuite le dispositif qu'il a réalisé (les deux bouteilles en plastique reliées par un tuyau souple transparent).
- Il leur fait remarquer que ce dispositif est représenté dans trois des croquis de la feuille polycopiée et leur fait dire lesquels.

* Consignes

- *"Vous allez m'aider de votre place, en observant le croquis, à réaliser la première expérience".*
(Les élèves font des remarques du genre : plus haut, plus bas, etc.)
- *"Tout à l'heure, à l'aide du pichet, l'un d'entre vous va verser de l'eau dans la bouteille A. Mais auparavant, vous allez essayer de deviner ce qui va se passer : pour cela vous allez dessiner le niveau de l'eau dans le dispositif (17) quand toute l'eau du pichet aura été versée".*

dans la première
modalité,
l'enseignant...

(16) Ce deuxième objectif n'étant pas directement lié au sujet de l'article, les conditions de sa mise en oeuvre ne seront pas étudiées ici.

(17) Dans la classe CMA.MEM les élèves ayant mal compris la consigne l'enseignante l'a modifiée en leur précisant "... avec votre stylo comment l'eau va se répartir de chaque côté du dispositif". Nous verrons plus loin l'importance de cette modification de la consigne.

* Déroulement

- Les élèves anticipent comme le maître le leur a demandé : chacun indique sur sa feuille le niveau supposé de l'eau sur le premier croquis (correspondant à la première expérience).
- L'enseignant relève alors quelques feuilles ; il les affiche au tableau et demande aux élèves quelles sont celles que l'on pourrait regrouper et pourquoi. Mais ceux-ci ne les classent pas spontanément en fonction du critère "niveau de l'eau de chaque côté" qui est celui attendu par l'enseignant. Celui-ci doit orienter la discussion pour éliminer les critères tels que la hauteur d'eau dans le récipient A (récipient plein ou rempli à moitié), quand il ne s'agit pas de la qualité du dessin !

... fait le bilan
des prévisions...

* Vérification des anticipations

L'enseignant procède ensuite à l'expérience.

Il reprend le dispositif (bouteille et tuyau) qu'il replace dans la situation de départ (premier croquis), et demande à un élève de venir verser l'eau lentement, jusqu'à ce que les deux surfaces soient bien visibles par tous dans les deux bouteilles.

puis dirige
l'observation et la
formulation

L'enseignant **fait formuler d'une manière correcte le résultat de l'expérience** : l'eau est au même niveau des deux côtés du dispositif. Puis il dessine au tableau le schéma de celle-ci et invite les enfants à le reproduire sur leur cahier.

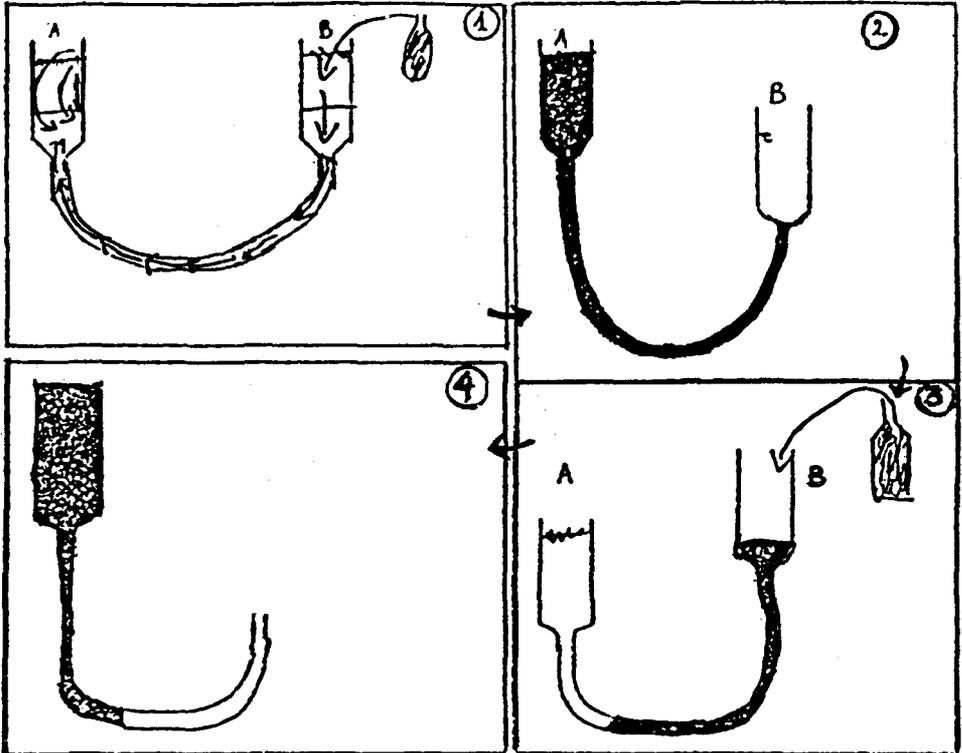
• *Autres expériences*

Les autres expériences se déroulent de la même manière.

- 1) Avec l'aide des élèves, l'enseignant réalise la position du dispositif (indiquée sur le deuxième et le troisième croquis).
- 2) Il leur demande d'anticiper et de marquer les niveaux de l'eau.
- 3) Il relève quelques feuilles et fait préciser aux autres élèves à laquelle de ces prévisions ressemble la leur.
- 4) Il réalise l'expérience.
- 5) Il fait formuler le résultat de l'expérience.

3.2. Résultats des classes CMA.MEM et CMB.MEM

Exemple de fiche de prévisions remplie par un élève



• Les résultats

Les tableaux ci-après indiquent dans chaque classe le nombre d'élèves effectuant une prévision correcte ou incorrecte pour les quatre expériences. Les classes testées dans la suite de notre expérimentation ont des effectifs différents de celles-ci, aussi, afin de pouvoir comparer les résultats, nous exprimerons pour chacune le taux de réussite.

tableau 1

CLASSE CMB.MEM 21 élèves			
expérience	prévisions incorrectes	prévisions correctes	taux de réussite
1	12	9	0.42
2	19	2	0.09
3	7	14	0.66
4	11	10	0.47

des prévisions
incorrectes...

tableau 2

CLASSE CMA.MEM 21 élèves			
expérience	prévisions incorrectes	prévisions correctes	taux de réussite
1	5	16	0.76
2	9	12	0.57
3	1	20	0.95
4	4	17	0.80

• **Analyse des résultats de la première
expérience**

Nous reviendrons sur la signification des différences constatées d'une classe à l'autre. Nous allons d'abord regarder comment les enfants se comportent face à l'expérience.

La première observation est qu'un certain nombre d'enfants qui font une prévision incorrecte (4 élèves sur 12 dans la première classe et 3 élèves sur 5 dans la seconde), arrêtent l'eau au point le plus bas du dispositif. L'interview des élèves concernés fait apparaître que pour eux il n'est pas concevable que l'eau puisse s'élever dans un tuyau. Pour eux *"elle est pas obligée de le faire"*.

Si l'enfant conçoit qu'elle puisse remonter du côté où on ne l'a pas versée, il pense généralement que ce sera à un niveau inférieur au niveau atteint du côté où on a versé l'eau.

Même lorsque la maîtresse fait l'expérience les élèves refusent d'admettre que l'eau soit au même niveau des deux côtés du dispositif *"elle peut pas remonter toute seule"*, *"madame c'est impossible"*, *"c'est parce qu'elle a de l'élan en arrivant en bas qu'elle remonte un peu"*. Ils vont jusqu'à soupçonner la maîtresse d'une sorte de malhonnêteté : *"c'est truqué"*, *"c'est de la magie"*.

... au refus
d'admettre le
résultat de
l'expérience...

Ce refus des enfants d'accepter le résultat d'une expérience qui les dérange est un fait très général, que nous avons fréquemment observé. L'enseignant, qui non seulement donne aux élèves la possibilité de s'exprimer, mais les incite à le faire, attend de cette confrontation "constat de l'expérience / idées a priori" une évolution de celles-ci. Ce conflit révèle la force de leurs conceptions et la résistance qu'elles opposent au changement (18).

La maîtresse doit, à la demande des élèves, refaire l'expérience en versant l'eau peu à peu, pour lui permettre de s'équilibrer au fur et à mesure (d'où la nécessité d'utiliser un tuyau transparent). Après chaque versement d'une petite quantité d'eau, la classe vérifie que l'eau est au même niveau des deux côtés du dispositif. Cette modification du protocole expérimental à l'initiative des élèves confère à l'expérience un statut différent que Johsua et Dupin qualifient de "fait expérimental nouveau" (19).

• *Analyse des résultats des autres expériences*

Pour la deuxième expérience le taux de réussite des élèves, aux prévisions, baisse très nettement dans toutes les classes où nous avons fait des observations. Ce résultat confirme le fait que la deuxième expérience présente plus de difficultés sur le plan conceptuel.

La troisième expérience est voisine de la précédente et le niveau de difficulté sur le plan conceptuel est le même. Dans les deux classes, le taux de prévisions correctes remonte pour devenir supérieur non seulement à celui des prévisions à la deuxième expérience mais également à celui des prévisions à la première expérience. Cette remontée du taux de prévisions correctes semble indiquer que le fait que l'eau soit toujours au même niveau des deux côtés du dispositif est maintenant admis par une forte proportion d'élèves.

Cependant les prévisions correctes à la quatrième expérience baissent dans les deux classes (de 14 à 10 élèves dans la classe CMB.MEM et de 20 à 17 dans la classe CMA.MEM). Nous nous attendions à avoir un taux de réussite au moins égal à celui de la troisième expérience, car l'expérience sur les vases communicants avait déjà été faite trois fois devant les élèves en faisant varier le niveau des vases, et la loi de l'équilibre des deux niveaux de l'eau avait déjà été formulée par l'enseignant.

Nous avons interrogé les enfants sur les raisons de leurs prévisions et ils ont alors déclaré qu'ils pensaient effective-

le poids des idées
a priori

(18) Ces conceptions vont perdurer bien au delà de l'école élémentaire. La même enquête faite avec des étudiants du DEUG A à Bordeaux I, dans le module pré-professionalisation (76 individus), mais sans la réalisation des expériences et sans débat entre les prévisions, laisse apparaître encore des taux d'erreurs non négligeables : 9% pour l'expérience 1, 16% pour l'expérience 2, 14% pour l'expérience 3.

(19) Johsua S. et Dupin J.J. (1989), *ibid* 14.

ment que l'eau allait jaillir sous forme d'un petit jet d'eau, "mais comme il n'y avait pas de cuvette par terre, on n'a pas cru que la maîtresse allait faire une expérience qui ferait des saletés sur le sol !".

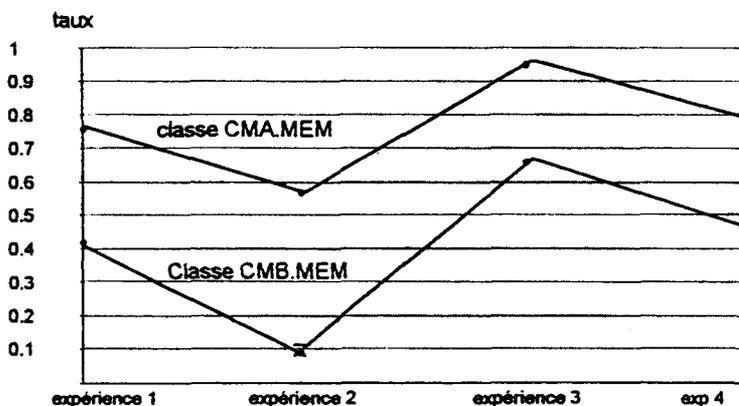
Il faut dire que dans les deux classes l'enseignante était assez méticuleuse, et l'absence de cuvette avait effectivement pu influencer les élèves.

Cette explication des enfants nous semble d'autant plus plausible que lorsque nous avons repris cette activité dans deux autres classes (voir plus loin les résultats des classes CM.MSD et CM.MAD), où l'enseignant avait l'habitude de pratiquer des activités expérimentales pouvant entraîner un certain désordre, le taux de prévisions correctes à l'expérience 4 est toujours supérieur à celui de l'expérience 3.

3.3. Discussion des résultats des classes CMA.MEM et CMB.MEM

Les données des tableaux 1 et 2 indiquent que la classe CMA.MEM obtient de meilleurs résultats aux prévisions des expériences que la classe CMB.MEM, comme le montrent les courbes ci-dessous, construites à partir de ces données.

Courbes comparées des taux de prévisions correctes dans les deux classes de CM2



Pour essayer de trouver une explication à ces différences constatées d'une classe à l'autre, nous avons repris les enregistrements vidéo des deux séquences. Après analyse nous pensons que ces différences peuvent provenir d'une différence dans la formulation de la consigne, et d'une différence d'attitude des enseignantes :

- Dans la classe CMB.MEM l'enseignante a donné la consigne suivante : "Nous allons verser de l'eau dans le récipient A, dessinez le niveau de l'eau dans le dispositif." De plus, conformément à ce que nous lui avons demandé, elle s'est abstenue de tout commentaire supplémentaire.

l'importance de la formulation de la consigne dans les résultats des prévisions

- Dans la classe CMA.MEM l'activité s'est déroulée après la classe CMB.MEM. Comme nous avons constaté que les élèves avaient du mal à comprendre la signification du mot "niveau" la consigne a été *"Dessinez le niveau de l'eau de chaque côté dans le dispositif"*. De plus, l'enseignante a fait, involontairement, un geste avec la main pour évoquer le mouvement de l'eau.

On peut faire l'hypothèse que l'expression "de chaque côté" ainsi que le geste de l'enseignante ont induit chez certains élèves l'idée que l'eau devait remonter "de l'autre côté". Par contre si les résultats bruts semblent différents d'une classe à l'autre, la façon dont ils varient est la même pour les deux classes, et c'est cette évolution qui nous intéresse ici (20).

La façon dont les enfants modifient leurs prévisions d'une expérience à l'autre en fonction des résultats des expériences précédentes est sensiblement la même pour ces deux classes.

Au cours de l'expérience 1, les enfants voient le niveau de l'eau s'équilibrer quand on verse celle-ci dans le dispositif. L'enseignante fait au tableau le schéma correct, ils le recopient sur leur cahier, ils notent la "trace écrite" institutionnelle : *"les surfaces libres de l'eau de chaque côté du dispositif sont dans un même plan horizontal."*

Pourtant cette règle ne permet pas aux élèves de faire des prévisions correctes dans la deuxième expérience. Nous faisons l'hypothèse (que nous essayerons de valider dans la deuxième partie) qu'ils associent le niveau de l'eau dans la partie droite à la position du récipient B. Celui-ci étant plus bas, le niveau de l'eau doit être plus bas dans la partie droite. C'est-à-dire que s'ils admettent que dans la première expérience l'eau soit au même niveau des deux côtés, c'est parce que les deux vases sont aussi au même niveau.

Dans les deux classes le taux de réussite remonte nettement pour l'expérience 3. Les enfants réussissent mieux mais cela ne signifie pas nécessairement qu'ils ont repéré l'invariant dans les différentes situations proposées. Il est possible que pour certains d'entre eux les expériences aient interféré avec leur conceptions initiales, mais nous ne pouvons pas, à ce stade, affirmer que celles-ci ont été modifiées en profondeur. Nous ne disposons pas d'éléments d'observation suffisamment pertinents pour nous prononcer sur le fait de savoir si les enfants ont ou non conceptualisé cette propriété des vases communicants.

En effet, si des élèves échouent à la première expérience et/ou à la deuxième expérience, et réussissent une prévision correcte à la troisième expérience cela peut être par **simple imitation d'une technique opératoire** : ils voient leurs camarades prendre la règle et tracer, de chaque côté du dis-

l'évolution des prévisions...

(20) Nous avons à ce propos effectué un test de chi²; il ne permet pas de conclure que la classe CMA.MEM est significativement meilleure que la classe CMB.MEM.

correspond-elle à un savoir nouvellement construit ?

positif, les deux traits correspondants aux deux surfaces libres. Ils utilisent la même technique pour faire leur schéma et reproduisent la bonne réponse "institutionnelle" qu'ils viennent de copier sur le cahier. Mais il est possible que ce schéma correct ne corresponde pas à une capacité cognitive nouvellement construite.

Nous retrouvons là une idée déjà exprimée par Perret-Clermont (21) : "... *cette expérience met en évidence qu'une interaction entre pairs peut modifier les comportements opératoires. Il reste à évaluer la portée de ces changements au niveau des structures cognitives*".

3.4. Difficultés de l'expérimentation. Conséquences

De cette première partie de l'expérimentation nous tirons un certain nombre d'enseignements.

- L'expérience des vases communicants seule ne permet pas de faire évoluer significativement les prévisions des élèves. Même si l'enseignant formule à plusieurs reprises la loi correspondante, même si les élèves la copient sur leur cahier, les prévisions qu'ils font continuent à se faire sous le contrôle des idées a priori qu'ils avaient avant le début de l'expérimentation.
- La différence de comportement des deux classes pour l'ensemble de la séquence met en évidence l'influence d'une modification minime dans la formulation de la consigne. Elle rappelle au chercheur en didactique la relativité des résultats que l'on peut obtenir ainsi que les précautions à prendre lors de l'interprétation de toute "expérimentation".
- Malgré le soin que l'on peut apporter à la préparation d'une observation de séquence, des facteurs non prévus peuvent intervenir et modifier le comportement des élèves (pour l'expérience 4 une cuvette aurait dû "normalement" se trouver là ...).

En fonction de ces difficultés nous avons repris l'expérimentation de cette situation des vases communicants dans deux autres classes de CM2 en nous efforçant :

- de soigner la neutralité et la rigueur des consignes ;
- de contrôler le type d'interaction dans la classe. Pour cela deux modalités différentes doivent permettre de mesurer l'apport du débat scientifique dans la classe :
 - . l'une, la modalité MSD, correspond à un fonctionnement de la classe dans lequel les interactions élève*élève sont exclues et les interactions élève*maître limitées à l'énoncé des consignes ;
 - . l'autre, la modalité MAD, favorise au maximum les interactions entre les élèves dans la phase qui **précède** l'observation de l'expérience qui, elle, reste individuelle.

(21) Perret-Clermont A-N. (1979). *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*. Berne : P. Lang.

4. ÉTUDE DE L'INFLUENCE DU DÉBAT DANS LA CLASSE

4.1. Fonctionnement avec la modalité MSD (modalité sans débat) - Classe CM.MSD

- *Caractéristiques de la modalité sans débat (MSD)*

Pour la modalité MSD les expériences sont les mêmes que pour la modalité précédente, mais la fiche photocopiée remise aux élèves comporte maintenant deux parties : une partie "je prévois" et une partie "j'observe" (voir un exemple page ci-contre).

Le déroulement pour chaque expérience se fait avec les variantes suivantes :

- Comme précédemment l'enseignant fait faire des prévisions individuelles aux élèves sur la fiche photocopiée.
- Puis sans **aucun débat ni échange** entre les élèves ou avec lui, il réalise l'expérience en s'assurant que tout le monde voit bien le dispositif. L'enseignant ne formule pas le résultat après chaque expérience comme dans la modalité précédente.
- C'est aux élèves qu'il appartient de noter **individuellement** sur la fiche photocopiée, dans la partie "j'observe l'expérience", ce qu'ils voient.

L'objectif de cette modalité est de pointer comment évoluent les prévisions et les observations individuelles des élèves en l'absence d'interactions entre eux.

- *Les résultats de la classe CM.MSD*

Le tableau 3 ci-dessous donne le nombre de prévisions et d'observations correctes pour chaque expérience. Ici les effectifs de cette classe sont supérieurs à ceux des deux classes précédentes. Pour permettre les comparaisons entre les classes nous les exprimons par des taux.

tableau 3

CLASSE CM.MSD 27 élèves				
expérience	prévisions correctes		observations correctes	
	nb élèves	taux	nb élèves	taux
1	21	0.78	26	0.96
2	4	0.15	7	0.26
3	7	0.26	7	0.26
4	15	0.56	24	0.89

étudier
l'influence des
échanges entre
élèves à travers
deux modalités

pour chaque expérience regarder l'évolution des prévisions et des observations

Nous ne présentons ci-dessous que la synthèse des entretiens individuels que nous avons eus avec quelques élèves, et du débat collectif organisé que nous avons organisé après la séquence pour comprendre comment les élèves ont réagi à ce travail individuel de prévision et d'observation d'expériences.

Première expérience

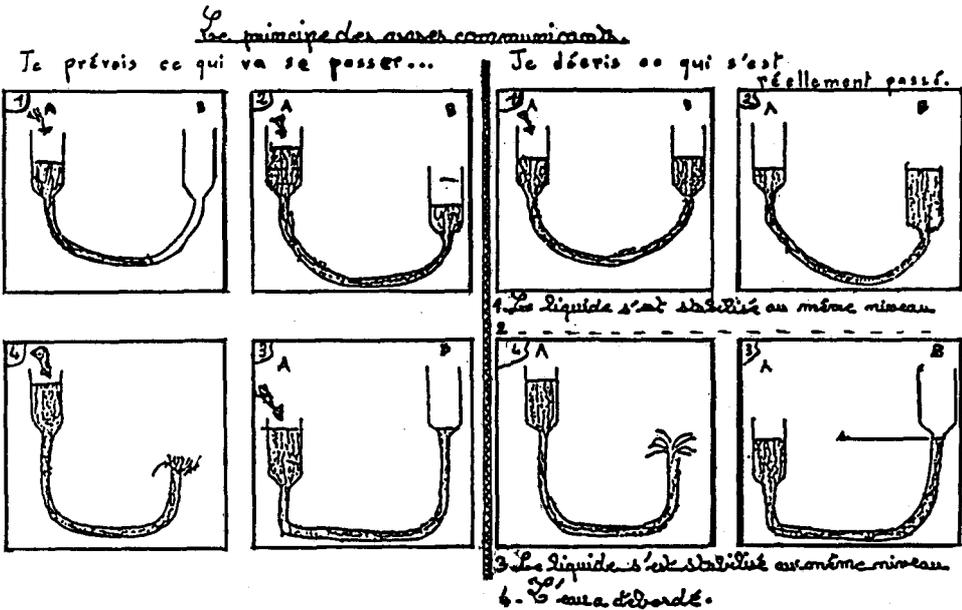
Dans cette classe les élèves font des prévisions correctes à la première expérience avec un taux de 0.78. C'est le plus fort taux de réussite de l'ensemble des classes observées (22). Pour l'observation de l'expérience, le taux de réussite est lui aussi très élevé.

Autres expériences

en l'absence d'échanges...

Les réussites aux prévisions et aux observations décroissent brutalement pour ne remonter qu'à la quatrième expérience. Nous notons que les nombres de prévisions et d'observations correctes varient dans le même sens.

exemple de fiche photocopiée

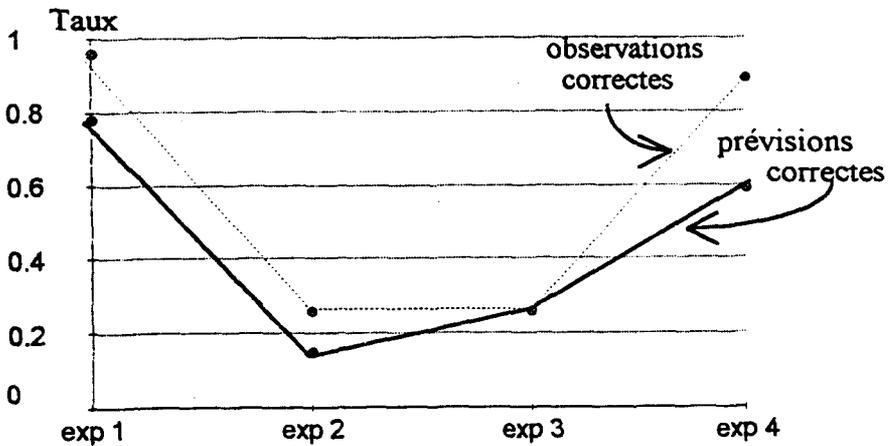


(22) Nous observons un taux de réussite exceptionnellement élevé à la première expérience. Il s'agit selon nous d'un artefact. L'enseignant dans le souci d'être bien compris a longuement insisté sur le fait que les deux récipients dans cette première expérience sont au même niveau. Ceci illustre la difficulté à maîtriser la totalité des paramètres qui interviennent dans une situation expérimentale, même lorsque ceux-ci ont été repérés (ici il s'agit de la neutralité de la consigne, alors que pour les classes CMA.MEM et CMB.MEM c'était dans l'expérience 4 l'absence de cuvette pour recueillir l'eau coulant sur le sol).

• **La discussion des résultats de la classe
CM.MSD**

Pour suivre l'évolution des observations et celle des prévisions pendant la séquence, nous avons tracé les courbes représentant les taux de prévisions et d'observations correctes sur un même graphique ce qui permet de les comparer.

Nous utilisons les données du tableau 3 de la classe CM.MSD.



si la courbe des observations se confond avec celle des prévisions...

A la première expérience les conceptions initiales des élèves permettent l'expression des prévisions.

Pour certains élèves il doit y avoir une différence de niveau car "l'eau toute seule elle peut pas remonter dans un tuyau". Pour d'autres, (la majorité), comme nous l'avons établi pour les classes CMA.MEM et CMB.MEM, le niveau de l'eau dépend du niveau respectif des vases : "quand j'ai vu les deux récipients au même niveau j'ai su que l'eau serait au même niveau des deux côtés". Les conceptions ici constituent une règle qui fonctionne sur le mode de l'évidence. L'observation, en confirmant leurs prévisions, confirme également leurs conceptions.

Pour faire leurs prévisions, à la seconde expérience, ils appliquent tout naturellement les idées a priori qui ont fonctionné avec succès à l'expérience précédente, à savoir que c'est le niveau respectif des deux récipients qui est l'élément le plus pertinent pour faire une prévision.

En effet les élèves disposent d'un modèle explicatif qui a fonctionné avec succès une première fois, il est logique de le faire fonctionner une seconde fois dans des conditions jugées analogues.

Ce qui paraît plus étrange est le fait qu'au cours de la phase d'observation les enfants ne voient pas que les deux surfaces libres sont dans un même plan horizontal.

Pour comprendre cette "anomalie" nous avons mené des entretiens individuels avec les élèves concernés.

Ils nous apprennent que ce qu'ils regardent, l'élément du dispositif sur lequel ils font porter leur attention, c'est le niveau de l'eau **à l'intérieur de chaque récipient**.

Les élèves se sont attachés **au niveau de l'eau par rapport à chaque récipient et non pas au niveau des deux surfaces libres l'une par rapport à l'autre**.

De ce fait s'ils ne voient pas comment l'eau se répartit dans l'ensemble du dispositif c'est parce qu'ils ne la regardent pas ! Ils regardent **successivement** le niveau de l'eau à droite, puis à gauche, alors que l'observation correcte ne peut être faite qu'en regardant **simultanément** ces deux niveaux.

Cette importance accordée à la position respective des deux récipients ne disparaît pas totalement après l'expérimentation. Comme le dit un élève qui ne veut pas abandonner totalement sa conception de départ : *"quand même les récipients ça compte !"*.

4.2. Fonctionnement avec la modalité MAD (modalité avec débat) - Classe CM.MAD

• Caractéristiques de la modalité MAD

Pour cette modalité les expériences sont les mêmes que pour la modalité précédente, la fiche photocopiée remise aux élèves comporte toujours les deux parties : "je prévois" et "j'observe".

Le déroulement pour chaque expérience se fait avec les variantes suivantes :

- comme précédemment l'enseignant fait faire des prévisions individuelles aux élèves sur la fiche photocopiée ;
- puis il **organise sans y prendre part** un débat entre les élèves pour que ceux-ci **confrontent leurs prévisions** et les argumentent. Les élèves ne sont plus simplement informés des prévisions de leurs camarades mais ils sont amenés à argumenter leur prévisions. Les interactions sont ici essentiellement du type Elève * Elève. Enfin l'enseignant réalise l'expérience en s'assurant que tout le monde voit bien le dispositif ;
- mais il ne formule pas le résultat correct après chaque expérience. C'est aux élèves qu'il appartient de noter **individuellement** sur la fiche photocopiée, dans la partie "j'observe l'expérience", ce qu'ils voient.

L'objectif de cette modalité est de pointer comment évoluent les prévisions et les observations individuelles des élèves lorsque des interactions entre pairs sont organisées avant l'observation de l'expérience.

c'est que les critères d'observation retenus ne sont pas pertinents

si les élèves débattent de leurs prévisions avant l'expérience...

• **Les résultats de la classe CM.MAD**

Comme pour la classe CM.MEM, afin de pouvoir comparer les résultats avec ceux des autres classes nous indiquons pour chaque expérience, le nombre d'élèves et le taux de prévisions et d'observations correctes.

tableau 4

CLASSE CM.MAD 24 élèves				
expérience	prévisions correctes		observations correctes	
	nb élèves	taux	nb élèves	taux
1	9	0.38	23	0.96
2	7	0.29	21	0.88
3	18	0.75	18	0.75
4	24	1	21	0.88

le taux de réussite aux prévisions augmente significativement

En ce qui concerne les prévisions, nous observons que le taux de réussite dans la première situation est voisin de celui observé dans la classe CMB.MEM. (Il est inférieur à celui observé pour la même expérience dans les classes CMA.MEM et CM.MSD). Malgré ce faible taux de prévisions correctes le taux d'observations correctes est très élevé.

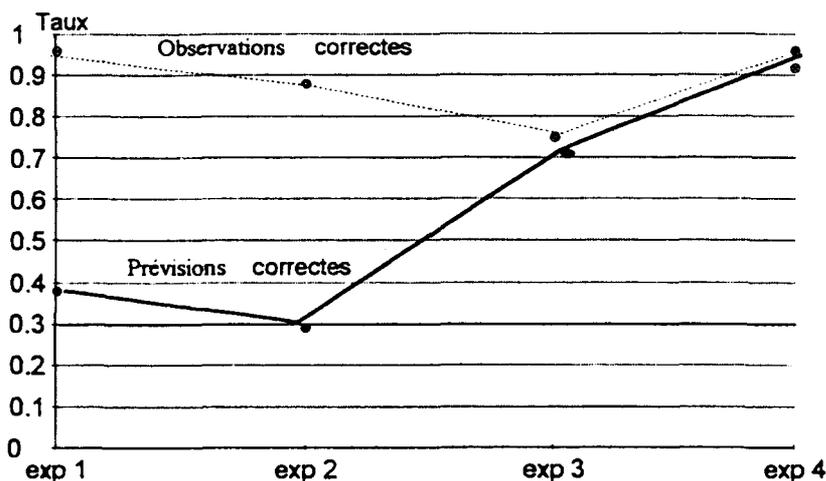
Dès la deuxième expérience, et ceci est conforme à ce qui a été observé dans les trois autres classes, le taux de prévisions correctes décroît. Par contre il remonte nettement à la troisième expérience pour atteindre ensuite l'unité pour l'expérience 4.

Pour les observations le taux de réussite est constamment élevé (supérieur à 0,75 dans tous les cas) et apparaît peu lié à la réussite aux prévisions.

• **La discussion des résultats de la classe CM.MAD**

A partir des données du tableau 4 de la classe CM.MAD nous construisons les courbes.

Le graphique ci-après montre que le comportement des élèves lorsqu'il y a débat est très différent de leur comportement en l'absence de débat tant au niveau des prévisions qu'au niveau de l'observation des expériences.



Comment peut-on interpréter ces résultats ?

Nous faisons l'hypothèse raisonnable que les conceptions des élèves de cette classe sont au départ les mêmes que celle des élèves des autres classes (même âge, même niveau, même cursus).

Pour l'expérience 1 on trouve, pour les prévisions, des résultats comparables à ceux de la classe CMB.MEM. Nous avons déjà souligné comment pour cette expérience, les différences avec les résultats des classes CMA.MEM et CM.MSD pouvaient être attribuées à une absence de neutralité de la consigne. Mais plus que les données brutes ce qui nous intéresse ici c'est la façon dont les résultats pour une même classe évoluent d'une expérience à l'autre.

Pour l'expérience 2, les conceptions initiales ayant été opératoires au cours de l'expérience 1 (le niveau de l'eau dépend du niveau des vases), les élèves fondent à nouveau leurs prévisions sur leurs conceptions et le taux de réussite à ces prévisions est donc faible dans cette classe également.

La différence dans la classe avec débat (CM.MAD), par rapport à la classe sans débat (CM.MSD) vient du taux constamment élevé d'observations correctes. En effet dès l'expérience 2 nous notons que le taux d'observations correctes dans la classe CM.MAD reste élevé (autour de 0,8), alors que dans la classe CM.MSD le taux de réussite aux observations "colle" constamment à celui des prévisions et se situe autour de 0,25 à la deuxième expérience.

L'analyse des enregistrements que nous avons effectués montre que les élèves ne changent pas nécessairement d'avis aux cours des échanges. Par contre le débat permet de focaliser l'observation sur le point qui apparaît comme crucial : est ce que la position respective des vases "ça compte ou ça compte pas ?".

L'expérience acquiert, à la suite du débat, un statut de preuve pour "savoir qui a raison".

le débat entre les élèves leur permet de se mettre d'accord sur ce qu'il faudra observer

Les observations correctes aux expériences 1 et 2 ont eu une influence sur les conceptions initiales des élèves et nous voyons pour les expériences 3 et 4 une remontée significative du taux de prévisions correctes.

5. CONCLUSIONS

Les résultats que nous venons d'exposer permettent d'apporter des éléments de réponses aux questions suivantes :

- quelle est la nature des difficultés auxquelles se heurtent les élèves lorsqu'il s'agit pour eux d'observer une expérience ;
- quels sont les résultats qui permettent d'envisager une amélioration du rendement didactique de l'expérience ;
- par rapport à quel modèle théorique des modes de travail pédagogique se situent les méthodes qui, prenant en compte les difficultés des élèves, permettent un meilleur fonctionnement de l'expérience, et semblent favoriser l'évolution de leurs conceptions.

5.1. Les difficultés des élèves

dans un même
fait
expérimental...

L'élève qui est amené à observer un fait expérimental va en commençant, effectuer un tri entre les données sensibles de l'expérience. Ce choix, le plus souvent non explicité, de ce qui va faire l'objet de l'observation, se fait en utilisant ses propres conceptions du phénomène auquel il se trouve confronté.

Ce mode de fonctionnement de l'observation va avoir plusieurs conséquences.

des individus
différents...

* Des élèves différents, face à un même phénomène, ont des conceptions différentes donc des grilles de lecture différentes de ce phénomène (dans l'expérience 1, tous les élèves ne voient pas les deux surfaces libres dans le même plan horizontal). En l'absence de toute interaction avec l'extérieur, des élèves, observant la même réalité, ne verront pas nécessairement la même chose. A un autre niveau cette observation rejoint l'idée de T. Kuhn (23) sur le fonctionnement des communautés scientifiques : *"Aux stades primitifs du développement de n'importe quelle science, différents hommes, face au même éventail de phénomènes, les décrivent et les interprètent de manières différentes"*. Les exemples historiques ne manquent pas pour attester de la généralité de ce fait et du rôle décisif de celui qui sait changer de paradigme pour observer autre chose. C'est par exemple Lavoisier qui observant la combustion d'une bougie dans un flacon plein d'air *"a vu de l'oxygène là où Priestley*

(23) Kuhn. T. (1970). *La structure des révolutions scientifiques*, nouvelle édition. Paris : Champs Flammarion, p. 38.

pourront voir des choses différentes

voyait du phlogistique et où les autres n'avaient rien vu du tout" (24), ou Newton *"apercevant que la Lune tombe sur la Terre quand chacun voit qu'elle ne tombe pas"* (25).

La relative inefficacité de l'expérience doit alors être imputée à l'incapacité du novice, seul face au fait expérimental, à lire correctement les données sensibles de l'expérience en le mettant en relation avec le concept sous-jacent.

les conceptions des élèves...

* Une autre conséquence est que dans l'interprétation du fait expérimental, **des conceptions erronées peuvent être opératoires**. Elles peuvent permettre à l'élève de construire un système explicatif cohérent avec les résultats observés, et ainsi amener des prédictions correctes (cas des élèves qui dans l'expérience 1 font leur prédiction en fonction des niveaux relatifs des vases). Dans ce cas, non seulement l'expérience ne modifie pas les conceptions initiales des élèves, mais elle peut aller jusqu'à les conforter. L'enseignant qui fait appel aux conceptions initiales des élèves, par le biais des prévisions, pour les confronter à l'épreuve des faits en est alors pour ses frais. C'est un des paradoxes que doit gérer la didactique : l'action pédagogique doit interférer avec les conceptions initiales pour que celles-ci puissent évoluer mais en sachant, comme le souligne G. Gohau (26), que le *"risque de partir des erreurs premières des enfants, c'est d'y rester"*.

fonctionnent comme une grille de lecture du fait expérimental

* Même si les conceptions initiales ne sont pas opératoires pour le fait observé cela n'entraîne pas automatiquement leur remise en question. En effet, l'élève seul, observe sous le contrôle de ses conceptions, et il ne voit pas ce qui est contraire à ses idées a priori (expériences 2 et 3 de la situation sur les vases communicants dans la modalité MSD). Ces conclusions rejoignent les résultats de certains travaux déjà menés en didactique de la physique. Par exemple les observations faites par L. Leboutet (27) qui note que, confrontés à un dispositif expérimental, même simple, des adolescents *"incorporent les faits observés à l'intérieur de schémas d'explication préalables.... Aucun des sujets observés n'a fondé le raisonnement expérimental sur l'observation, mais sur une connaissance antérieure à partir de laquelle il effectue une déduction"*.

Ce dernier résultat est important dans la mesure où le mode de fonctionnement de l'épistémologie privée des enseignants de l'école primaire repose sur le caractère volontiers évident et crucial de l'expérience. *"Mais enfin vous voyez bien ce qui se passe !"* est une expression souvent entendue dans la bouche de l'enseignant face à des élèves *"qui ne voient pas"*

(24) Kuhn T. *ibid* 23. p. 166.

(25) Valéry P. (1975). *Cahiers*. Anthologie, 2 vol., coll. La Pléiade. Paris : Gallimard.

(26) G. Gohau. (1979), *in* : *Cahiers pédagogiques*, 175.

(27) Leboutet L. (1973). *L'enseignement de la physique*. Paris : PUF.

(alors qu'en fait il s'agit d'élèves "qui ne voient pas la même chose que lui").

5.2. Les propositions pour améliorer le "rendement didactique" de l'expérience

Si on pense que la genèse des structures cognitives résulte non pas d'une appropriation passive par le sujet de connaissances extérieures mais d'une activité structurante sur le réel, l'expérience, particulièrement pour de jeunes enfants, apparaît comme indispensable pour que l'élève utilise ses conceptions sur le phénomène étudié.

Dans l'exemple que nous avons étudié le repérage de l'invariant physique et la construction du modèle explicatif par les élèves ne peuvent se faire qu'à travers la prise en charge par ceux-ci des quatre situations expérimentales.

Lorsque la lecture de l'expérience se fait sous la conduite du maître (classe CMA.MEM et CMB.MEM) la connaissance nouvellement acquise est fragile et elle peut être remise en cause à tout moment (expérience 4).

Si l'élève est seul face à l'expérience (classe CM.MSD) il n'apprend pas. Même si l'enseignant lui fait faire des prévisions sur ce qui va se passer, pour l'amener à expliciter ses conceptions et ainsi, provoquer un conflit cognitif, la situation créée n'entraîne pas nécessairement une modification de celles-ci.

Nous retrouvons là le paradoxe du contrat didactique décrit par G. Brousseau : *"soit le maître dit à l'élève ce qu'il doit apprendre et l'élève ne peut pas l'apprendre parce qu'il n'a pas le choix, soit il lui laisse le choix et il risque de fabriquer des connaissances fausses"* (28).

Or il semble que la pédagogie des Sciences Physiques habituellement pratiquée par les enseignants de l'école primaire s'appuie essentiellement sur une interaction "maître * classe".

Pour A.N. Perret-Clermont ce type de pédagogie *"institue une sorte de vide social dans la relation maître * élèves puisqu'elle n'offre pas alors les conditions d'une communication et par là-même prive l'élève d'interactions sociales d'ordre cognitif sur les contenus abordés"* (29).

Les travaux que nous avons conduits dans les classes de Cours Moyen permettent de penser que pour que ce changement de culture soit possible il faut amener l'élève à utiliser ses conceptions, non plus à des fins personnelles, (prévisions individuelles sur le résultat de l'expérience), mais pour argumenter par rapport à d'autres individus.

la gestion du
paradoxe du
contrat
didactique...

(28) Brousseau G. Séminaire du DEA de Didactique des Disciplines Scientifiques. Ce paradoxe du contrat didactique est développé par G. Brousseau dans *Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques*. Partie 1 (1987). Université de Bordeaux I - IREM de Bordeaux.

(29) Perret-Clermont (1979), ibid 21.

semble facilitée
par les échanges
de type élève *
élève

Il s'agit en fait de faire passer l'élève du conflit cognitif (d'ordre privé) dans lequel les conceptions fonctionnent sur le mode implicite, à un conflit socio-cognitif (d'ordre public) dans lequel l'élève va devoir les expliciter devant ses pairs (classe CM.MAD). Il semble que dans les situations expérimentales, les échanges de type "Elève * Elève" représentatives du fonctionnement du débat scientifique favorisent le passage d'un fonctionnement individuel des conceptions à un fonctionnement collectif.

5.3. Un modèle pédagogique à privilégier

c'est la prévision
et l'observation
que nous
étudions...

Notre étude a mis en évidence l'importance des interactions entre élèves et les progrès accomplis dans les prévisions et les observations correctes lorsque le débat était institué. Nous prenons appui sur la remontée des taux correspondants pour étayer cette affirmation. Il convient cependant de rester modeste et de ne pas attribuer d'effet magique au débat scientifique, qui serait à lui seul capable de résoudre la plupart des problèmes auxquels nous sommes confrontés dans l'apprentissage.

Il faut bien voir que nous avons voulu "isoler" quelques caractéristiques d'une possible démarche scientifique, et en particulier les phases fondamentales de prévision et d'observation. On pourrait rapprocher ces deux termes en leur faisant jouer le rôle du **test d'hypothèse** en sciences, mais il faut considérer que les élèves ne disposaient pas de tous les outils susceptibles de mener à bien une telle approche :

- les concepts pertinents pour analyser et comprendre les expériences ne sont pas tous construits : pression, viscosité, équilibre d'un liquide, propriétés des fluides en général, et des liquides en particulier, notion d'énergie ... ;
- les conceptions initiales des élèves viennent "masquer" certains aspects d'une réalité scientifique que le maître pense pouvoir faire acquérir. Elles entraînent des lectures différentes de cette réalité en focalisant l'attention des enfants sur des éléments non pertinents ;
- les élèves ne manipulent pas ; le matériel reste entre les mains du maître, même s'il respecte les consignes et les ajustements proposés par les élèves ;
- les quatre expériences sont présentées toujours dans le même ordre, sans alternative possible, et aucune autre expérience n'est proposée, ni par le maître ni par les élèves.

On voit qu'il y aurait là matière à faire des propositions pour ouvrir les possibilités d'interaction entre élèves et permettre des situations différentes d'apprentissage qui auraient probablement une certaine richesse.

... comme
composantes
d'une démarche
scientifique

En ce sens, nous ne proposons pas une situation d'apprentissage-modèle, mais nous avons voulu conduire une expérimentation qui mettait en jeu certaines variables dont nous avions le contrôle. Les contraintes de la recherche en didactique des sciences ne coïncident pas, en général, avec celles

de l'enseignement des sciences, même si les situations apparaissent assez "écologiques" dans notre cas.

D'un point de vue théorique, notre travail s'inscrit plus dans une perspective procédurale que structuraliste (30) : nous ne cherchons pas à provoquer des progrès de l'intelligence chez l'enfant, mais plutôt à développer des compétences cognitives relatives à des classes particulières de problèmes chez un élève, en souhaitant éventuellement que les modes de résolution et les fonctionnements cognitifs pourront s'étendre ultérieurement à d'autres classes de problèmes similaires ou peu éloignés.

la position de
notre travail par
rapport aux
modèles de
référence

Pour prendre enfin position par rapport à des propositions de classification de modèles pédagogiques, nous pouvons dans un premier temps utiliser la proposition simple de De Corte (31) qui part de l'interaction entre enseignants et élèves : les situations que nous avons repérées comme les plus efficaces (CM.MAD, modalité avec débat) se situeraient dans ce qu'il appelle "*les formes pratiques de recherche qui procèdent par tâches*", ces tâches étant fermées dans notre cas.

Dans le domaine de la psycho-sociologie prenant la formation des enseignants comme champ d'application, le "modèle pédagogique centré sur la démarche" de G. Ferry (32) semble être le plus intéressant pour les situations que nous avons mises en place, du fait que l'enseignant devra adopter un style d'intervention très différent de l'intervention traditionnelle : il devra plutôt être un incitateur, un guide, une personne ressource capable d'écouter et de laisser s'exprimer la classe.

Si l'on fait référence au processus de socialisation des individus, la typologie proposée par M. Lesne (33) pour la pédagogie des adultes nous invite à nous rapprocher de son modèle "appropriatif centré sur l'insertion sociale". Il nous semble être le plus en rapport avec nos préoccupations, par sa référence à l'épistémologie scientifique, et par la pratique scientifique qu'il induit, distinguant le réel de l'abstraction construite sur ce réel.

De manière encore plus large, M. Bru propose un "modèle de l'interaction contextualisée" (34) qui accorde de l'impor-

(30) Sur cette distinction, on pourra consulter : Gilly, M. (1989). "A propos de la théorie du conflit socio-cognitif et des mécanismes psychosociaux des constructions cognitives : perspectives actuelles et modèles explicatifs", in : *Construction des savoirs*. CIRADE. Ottawa : Agence d'Arc, pp. 162-182.

(31) De Corte, E. (1990). *Les fondements de l'action didactique*. 2e édition. Bruxelles : de Boeck, p. 148.

(32) Ferry, G. (1987). Ibid 4.

(33) Lesne, M. (1977). ibid 5.

(34) Bru, M. (1991). *Les variations didactiques dans l'organisation des conditions d'apprentissage*. Toulouse : Editions universitaires du Sud.

tance aux effets de contexte, en particulier aux variables qui caractérisent l'enseignant, son expérience, sa formation, son arrière plan socio-culturel (éléments que nous avons relevés incidemment au cours de l'expérience 4 révélant l'influence de l'absence de cuvette pour récupérer un excès d'eau).

Enfin, le modèle par investigation-structuration, inspiré de travaux de recherche de l'INRP (35) prend en compte les conceptions des élèves, pour les amener à un savoir objectif, confronté au savoir socialisé, au terme d'une activité de résolution de problème.

Nous concluerons, après ce rapide tour d'horizon, non exhaustif, de quelques-uns des principaux modèles pédagogiques auxquels on peut faire référence, en rappelant que les situations que nous avons analysées ont montré une fois encore l'efficacité des interactions entre pairs :

- par les oppositions explicites et argumentées ;
- par les formes de coopération active, allant des simples interventions acquiesçantes aux reformulations des propositions d'autres élèves, constituant une véritable fonction régulatrice d'accompagnement de l'activité.

André LAUGIER
IUFM, Bordeaux
Richard LEFEVRE
Université Toulouse III

(35) Astolfi, J.P., Develay, M. Ibid 6.