

OBSTACLES ET CONSTRUCTION DE SITUATIONS DIDACTIQUES EN SCIENCES EXPÉRIMENTALES

Jean-Pierre Astolfi
Brigitte Peterfalvi

Permettre aux élèves de surmonter les obstacles épistémologiques qui entravent leurs apprentissages constitue un des défis fondamentaux d'un enseignement scientifique "constructiviste". Comment concevoir un tel enseignement ? Certaines caractéristiques des obstacles orientent nécessairement les actions à entreprendre : leur caractère transversal, leur manifestation dans des réseaux d'idées qui font système, leur résistance à la réfutation incitent à ne pas attendre trop d'une modalité didactique ponctuelle et unique. Différentes stratégies sont possibles mais toutes ont à concilier une dose de souplesse adaptative qui permette aux élèves de mettre en jeu leurs propres idées et une dose de rigidité qui garantisse de ne pas perdre de vue le concept à construire.

situations
centrées sur le
franchissement
d'obstacle...

L'importance des obstacles épistémologiques dans l'accès à la connaissance scientifique est aujourd'hui reconnue, mais trop peu de travaux ont été consacrés à la recherche de situations didactiques et de dispositifs d'apprentissage, organisés pour faire précisément franchir ces obstacles en situation scolaire. Le thème des représentations dont disposent les élèves au sujet des notions scientifiques qu'on leur enseigne a connu une fortune critique remarquable, mais trop souvent les propositions didactiques qui en découlent se limitent à ce qu'on nomme leur "émergence" et leur "prise en compte". Celle-ci mise principalement sur le fait de susciter dans la classe des conflits à caractère socio-cognitif. Une telle orientation est assurément positive (De Vecchi et Giordan, 1989) et il ne sera pas question ici d'en contester la valeur. Au contraire même, on entend quelquefois dire que le travail didactique à partir des représentations des élèves s'est révélé décevant et qu'il faudrait en revenir à des méthodes plus classiques pour les apprentissages scientifiques. Une telle conclusion est certainement prématurée.

Le but de cet article sera plutôt d'insister sur deux aspects importants. Le premier concerne une réflexion sur le fait que la résistance des obstacles aux efforts d'enseignement fait partie intégrante de l'idée d'obstacle. Nous montrerons, par conséquent, que l'installation de conflits intellectuels au sein de la classe, aussi essentielle qu'elle soit, ne constitue qu'une condition parmi d'autres pour un dépassement des obstacles, et que des modalités didactiques variées - alternatives et/ou complémentaires - méritent d'être davantage

en alternance
avec d'autres
logiques
d'organisation

explorées. La seconde idée concerne la nécessaire variété de modes d'activité didactique et, par conséquent, la nécessité d'articuler le travail des obstacles avec d'autres modes d'organisation des séquences. Cet article fait donc suite aux réflexions déjà publiées dans cette revue sur la diversité des logiques possibles pour les activités scientifiques expérimentales (Astolfi, 1991). Il prend plus particulièrement appui sur des exemples travaillés dans une recherche, actuellement conduite par l'équipe de didactique des sciences de l'INRP, concernant les obstacles rencontrés pour l'apprentissage du concept chimique et biologique de transformation de matière (Peterfalvi, 1992).

1. DES REPRÉSENTATIONS AUX OBSTACLES

1.1. De la métamorphose à l'évolution

Les pratiques d'enseignement scientifique ne prennent pas suffisamment en compte le fait que la construction des concepts vient interférer avec l'existence préalable de conceptions dont les élèves disposent déjà, et dont on sait qu'elles tendent à se maintenir, d'une façon diachronique à la scolarité. Par exemple, quand on leur enseigne le concept d'évolution du vivant, les élèves n'expriment en général nulle difficulté, et acquiescent au contraire de façon immédiate. Trop immédiate peut-être, et d'une façon qui témoigne des obstacles que l'on tend à oublier, dès qu'un concept scientifique semble maîtrisé. Examinons comment François Jacob évoque ce même type de difficulté pour l'évolution des idées en biologie, dans son ouvrage classique : *La logique du vivant*.

Avec l'avènement de la biologie moderne, nous dit-il, *"toutes les combinaisons ne sont plus possibles. Au lieu d'une chaîne ininterrompue d'une extrémité à l'autre du monde vivant, on ne rencontre alors que quelques grands types d'organisation, quelques masses isolées les unes des autres. La continuité du vivant n'est plus horizontale dans l'ensemble des êtres, mais verticale dans la suite des générations qu'unit la reproduction"* (Jacob, 1970).

Les élèves croient comprendre les idées transformistes, telles qu'on les leur expose en conformité avec la biologie contemporaine, mais ce qui leur manque c'est de pouvoir comprendre ce à quoi **il a fallu renoncer** pour que le concept actuel d'évolution prenne sens. La conception primordiale des relations au sein du monde vivant s'accorde en effet très facilement avec l'idée que tout individu peut se métamorphoser en un autre, et toutes les combinaisons, toutes les chimères et autres licornes, sont pensables. L'obstacle, c'est cette conception primitive en biologie que Georges Canguilhem a appelée la métamorphose :

la
compréhension
apparente de
l'évolution...

“La pensée archaïque et la pensée primitive ont fait, et font, un usage massif et constant de la métamorphose, de la conversion des formes animales spécifiques les unes dans les autres. Cela, bien entendu, n'a rien à voir avec une pensée transformiste, puisque le transformisme implique une orientation par la causalité, alors que la métamorphose est possible dans tous sens. Dans ses rêves de métamorphoses, l'homme s'identifie à toutes les possibilités, à toutes les libertés supposées de l'animalité.”

sur un fonds
continuiste
inchangé...

Tant que les élèves n'ont pas construit l'idée d'une telle discrétude au sein du vivant, c'est au prix de l'ambiguïté que le professeur de biologie évoque la notion d'évolution : ils s'imaginent comprendre, mais ils traduisent ce qui leur est dit sur le vieux fonds continuiste inchangé. Dans un tel contexte, l'idée évolutionniste n'est que trop facilement admise, sans être comprise, puisqu'elle ne correspond à aucun problème biologique. C'est là toute la différence qu'évoquait Canguilhem entre des *“métamorphoses possibles en tous sens”* et un *“transformisme orienté”*. Le concept d'évolution ne deviendra opératoire pour les élèves, qu'à partir du moment où, inséré dans le cadre contraignant des espèces stables, il permet justement d'en envisager les relations et filiations.

masque
l'importance du
poids de
l'obstacle

Faute d'une conscience suffisante du poids de tels obstacles, l'enseignement scientifique se révèle souvent compatible avec leur maintien. Car on peut tout à fait apprendre les connaissances scolaires relatives au concept d'évolution, et raisonner en utilisant l'idée de *“métamorphose”*. Ceci parce qu'une séquence didactique centrée sur le dépassement effectif de l'obstacle ne peut être construite suivant la même économie générale qu'une séquence centrée, elle, sur la présentation du concept.

1.2. Le double statut des représentations

Examinons d'abord les relations qu'entretient l'idée d'**obstacle**, avec celle de **représentation** (souvent qualifiée de **conception**), classique dans les études de didactique de sciences. L'idée de représentation apparaît liée à chaque contexte notionnel particulier. On sait que, pour chaque domaine du savoir enseigné (les forces, le courant électrique, la respiration ou la reproduction humaine ...), les élèves disposent de conceptions préalables, aujourd'hui bien identifiées par de nombreuses recherches, et que ces conceptions tendent à perdurer, de façon quasi-inchangée, jusqu'au niveau de l'enseignement supérieur inclus, malgré une importante pression d'enseignement. On a souvent noté une certaine parenté entre ces représentations d'élèves et les **obstacles épistémologiques** que l'histoire des sciences a dû surmonter : représentation des forces et théorie de l'*impetus* par exemple (Viennot, 1979), ou conceptions de la fécondation et théories préformistes (Giordan et De Vecchi, 1987).

la représentation
s'oppose à
l'objectif

mais a un statut
d'explication
fonctionnelle
pour les élèves

Ces représentations définies localement, domaine notionnel par domaine notionnel, présentent en fait un **double statut**. Elles ont d'abord celui d'un **écart au savoir savant** : si l'on qualifie de représentation telle ou telle réponse d'élève à un questionnaire ou à une situation-problème, c'est bien parce que cette réponse est quelque part fautive. En ce sens, la représentation constitue le contrepoint du projet didactique. L'enseignant s'y intéresse parce qu'elle occupe la même "niche écologique" que la connaissance scientifique dont il vise l'acquisition. De ce point de vue donc, **la représentation s'oppose à l'objectif** ; elle est ce qui empêche d'atteindre facilement en classe l'objectif que l'on poursuit.

Mais en même temps, ces représentations ont un statut d'**explication fonctionnelle pour l'élève**. Elles fonctionnent, chez lui, comme un mode de connaissance parmi d'autres ; elles correspondent à un système d'interprétation cohérent des phénomènes scientifiques qu'il s'est construit de longue date, et qui pour lui "marche" (Jonnaert, 1988). C'est bien pour cela que les représentations résistent à l'enseignement et perdurent tout au long de la scolarité. De ce point de vue, la représentation n'est plus ce qui s'oppose à l'objectif, mais **se situe au coeur même** de l'objectif à atteindre. Elle constitue l'essentiel du projet didactique, puisque sa transformation est ce que l'enseignant va s'efforcer de provoquer en priorité, par delà les définitions notionnelles apprises.

1.3. Les obstacles, "noyau dur" des représentations

le maintien de
systèmes de
pensée
transversaux

L'idée d'obstacle entretient évidemment des relations avec celle de représentations ou de conceptions des élèves, mais on peut la décrire comme plus forte. Ce n'est pas seulement que les élèves pensent différemment et que l'on peut identifier leur logique cognitive, c'est qu'**existe une certaine nécessité au maintien de ce système de pensée**. On peut dire que l'obstacle présente un caractère plus général et plus transversal que la représentation : il est ce qui, en profondeur, l'explique et la stabilise. Diverses représentations, qui portent sur des notions sans lien apparent, peuvent en effet apparaître, à l'analyse, comme les points d'émergence d'un même obstacle.

• *Plusieurs représentations, un seul obstacle*

dynamique,
électrociné-
tique...

Laurence Viennot a, par exemple, montré comment un même archétype de raisonnement, qu'elle appelle avec Sylvie Rozier, le **raisonnement linéaire causal** se trouve à l'oeuvre aussi bien en dynamique (conceptions relatives aux forces) qu'en électrocinétique (conceptions du courant électrique). Ce "raisonnement" consiste grossièrement à transformer en une succession chrono-logique un ensemble de relations purement logiques, difficiles à appréhender comme un tout

simultané (Rozier, 1987 ; Viennot, in : Bednarz et Garnier, 1989). Les élèves traduisent ainsi sur le mode :

*A agit sur B, qui agit (ultérieurement) sur C,
lequel n'agit pas nécessairement sur A.*

ce qui devrait n'être qu'une relation exempte de temporalité, entre les grandeurs **A**, **B** et **C**.

écologie...

Nous avons retrouvé le même obstacle en écologie, à l'occasion d'une recherche antérieure, lorsque les relations alimentaires dans une chaîne trophique sont considérées comme des prédatons successives d'individus, avec englobement sous forme de "poupées russes", au lieu et place d'interactions entre les populations **A**, **B** et **C**, s'introduit une succession temporelle avec disparition des espèces mangées : lorsque **A**, mangé par **B**, est lui-même mangé par **C**, **A** et **B** cessent d'exister dans la chaîne alimentaire (Astolfi et al, 1985 ; Astolfi, Ginsburger et Peterfalvi, 1988). L'introduction abusive de la temporalité se comprend mieux si l'on voit qu'il y a confusion dans les raisonnements d'élèves entre le niveau de l'individu (objet de la prédation) et celui de la population (qui subsiste, elle, dans l'écosystème, même si son effectif varie).

un même
système de
pensée

• *Le jeu convergent de plusieurs obstacles*

Si des représentations d'élèves qui portent sur des domaines conceptuels très divers peuvent s'interpréter par le jeu d'un même obstacle sous-jacent, l'inverse peut également être vrai. Les représentations relatives à un même champ peuvent s'expliquer par la **conjonction de plusieurs obstacles** qui y trouvent un même point d'application. Dans un travail antérieur, nous avons tenté de repérer la diversité des obstacles qui s'opposent à la construction de la notion biologique de *Milieu*, notion souvent utilisée mais plus rarement définie avec précision, même dans les ouvrages scientifiques scolaires et universitaires (Astolfi et Drouin, 1986). Sa maîtrise suppose en effet le franchissement d'un certain nombre d'obstacles, dont quelques-uns peuvent être cités à titre illustratif.

- **Obstacle lexical**, lié à la polysémie du mot *milieu*. Le franchir, c'est accéder à la distinction entre un milieu géométrique (milieu-centre) et un milieu biologique (milieu-objet).
- **Obstacle tautologique**, lié à la compréhension du *milieu* de chaque espèce en termes de "milieu naturel". Le franchir, c'est abandonner l'idée que chaque animal possède son "lieu propre" (au sens où Aristote emploie ce mot pour désigner le bas comme lieu naturel des corps pesants), ou que si un animal "se trouve bien" en un certain lieu, grâce à un "équilibre" de la nature qui le "comble". Car cela revient à évacuer tout problème scientifique : la nature serait bien faite et en équilibre, c'est tout !

obstacles
convergeants à la
compréhension
du concept de
milieu...

- **Obstacle anthropomorphique**, lié à une conception du *milieu* comme "garde-manger" des espèces, dans lequel chacune puise selon ses préférences. Le franchir, c'est renoncer à considérer l'animal comme doué d'une volonté, d'une liberté de choix, au profit d'une centration sur l'analyse des besoins alimentaires caractéristiques d'une espèce. Ce n'est qu'à cette occasion que l'expression *régime alimentaire* s'éloigne de son acception courante (Cf. "être au régime") pour acquérir une signification scientifique.
- **Obstacle holiste**, lié à la difficulté du passage à l'analyse. Le franchir, c'est ne plus considérer le *milieu* comme un tout insécable ou comme une chose (l'air, l'eau, la terre), mais devenir capable d'en analyser les composants ou les facteurs (température, humidité, acidité ...). Cela correspond à l'abandon d'un point de vue "chosiste" et statique, pour une perspective relationnelle plus abstraite.

... qui font
résistance aux
apprentissages

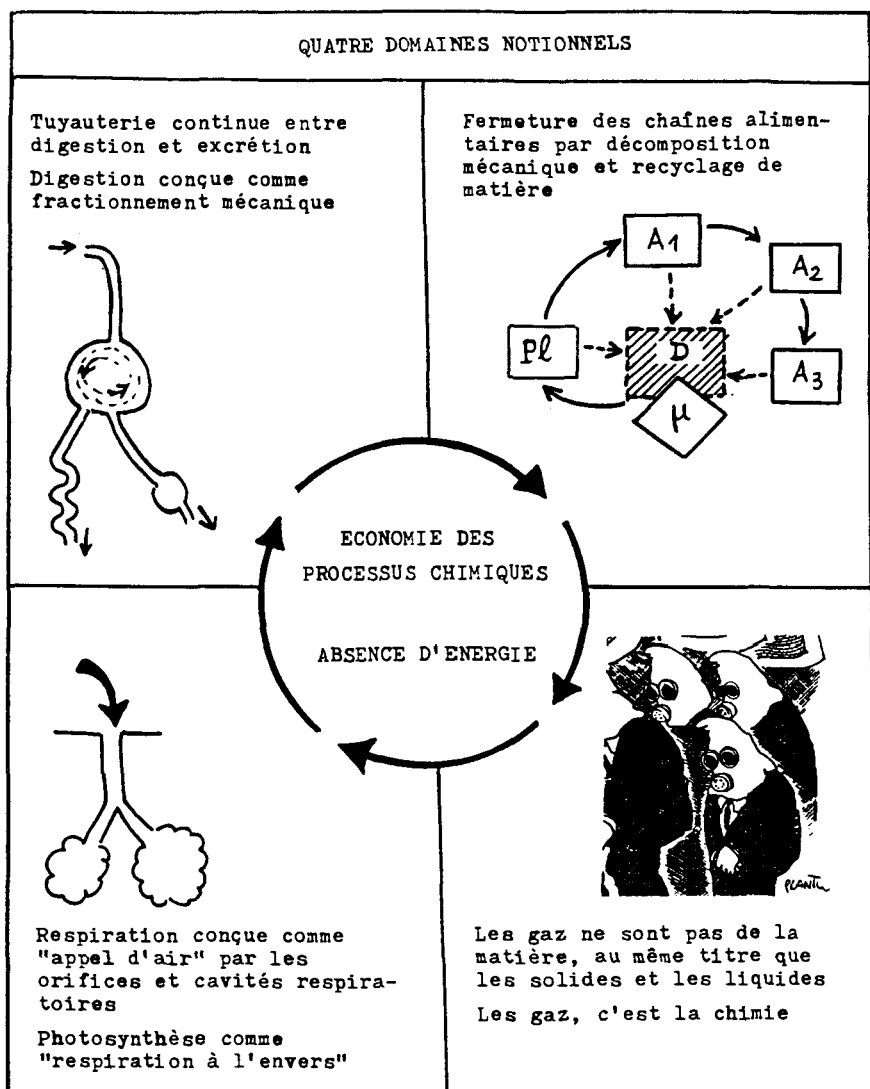
Les obstacles ainsi définis, constituent une sorte de "**noyau dur**" des représentations. Ils correspondent à ce qui fait vraiment résistance aux apprentissages et aux raisonnements scientifiques, tout en répondant de façon "confortable" aux besoins d'explication des enfants. Ils permettent de **dégager le sens** des représentations, en permettant d'en construire l'interprétation. Car, sans caractérisation satisfaisante des obstacles, les représentations ne peuvent être comprises qu'en termes de "cartographie statistique", comme de simples catalogues anomiques des idées rencontrées chez les élèves.

• **Un "noeud d'obstacles" dans une diversité de représentations**

Un troisième exemple, que nous travaillons dans le cadre d'une recherche actuelle, concerne l'analyse des obstacles à la notion de transformation de matière, aussi bien pour comprendre les phénomènes physico-chimiques que les phénomènes biologiques (digestion, respiration, photosynthèse). Le schéma suivant fait apparaître qu'un même noeud d'obstacles - faisant système entre eux - permet de rendre compte de représentations situées dans des champs notionnels variés, leur donnant ainsi sens et cohérence (document 1) :

- les gaz ne sont pas conçus comme de la matière, au même titre que les solides et les liquides, soit qu'on n'ait pas conscience de leur existence, soit qu'on les considère comme de nature différente (au même titre que la lumière), soit encore qu'on les envisage comme une catégorie spécifique de matière, dotée de propriétés singulières, par exemple, de n'être pas pesants (Séré, 1985) ;
- la respiration, elle, ne concerne que "les gaz" et n'est pas reliée à la nutrition ; elle se réduit à des phénomènes ventilatoires conçus comme des "appels d'air" dans les cavités

Document 1



LE NOEUD D'OBSTACLES :

- Primat de la perception sur la conceptualisation
- Pensée catégorielle, avec sous-ensembles disjoints (les gaz/pas les gaz, vivant/non vivant)
- Valorisation - dévalorisation
- Conception restreinte des transformations possibles, ou inversement transformations généralisées sans contraintes
- Recherche de la "bonne forme" (ça tourne)

cohérence des
représentations
dans des champs
notionnels
variés...

et orifices respiratoires : l'air y pénétrerait simplement "parce qu'il y a un trou" (Sauvageot, 1988) ;

- les phénomènes digestifs sont souvent conçus sur le modèle d'une "tuyauterie continue" avec l'excrétion, grâce à la conception d'une liaison directe entre estomac et vessie (Clément, 1991) ; s'y ajoute l'idée que la digestion se réduit à une succession de phénomènes mécaniques (Sauvageot, 1991) ;
- la fermeture des cycles biologiques d'un écosystème est conçue sur le modèle de la décomposition mécanique du vivant en petits fragments microscopiques, fragments dont se nourrissent les végétaux qui les aspirent avec leurs racines "comme avec des pailles". Les phénomènes de minéralisation sont ainsi évacués, de telle sorte qu'il faudrait plutôt parler de "recyclage" (sur le mode du recyclage industriel du verre) que de véritable cycle. L'idée de photosynthèse est évidemment absente d'une telle représentation (Astolfi et Vérin, 1985).

On comprend la cohérence d'un tel noeud d'obstacles, qui affecte probablement une majorité d'adultes cultivés, à l'issue de leurs études secondaires. Tout cela revient à une sorte de grand "Lego" biologique, dans lequel les éléments de la matière s'assemblent et se fragmentent indéfiniment. C'est un modèle qui présente l'avantage d'obéir à une **bonne forme** ("ça tourne"), satisfaisante pour l'esprit. Il permet de faire l'économie des processus chimiques aussi bien qu'énergétiques.

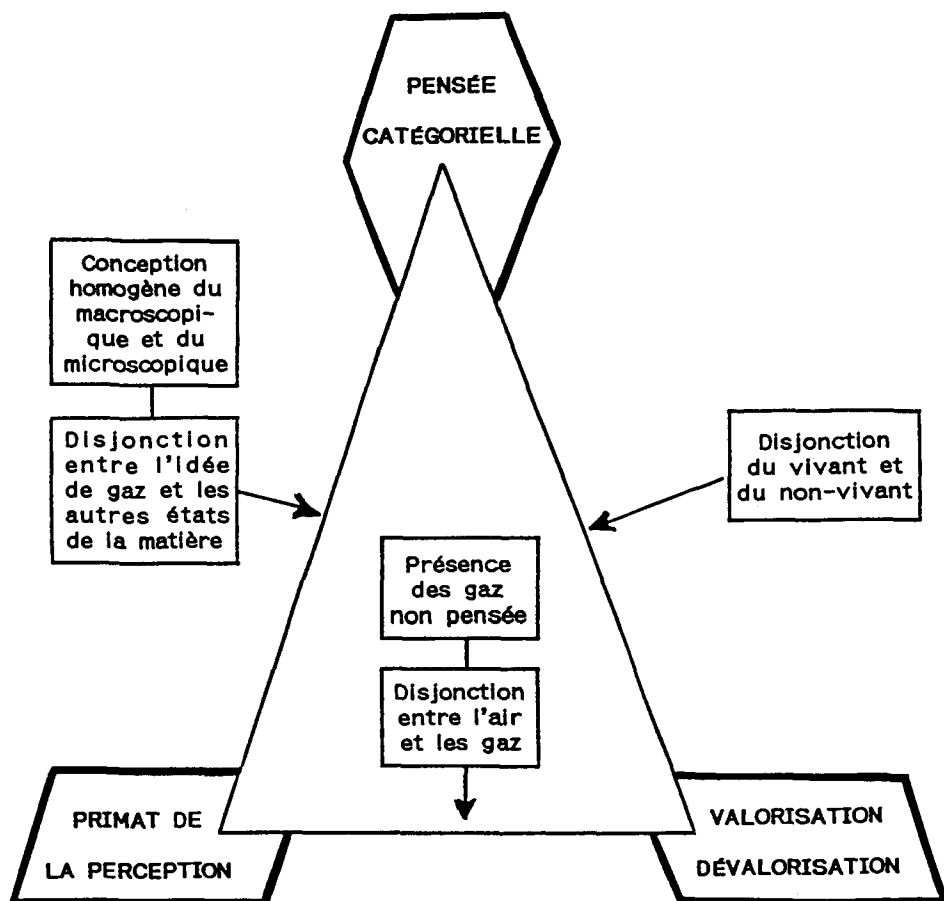
Ce noeud de difficultés correspond au jeu interactif de trois obstacles principaux (mettant en jeu des modes de pensée assez primitifs) ; obstacles que l'on peut schématiser de la façon suivante, en y situant différents aspects des conceptions de la matière chez les élèves (document 2) :

liée à un système
commun
d'obstacles

- un primat de la perception sur la conceptualisation ;
- l'usage de la pensée catégorielle, voire de la "pensée par couples" ("ou bien ... ou bien ...") : le vivant / le non-vivant, les gaz / pas les gaz ;
- un excès de survalorisation (le vivant par rapport au non-vivant) ou de dévalorisation (les gaz et la chimie) ;

Parce qu'ils pensent la chimie et la biologie à travers ce système d'obstacles, les élèves ont une conception trop restreinte des transformations possibles (un simple jeu d'assemblage-désassemblage d'éléments constants), ou à l'inverse - mais cela revient au même - ils envisagent des transformations généralisées, possibles sans respect d'aucune contrainte.

Document 2

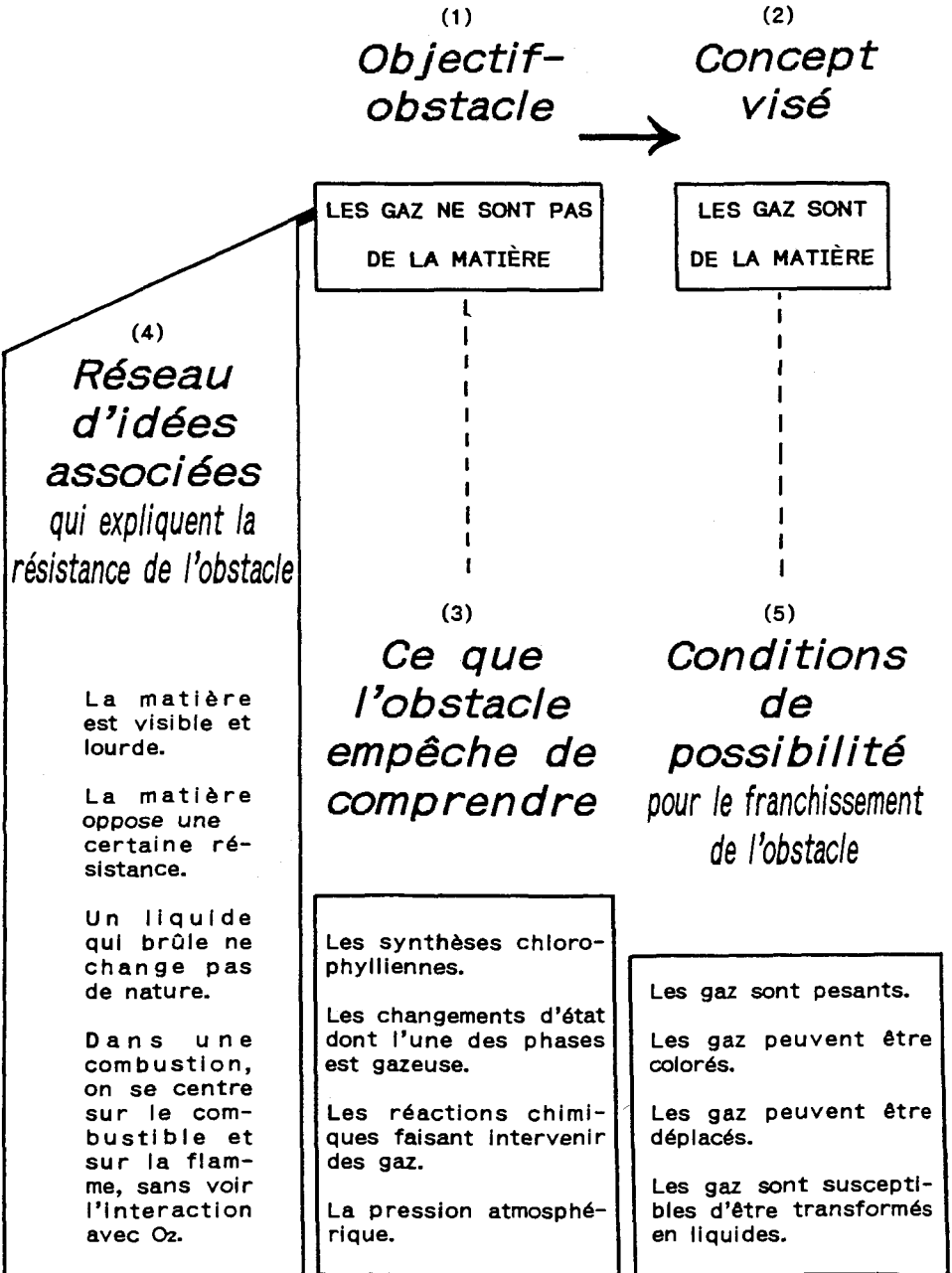


2. DE L'OBSTACLE A L'OBJECTIF-OBSTACLE

2.1. Un modèle du fonctionnement des obstacles

Le schéma suivant (document 3) permet de figurer le caractère fonctionnel des obstacles, en justifiant les raisons de leur maintien chez l'élève, malgré l'importance des efforts didactiques. Le bénéfice d'un abandon de ce qui fait obstacle lui paraît d'autant plus incertain que ces représentations ne sont pas isolées, mais qu'elles sont constituées en un réseau dont les différents éléments s'appuient et se renforcent mutuellement. On peut distinguer :

Document 3



- [1] **L'obstacle**, qui résiste à l'apprentissage.
Par exemple, ici, l'idée que les gaz ne sont pas de la matière.
- [2] **Le concept visé**, qui en est le contrepoint logique (les gaz sont de la matière).
- [3] **Ce que l'obstacle empêche de comprendre**, c'est-à-dire ce à quoi la représentation fait vraiment obstacle du point de vue conceptuel.
Par exemple : le fait que les végétaux puissent construire leur matière à partir du CO₂ atmosphérique, difficilement envisagé comme une "nourriture".
- [4] **Le réseau d'idées associées**, qui expliquent le maintien des représentations et justifient que l'élève n'abandonne pas facilement son idée au profit de celle qui lui est enseignée.
Par exemple : l'idée que la matière est quelque chose de visible, de lourd, qui oppose une certaine résistance. Renoncer à cette idée est difficile, puisqu'elle structure toute la perception du monde : si l'on accepte trop facilement l'idée que les gaz sont de la matière, alors pourquoi pas la chaleur, l'électricité, l'énergie ... ?
- [5] **Les conditions de possibilité** à créer pour que la représentation évolue, pour que l'obstacle soit franchi.
Par exemple : créer de nouvelles situations expérimentales qui permettront de conférer aux gaz certaines des propriétés admises pour la matière solide ou liquide (le fait qu'ils soient pesants, qu'on puisse les déplacer d'un récipient dans un autre, que certains soient colorés ...).

réseaux d'idées
dans un
processus
dynamique...

que l'enseignant
et les élèves
perçoivent
différemment

Ce qui conduit le processus d'apprentissage à une sorte de "dialogue de sourds", c'est que l'enseignant est centré sur le concept à acquérir [2] et voit d'abord les représentations des élèves [1] comme ce qui s'oppose à la réussite de son projet [3]. Pour l'élève, au contraire, ces mêmes représentations [1], plus ou moins conscientisées, constituent les outils intellectuels avec lesquels il pense, et il les conservera tant qu'il leur accordera une valeur explicative [4] supérieure au concept visé [2]. C'est en réalité la centration de l'enseignant sur le point [5] qui peut conduire à débloquer la situation, puisque c'est autour de lui que peuvent être construits des dispositifs didactiques qui créent une évolution intellectuelle possible pour les élèves : c'est là ce que prendra en compte l'idée d'objectif-obstacle..

2.2. Obstacle-difficulté, obstacle-facilité

Mais il faut préalablement examiner un aspect supplémentaire, car les obstacles à l'apprentissages présentent une double caractéristique qui complique la tâche didactique : ils se présentent aussi bien comme difficulté conceptuelle que comme excessive facilité de pensée que l'esprit s'octroie. L'analogie sportive du saut en hauteur comme saut d'obstacle réfère plutôt à l'**obstacle perçu comme difficulté**,

illusion de
compréhension,
confort
intellectuel

mais d'autres - et sans doute parmi les plus résistants -, fonctionnent sur le mode d'un "confort intellectuel" que l'on s'octroie sans même s'en apercevoir, et auquel on tend à revenir. Il faut alors compléter l'analogie du saut en hauteur par celle du "passe-muraille" car le problème, dans ce cas, consiste moins à "sauter" l'obstacle, qu'à **apprendre à le voir** et à éviter d'en être prisonnier. Parmi les exemples développés plus haut, c'est le cas du raisonnement linéaire causal, de la conception du milieu comme "harmonie", mais aussi celui de l'anthropomorphisme, etc.

Difficulté et facilité peuvent correspondre à deux faces du même obstacle, celles qu'occupent respectivement l'élève et l'enseignant, le second étant en mesure de percevoir une difficulté dans laquelle le premier reste immergé. La difficulté peut aussi apparaître d'une façon secondaire, après qu'il ait fallu le temps au sujet de la repérer et de la conscientiser : l'obstacle n'est alors visible qu'**après coup**. C'est ainsi qu'il faut comprendre les propos de Brousseau, expliquant que *"le savoir et le projet d'enseigner vont devoir s'avancer sous le masque"*. Non que quiconque s'emploie à cacher quelque chose aux élèves, mais plus simplement, comme l'exprime Meirieu, que *"l'élève ne peut pas savoir ce qu'il doit savoir avant de le savoir" !*

2.3. Traitement général, traitement local

Si les obstacles (vus comme difficultés à surmonter ou comme facilités à surveiller) présentent, comme on l'a précisé, un caractère général qui déborde chaque représentation particulière, la question reste entière de savoir si, au plan didactique, il est préférable (et plus efficace) de s'y attaquer de façon transversale, ou s'il vaut mieux, au contraire, en traiter les manifestations locales. Par exemple, faut-il (et peut-on ?) travailler globalement le raisonnement causal séquentiel déjà évoqué, ou l'anthropomorphisme, ou la "pensée par couples" ?

Si on "traite" localement de tels obstacles, on risque de s'attacher davantage à des manifestations contingentes qu'à leur racine, et le travail sera à reprendre sur chaque exemple, sans que les élèves voient nécessairement qu'il s'agit du même obstacle. Mais si, a contrario, on les travaille plus globalement, il reste à s'assurer du transfert effectif de cet apprentissage général dans chaque situation singulière. On a vu qu'au niveau historique, on tend, dès lors qu'il s'agit d'un obstacle véritable, à y "retomber" à la première occasion. Et la psychologie cognitive d'aujourd'hui insiste pour sa part sur les problèmes du transfert d'apprentissage, même lorsqu'il s'agit de passer d'une première situation-problème à une autre d'apparence assez semblable.

La réponse ne peut donc être que dialectique, c'est-à-dire difficile, en jouant sur l'alternance de situations, où un même obstacle sera, **sur un mode alterné**, travaillé localement, puis globalement, puis localement, etc.

alternance du
travail local et
transversal

2.4. La notion d'objectif-obstacle

La notion d'objectif-obstacle, proposée par Jean-Louis Martinand dans sa thèse d'état, s'efforce, comme son nom l'indique, de faire interagir des travaux et réflexions, souvent divergents, qui ont été conduits, les uns sur les objectifs pédagogiques, les autres sur les représentations des élèves, sans jamais se citer mutuellement (Martinand, 1984, 1986). Alors que les seconds - on vient de le voir - mettent en évidence la profondeur et la permanence des difficultés conceptuelles qui s'opposent aux apprentissages scientifiques, les travaux relatifs aux objectifs cherchent à rendre opérationnels les contenus de l'enseignement ... sans même s'interroger sur ces obstacles !

Or, dit Martinand, si les obstacles rencontrés ont une signification profonde par rapport aux apprentissages à réussir, ce sont bien **eux qu'il faut mettre au centre pour définir les véritables objectifs**. Une chose est de définir les objectifs à partir de la seule analyse des programmes et contenus (ce que fait la pédagogie par objectifs), autre chose est de faire du franchissement d'un obstacle, l'objectif véritablement recherché.

"Dans la mesure où ces obstacles ont une signification épistémologique profonde, je crois qu'ils fournissent la clé pour formuler les buts les plus essentiels d'une éducation scientifique. Autrement dit, il s'agit d'exprimer les objectifs en termes d'obstacles franchissables, car parmi la diversité des objectifs possibles, les objectifs intéressants sont les objectifs-obstacles. (...) Il nous paraît légitime de faire de leur franchissement les vrais objectifs conceptuels" (Martinand, in : Bednarz et Garnier, 1989).

Notre hypothèse *"est qu'il est possible de trouver un nombre limité de progrès décisifs, non acquis spontanément, mais qui ont une signification du point de vue de la pensée scientifique ou technologique, des attitudes et capacités correspondantes"* (Martinand, 1986).

"L'ambition pratique est donc de fournir aux maîtres, avec une liste d'obstacles à franchir par les élèves, la description des buts des activités, afin de permettre d'orienter les interventions pédagogiques et l'évaluation" (Martinand, *ibid.*, 1989).

Si ce point de vue renouvelle la conception des objectifs, davantage centrés sur les transformations intellectuelles à opérer que sur les comportements observables à provoquer, il renouvelle aussi celle des obstacles. Car, au lieu d'envisager ceux-ci par leur face négative, il examine les conditions de leur franchissement possible. La métaphore sportive peut ici éclairer : si la barre à franchir n'est, pour l'athlète du saut en hauteur, que ce qui l'empêche de passer de l'autre côté, on peut parler qu'il aura peu de chances de la franchir ! Il faut l'envisager tout autrement si l'on veut **la transformer en projet**. Cela confère aux obstacles un caractère

objectifs
exprimés en
termes
d'obstacles
franchissables...

obstacles
comme projet
plutôt que
comme
empêchement

plus dynamique puisque, au lieu de les considérer négativement, comme ce qui **empêche** l'apprentissage, ils en constituent plutôt l'**enjeu conceptuel**.

Ce regard plus positif porté sur les obstacles à surmonter n'a évidemment rien d'un volontarisme échevelé, ni d'un "don quichottisme" velléitaire. Il ne s'agit ni de les mésestimer (ils se vengeraient vite en retour), ni de les survaloriser, mais d'effectuer un **diagnostic** pour sélectionner ceux qui paraissent franchissables, à un moment donné du cursus, pourvu qu'on organise autour d'eux une stratégie didactique cohérente. L'idée d'objectif-obstacle fonctionne alors, dit Martinand, **comme un mode de sélection** parmi les objectifs possibles, de ceux qui s'avèrent pédagogiquement "intéressants", parce que reliés au franchissement d'un obstacle. Elle peut être lue comme une tentative pour

"faire se rejoindre deux courants : celui des pédagogues qui cherchent à travers les objectifs à rendre plus efficaces les actions didactiques, et celui des épistémologues qui s'intéressent aux difficultés qu'affronte la pensée scientifique" (Martinand, 1986).

3. DE L'OBJECTIF-OBSTACLE AUX SITUATIONS DIDACTIQUES

Il ne suffit certainement pas qu'un obstacle soit repéré, ni même qu'il fasse l'objet d'un traitement didactique, pour qu'il soit en mesure d'être franchi. Car, ce qui fait qu'un obstacle en est un, c'est précisément sa **résistance à la réfutation**. Si un contre-exemple, aussi "probant" soit-il, pouvait suffire à modifier la conception, pourquoi emploierait-on un mot aussi fort ? Certains obstacles peuvent donc bien être repérés, voire déjà "fissurés", sans être en mesure d'être vraiment franchis. Ce n'est déjà pas si mal, et c'est sans doute même une étape indispensable pour l'apprentissage, à condition de ne pas se méprendre sur ce qui se joue. On peut réévoquer ici deux exemples développés dans un précédent numéro de la revue :

par nature,
l'obstacle résiste
à la réfutation...

- celui des cheveux d'une poupée, lavés et séchés par les élèves de CP, ceux-ci prenant conscience qu'au cours du séchage, l'eau n'est passée ni dans la tête de la poupée ni dans le sèche-cheveux, sans être capables pour autant d'intégrer l'idée de changement d'état de l'eau que la maîtresse essaie d'introduire ;
- celui de la falaise de craie du Pays de Caux, résultant pour les élèves de CM d'une construction par les Allemands pendant la guerre, faute de pouvoir l'interpréter comme limite d'érosion d'une couche en trois dimensions (Astolfi, 1991).

Si l'élève, au terme d'un conflit cognitif dans lequel il a été engagé, peut être convaincu du caractère erroné ou inopérant de sa représentation, il faut encore - pour qu'il en

son
franchissement
suppose d'autres
conditions

change véritablement - qu'il puisse disposer d'une **alternative conceptuellement satisfaisante**, condition indispensable pour abandonner sans regret le système antérieur d'explication, dont on a dit combien il était, lui, fonctionnel (Johsua et Dupin, 1989).

Cela nous conduira à envisager trois degrés dans le travail didactique des obstacles. Car, on l'a déjà dit, si les obstacles cédaient à leur première mise en question, c'est que probablement **ce ne seraient pas de vrais obstacles**. On peut faire l'hypothèse que les obstacles susceptibles d'être franchis au cours d'une séquence, sont ceux qui sont déjà largement fissurés.

3.1. Repérage, fissuration, franchissement

• *Le niveau du repérage*

la prise de
conscience de
la représentation

Le premier niveau, celui du **repérage**, correspond à ce que l'on peut appeler une **prise de conscience** de la représentation. On sait que la plupart des représentations des élèves, même quand elles sont fonctionnelles, demeurent largement implicites. L'individu a souvent une faible connaissance des procédures personnelles qu'il a automatisées, et un premier travail consiste à les exprimer et à les objectiver par l'usage de divers signifiants (écrits, graphismes ...).

Ceci est particulièrement vrai pour les difficultés qui répondent à l'idée, évoquée plus haut, d'**obstacle-facilité**. Dans ce cas, le repérage constitue un préalable indispensable au travail didactique de l'obstacle. La prise de conscience par les élèves de leur propre mode de fonctionnement intellectuel contribue à l'identifier comme tel, même quand son dépassement reste hors de portée. Et ce mode de fonctionnement personnel peut être rendu plus explicite par la découverte d'une diversité de systèmes interprétatifs divergents au sein d'une même classe ou d'un même groupe. C'est là une des fonctions essentielles de ce que l'on appelle souvent "l'émergence" des représentations. Sans doute s'illusionne-t-on quand on imagine cette procédure suffisante pour produire un dépassement, mais on ne peut nier sa fonction intermédiaire dans le processus didactique.

• *Le niveau de la fissuration*

l'introduction du
doute

Cet aspect ne sera qu'évoqué pour mémoire, puisque c'est celui auquel on songe le plus immédiatement quand on construit un dispositif de prise en compte des représentations. Au delà de la simple localisation et identification d'un obstacle entrevu, une phase suivante (mais pas nécessairement consécutive) produit une **déstabilisation conceptuelle**. C'est ici, non plus la prise de conscience de la représentation jusque-là implicite, mais la prise de conscience que quelque chose "cloche" dans cette représentation. C'est sur ce plan que joue le *conflit socio-cognitif*, mis en honneur par l'école genevoise de psychologie sociale cognitive (Perret-Clermont, 1979 ; Doise et Mugny, 1981). L'opposition entre

points de vue, ou la différence de centration entre des apprenants de niveau comparable, apparaît grâce à ces travaux, comme l'un des moteurs du progrès intellectuel. La confrontation entre des représentations différentes à l'intérieur d'un même groupe-classe constitue l'une des modalités les plus fréquentes, dès lors que les élèves acceptent de coopérer pour réduire leurs divergences interprétatives, pour trancher entre des conceptions alternatives.

• **Le niveau du franchissement**

l'intériorisation
d'un nouveau
modèle

Même si l'élève, au terme d'un conflit socio-cognitif dans lequel il a été engagé, a été convaincu du caractère erroné ou inopérant de sa représentation, il faut encore - pour qu'il en change véritablement - qu'un **modèle explicatif alternatif** soit disponible, mais aussi qu'il soit mentalement satisfaisant. L'enseignant peut s'efforcer de rendre disponible un nouveau modèle, mais le fait que l'élève puisse ou non le considérer comme satisfaisant lui échappe.

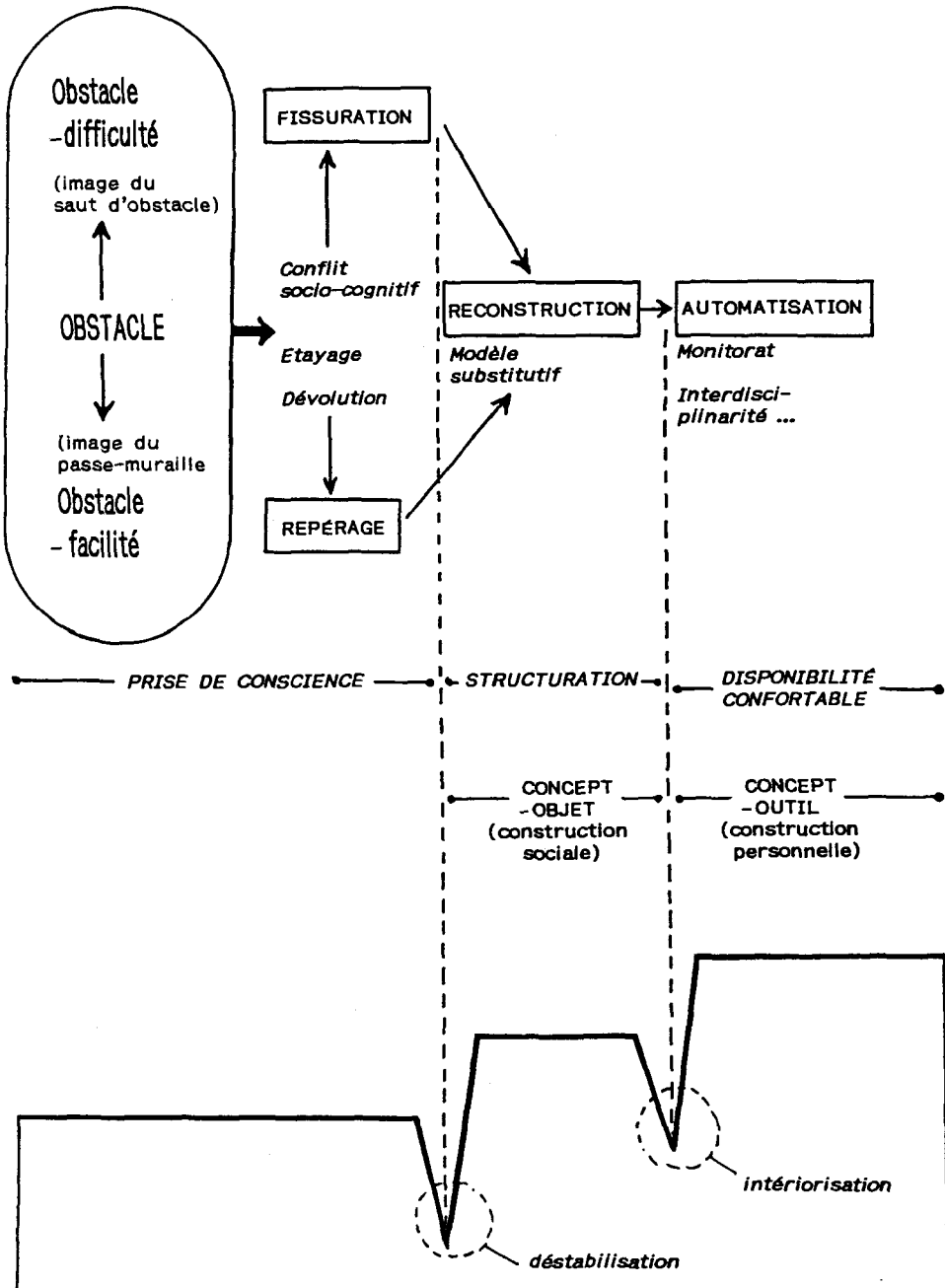
On rejoint par là, d'une certaine façon, la problématique de Vygotski, dont l'influence revient dans l'actualité psychologique de ces dernières années (Vygotski, 1985 ; Riviere, 1990). Vygotski a insisté sur le rôle central du langage intérieur pour transformer en un apprentissage personnel, ce qui est d'abord une réussite à caractère social : il faut, dit-il, rendre possible **le passage de l'inter-psychique à l'intra-psychique**. Si la fissuration pouvait être favorisée par différents types de médiations - et donc avoir un caractère largement inter-psychique - la reconstruction d'une alternative conceptuelle nécessitera ensuite une consolidation intériorisée. La *fonction d'étayage* (Bruner, 1983) présente alors un caractère essentiel mais transitoire, précédant l'automatisation du nouveau modèle d'explication.

Le schéma suivant permet de résumer les choses de façon synoptique (document 4) :

pas d'ordre
obligé

- Le franchissement d'un obstacle nécessite plusieurs opérations intellectuelles, qui ne s'effectuent pas nécessairement au même moment de l'apprentissage : repérage, fissuration, reconstruction alternative, automatisation du nouveau modèle. Il ne s'agit pas là d'étapes obligées et respectant cet ordre. Nous avons vu que, s'il s'agit d'un obstacle-facilité (initialement invisible pour l'élève), la "fissuration" peut précéder un "repérage", lequel ne s'effectue que moyennant une prise de conscience de ce que signifiait l'activité antérieure.
- Une partie de cette activité nécessite des interactions sociales : mise en jeu de conflits socio-cognitifs entre élèves, rôle de la fonction d'étayage que joue l'enseignant pour "enrôler" un élève dans le problème posé, pour faire fonctionner une "dévolution" qui évitera que, par le jeu du dialogue, la réponse ne soit "soufflée" au lieu d'être construite (Brousseau, 1986). Il y a là un premier "saut conceptuel" résultant de la déstabilisation des conceptions antérieures.

Document 4



jeu de l'inter et
de l'intrapsy-
chique...

Mais il existe un second saut conceptuel, moins souvent signalé : celui qui permet de passer de la restructuration conceptuelle à l'usage automatisé du nouveau modèle (Cf. les schématisations proposées par Bouvier, 1985 et Arsac et al., 1988, dont le document 4 s'inspire). Ce second saut correspond à ce qu'exprime Vygotski quand il dit que *"chaque fonction psychique supérieure apparaît deux fois au cours de l'histoire d'un sujet : d'abord comme fonction interpsychique, puis la deuxième fois comme activité individuelle, comme **propriété intérieure** de la pensée de l'enfant, comme fonction intrapsychique."*

- On retrouve, à l'occasion de ces étapes, la **dialectique objet-outil** établie par Douady (1986), mais dans un ordre inversé, ce qui n'est pas choquant si le processus est vraiment dialectique. Le passage de l'outil à l'objet correspond à l'institutionnalisation d'un savoir, consécutive à son emploi non formalisé dans des situations de résolution de problème.

de la dialectique
objet-outil

Ici, au contraire, le passage de l'objet à l'outil correspond à l'usage fonctionnel d'un concept déjà formalisé, mais encore insuffisamment disponible, ce qui est le cas lorsqu'est introduit un nouveau modèle. Celui-ci fonctionne d'abord comme objet conceptuel à construire par la classe (dans un contexte encore social). C'est peu à peu, avec l'automatisation de son usage, qu'il acquerra le statut d'outil personnel.

Un tel passage de l'objet à l'outil s'effectue par exemple lorsqu'on passe conceptuellement d'une discipline à une autre, ou encore quand, dans une relation d'entraide entre élèves ou de monitorat, on doit prendre en charge personnellement la présentation de la notion (Peterfalvi et Adamczewski, 1985). Comme on le sait, il n'y a rien de tel que d'enseigner un sujet, pour bien le maîtriser ...

3.2. Obstacles pris de front, ou par détour ?

Les apprentissages scolaires ne pouvant se réduire à une "course d'obstacles" successifs, on peut se demander comment articuler des dispositifs d'apprentissage centrés sur un obstacle précis, avec d'autres situations au travers desquelles plusieurs obstacles sont implicitement travaillés. Ceci conduit à distinguer plusieurs façons assez différentes, sans être contradictoires, d'intégrer l'idée d'objectif-obstacle dans les pratiques.

- **Un mode de sélection de l'objectif d'une séquence**

Une première modalité consiste à construire explicitement des séquences autour du franchissement d'un obstacle préalablement ciblé (Meirieu, 1988). Ceci pour réagir à une dérive actuelle des pédagogies actives, selon lesquelles les apprentissages seraient **spirales** et inscrits dans le long terme. Le problème est que si ce point est largement accepté

aujourd'hui, notamment à la suite des travaux de Bruner, il se traduit trop souvent par un manque de précision - et même d'ambition - dans ce que l'on se propose de faire apprendre à chaque "tour de spire".

Tout se passe en quelque sorte comme si les enseignants procédaient par **évitement**, renvoyant le travail des obstacles soit à l'amont (c'est la problématique des **prérequis**, à défaut desquels on s'estime désarmé), soient à l'aval (on se contente dans l'immédiat d'une **approche** conceptuelle, sans préciser exactement de quoi elle relève, et on renvoie à plus tard le progrès décisif), soit encore latéralement (à la sphère privée du travail personnel de l'élève). Bref, **le moment-clé de l'apprentissage est bien souvent fuyant** (Fillon, Monchamp et al., à paraître).

Centrer ainsi certaines phases didactiques sur un franchissement explicite d'obstacles suppose évidemment que le choix de ceux-ci soit particulièrement "raisonné" (et limité en nombre), afin de s'assurer que l'on fait porter l'investissement didactique sur un point-clé qui en vaille la peine. La logique de construction de telles séquences sera contrastée par rapport à d'autres, orientées, elles, par l'exploitation ouverte d'une situation favorable, ou par l'acquisition de connaissances et méthodes (Cf. Astolfi, 1991). Pour reprendre d'un mot l'exemple précédent relatif à la falaise, il est clair que l'on peut orienter une ou plusieurs séances autour de notions géologiques relatives à la stratigraphie des couches sédimentaires, à l'ordre de superposition des couches et à leur datation relative, à la présence et signification de fossiles, etc., tout cela sans affronter véritablement les deux principaux obstacles (obstacles dits "artificialiste" et "géométrique"), que les professeurs de collège retrouvent en l'état. C'est ce qui se produit le plus souvent, contribuant involontairement au maintien des représentations. Leur franchissement supposerait que les problèmes soient posés d'une autre manière et que les élèves soient conduits à des anticipations différentes. Par exemple, en construisant diverses modélisations possibles de la succession des couches, et en confrontant celles-ci au réel. On sait combien l'histoire de la géologie a mis de temps pour clarifier cette question (Gohau, 1983).

• **Un outil pour réguler les interventions didactiques**

Une autre modalité didactique transparaît davantage du texte de Martinand. Les séquences didactiques n'y sont pas "calibrées" autour d'un obstacle déterminé, mais elles obéissent au contraire à la logique plus souple d'une démarche d'investigation autonome. Le petit nombre d'objectifs-obstacles sert alors de référence à l'enseignant : ils l'aident à mieux "lire" les difficultés des élèves aux prises avec l'activité didactique, à en préciser le diagnostic et à orienter la nature de ses interventions. Si chaque objectif-obstacle ne

distinguer des phases spécifiquement centrées sur le franchissement de l'obstacle...

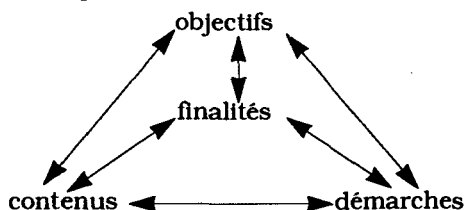
ou orienter les interventions de l'enseignant dans des curricula ouverts ?

sert pas à construire une séance particulière, il permet par contre d'observer les élèves, de les aider, de guider les interventions individualisées, d'évaluer les acquis.

L'objectif-obstacle est d'abord utilisé ici pour **réguler les curricula scientifiques ouverts**. Cette idée de curriculum ouvert est importante pour la première initiation scientifique des élèves, à l'école élémentaire et au collège. Elle a d'ailleurs été récemment reprise par le Conseil national des programmes, qui précise que

"le danger majeur (serait) de transformer des activités qui ont leur intérêt propre, en prétextes pour des acquisitions de compétences définies a priori, et seules valorisées". Si le choix des activités scientifiques présente une certaine autonomie par rapport aux objectifs, ceux-ci deviennent *"avant tout des outils pour aider les maîtres, dans leur observation des élèves et dans l'organisation des activités. Cette conception des objectifs ne cherche pas à décrire toutes les compétences visées, évite l'émiettement d'objectifs lorsqu'ils sont simplement présentés sous forme de listes. Elle évite aussi de définir les activités et même les sujets d'étude à partir d'une liste d'objectifs généraux"* (Déclaration du Conseil national des programmes sur l'enseignement des sciences expérimentales, 13 novembre 1991).

Une telle conception du curriculum ouvert, et de la place qu'y tiennent les objectifs, à égalité avec les contenus et les démarches, est illustrée par le schéma suggestif de Martinand (1986, p. 111) :



Son point de vue est donc plutôt que les activités didactiques ne sont pas entièrement déterminées par des objectifs préalablement définis (même si cette possibilité existe). Et qu'elles peuvent tout autant résulter de décisions portant sur les contenus, ou bien d'une réflexion sur les démarches. Dans ces deux derniers cas, la caractérisation des objectifs est seconde ; elle reste subordonnée à la logique des contenus ou à celle des démarches. L'idée d'objectif-obstacle fournit alors aux enseignants **des indicateurs disponibles**, qu'ils gagnent à avoir en tête au cours de l'activité scientifique (les objectifs-capacités issus de la PPO étant trop nombreux pour prétendre jouer ce rôle). Si chaque objectif-obstacle ne sert pas à construire une séance particulière, il permet par contre d'observer les élèves, de les aider, de guider les interventions individualisées, d'évaluer les acquis.

on peut aussi
combiner les
deux procédés

Un tel point de vue sur le travail des obstacles n'est pas nécessairement incompatible avec le précédent, même si nous nous sommes efforcés de les contraster pour ne pas les confondre. Il est possible de combiner, dans les pratiques, une gestion souple à moyen terme avec des moments à focalisation plus grande, jouant ainsi alternativement du "zoom" et du "grand angle" :

- On peut concevoir des dispositifs centrés sur l'obstacle comme des moments de réactualisation d'un conflit cognitif qui avait pu surgir à des moments antérieurs dispersés, à l'occasion desquels l'enseignant s'était limité à des interventions ponctuelles. La reprise systématique peut alors déboucher sur une tentative de résolution du conflit qui n'avait pu avoir lieu jusque-là.
- L'articulation peut aussi se faire en sens inverse : un obstacle ayant été travaillé systématiquement sur un exemple précis, il est possible d'en rappeler la présence en des occasions diversifiées où il se manifeste, comme cela est probable étant donné la nature même des obstacles que nous avons déjà précisée.
- Il est également possible d'envisager des stratégies intermédiaires, en organisant des "batteries" de séquences autour d'un même obstacle, à propos de problèmes différents. On aurait alors une série de séquences, conçues selon la première perspective, mais dont le caractère répété modifie la nature. Ce type de stratégie semble pertinent pour le traitement des obstacles transversaux du type "raisonnement linéaire causal".

• **Une référence pour la construction curriculaire**

La gestion didactique des obstacles peut encore s'envisager d'une manière différente, qu'illustre plus haut l'exemple du concept biologique de *Milieu*. Une même notion peut, en effet, être examinée du point de vue de la diversité des obstacles qui s'opposent à sa construction, et ces obstacles peuvent être hiérarchisés et modélisés d'une manière qui oriente une construction curriculaire à long terme. Reste alors à établir une hiérarchie d'obstacles, autour d'un même objectif-obstacle général, en précisant les formulations qui peuvent être associées à chaque niveau de la hiérarchie logique.

hiérarchiser les
obstacles pour
orienter une
construction à
long terme

Une telle orientation (encore prospective) apparaît comme une issue possible pour construire une véritable "pédagogie spiralaire" : les objectifs-obstacles constituent alors des repères qui permettent d'identifier précisément le progrès intellectuel auquel on parvient à chaque reprise d'apprentissage. Cela changerait des "approches" de notion évoquées plus haut de façon critique, que l'on qualifiera de "pédagogies circulaires", dans la mesure où on ne peut identifier précisément en quoi la nouvelle approche diffère de la précédente, au-delà de l'introduction progressive d'un lexique spécialisé. Cela peut contribuer à relancer l'intérêt des

élèves pour des sujets qui, autrement, s'avèrent bien vite déflorés.

3.3. Travailler un obstacle ou des obstacles ?

faire bouger
l'ensemble d'un
réseau d'idées

Nous avons évoqué l'importance des liens entre une représentation donnée et le réseau des idées qui lui sont associées, et qui jouent dans la résistance au changement. Pour cette raison, on peut concevoir de travailler l'ensemble du réseau. Sans pouvoir tout traiter d'une façon systématique, on peut rechercher dans ces réseaux des points sensibles, davantage susceptibles que d'autres de faire bouger l'ensemble. Par exemple, en proposant une activité de modélisation au sujet des synthèses de matière organique à partir du dioxyde de carbone de l'air, au cours de la photosynthèse, on touche simultanément l'obstacle qui consiste à ne pas attribuer un caractère matériel aux gaz (obstacle lié à une concentration sur la seule perception) et celui qui fait considérer la matière du vivant comme étant de nature intrinsèquement différente de la matière non-vivante (obstacle lié à la pensée catégorielle et à la survalorisation du vivant).

3.4. Déconstruction et reconstruction

Le passage d'un réseau d'idées confortables, qui résiste, à un autre réseau dont l'enseignant - mais pas l'élève - sait qu'il est plus performant, suppose un double travail : un travail de renoncement, qui évoque le travail de la psychanalyse (c'est en ce sens que Bachelard parlait de catharsis de la connaissance) et que nous appellerons **déconstruction** ; un travail de **construction** proprement dite, qui consiste à élaborer une conception nouvelle et à l'installer de façon au moins aussi confortable que la précédente. Les différentes élaborations didactiques qui se sont développées ces dernières années donnent une part plus importante à l'une ou l'autre de ces deux facettes du franchissement des obstacles. Les travaux sur la prise en compte des représentations des élèves inciteraient à accorder une place plus importante à la déconstruction, entièrement ignorée de l'enseignement courant, mais tous les didacticiens ne font cependant pas ce choix, certains privilégiant l'aspect déconstructif (Giordan et De Vecchi, 1987), soit l'aspect constructif (Barth, 1987 ; Johsua et Dupin, 1989).

déconstruire ne
suffit pas...

Il est possible que l'effort didactique portant essentiellement sur l'un de ces pôles, l'autre soit l'objet d'un travail privé des apprenants, plus ou moins automatiquement induit et que, par conséquent, l'obstacle puisse ainsi se trouver franchi. Mais cela ne semble ni évident, ni automatique, et on peut penser que la modalité la plus favorable à ce passage réside dans une **articulation entre déconstruction et reconstruction**. Les difficultés, voire les déceptions, entraînées par les efforts didactiques de déconstruction (notamment en

mais peut-on
construire sans
déconstruire ?

tendant de mobiliser le concept de **conflit socio-cognitif**, déjà évoqué) ont pu conduire certains auteurs à préférer d'autres directions, mais il nous semble qu'il ne faille pas abandonner trop vite cette piste. Négliger la déconstruction, et proposer de travailler d'emblée à une construction nouvelle, par exemple en introduisant des modèles alternatifs en rupture avec les représentations des élèves, risque de produire le même effet que l'enseignement courant. Sans nier l'intérêt cognitif du travail intellectuel à partir de certains modèles didactiquement introduits, on risque de voir revenir (c'est-à-dire, en fait, persister) l'obstacle quand la situation sera nouvelle.

Autrement dit, au lieu d'éliminer trop vite le travail de déconstruction et la piste du conflit socio-cognitif, il peut être plus fécond d'en explorer les conditions de réussite, après en avoir bien situé les limites. Les difficultés apparaissent principalement de deux types :

- a) Divers auteurs insistent sur le fait qu'on ne peut contrôler, en classe, les situations d'interaction de façon aussi précise qu'en laboratoire, et qu'il ne suffit pas de proposer aux élèves de discuter entre eux pour provoquer de véritables conflits. Les situations expérimentales sont en effet *calculées* pour provoquer des interactions dont les sujets ne puissent sortir que par une **résolution cognitive et non relationnelle**, c'est-à-dire sans accepter les idées d'autrui par complaisance ou conformité (Gilly, 1988).
- b) D'autres indiquent que si le processus de renoncement présente bien un **aspect rationnel**, il ne s'y limite certainement pas, et que cela peut expliquer que les réfutations aient tendance à être rejetées. La dénégation faisant partie intégrante de l'idée même d'obstacle épistémologique, *"il est exceptionnel qu'une expérience, unique et isolée, ne soit pas réinterprétable dans la représentation de l'élève, laquelle est apte à assimiler beaucoup plus de nouvelles données qu'on ne le croit en général. Il n'y a pas de "conflit cognitif", bref pas d'"expérience cruciale" (Johsua, in : Bednarz et Garnier, 1989).*

la déconstruction
peut aussi se faire
a posteriori...

La déconstruction des idées-obstacles peut pourtant se faire **par un repérage a posteriori** des manifestations nouvelles de l'obstacle. Par exemple, Lauren B. Resnick préconise une comparaison systématique entre le nouveau modèle qu'on propose aux élèves, et qu'ils font fonctionner sur des exemples diversifiés, avec leur conception de départ. Une stratégie de ce type peut être l'occasion d'une réflexion épistémologique des élèves qui, par ce regard rétrospectif et comparatif, peuvent être en mesure de mieux caractériser leur mode de pensée initial (Resnick, *in* : Bednarz et Garnier, 1989). On peut considérer qu'une telle réflexion, à caractère métacognitif, est une condition déterminante pour un réel changement de paradigme (Peterfalvi, 1991).

par une réflexion
épistémologique
des élèves

Jacques Désautels évoque, lui aussi, dans le même ouvrage, la nécessité d'un travail sur le "cadre épistémique" de départ :

"Il sera à notre avis nécessaire d'intégrer à nos stratégies pédagogiques des activités qui visent explicitement à favoriser chez les élèves une réflexion sur leur propre savoir et ses modes de production. Ce n'est qu'après cette prise de conscience qu'ils pourront apprécier d'autres types de jeux de la connaissance basés sur des prémisses épistémologiques et des règles de production différentes."
(Désautels, in : Bednarz et Garnier, 1989).

Ce type de travail, contribuant d'une autre manière à la déconstruction, n'est pas incompatible avec les stratégies qui misent au départ sur le conflit cognitif. Il peut même utilement leur être associé dans un but de **déconstruction continuée**, visant à prévenir le retour toujours prompt de l'ancien paradigme.

4. PRINCIPES POUR LA CONSTRUCTION DE DISPOSITIFS

Avant d'évoquer positivement quelques pistes concernant l'usage didactique du conflit cognitif et socio-cognitif, nous examinerons quelques figures de la résistance que lui opposent les obstacles.

4.1. Difficultés rencontrées par les stratégies utilisant le conflit cognitif

- *La contradiction, apportée par le professeur (par l'intermédiaire d'une situation expérimentale) n'est pas perçue comme telle*

a) soit que les élèves commencent par nier le "fait surprenant" qui leur est proposé

Par exemple, on propose à des élèves de CM un questionnaire qui vise à connaître leurs représentations sur les gaz, amorçant ainsi un travail sur l'idée d'existence et de matérialité de l'air (pour travailler l'obstacle selon lequel les gaz - et en particulier l'air - ne sont pas de la matière). L'une des expériences réalisées consiste à enfoncer, dans un bac rempli d'eau, un verre au fond duquel on a collé un morceau de sucre. Le verre est disposé l'ouverture vers le bas et maintenu bien vertical. La question est de savoir, si dans ces conditions, le sucre collé au fond du verre, va se dissoudre.

On demande aux élèves d'anticiper, sous forme de dessins ou de petites phrases, ce qui selon eux va se passer. Presque tous affirment que le verre va se remplir d'eau,

les élèves évitent le conflit par la négation des faits...

seuls quatre d'entre eux indiquant qu'il restera de l'air dans le verre qui empêchera l'eau de monter jusqu'au sucre. On procède alors à l'expérience mais, dans ces conditions, le niveau de l'eau dans le verre n'est pas très visible. Les élèves contestent le fait expérimental : certains affirment voir monter l'eau, d'autres disent qu'on ne voit pas bien, d'autres avancent l'idée que la non-dissolution du sucre n'est pas une preuve suffisante ("*l'eau peut bien monter jusqu'au niveau du sucre sans l'atteindre tout à fait*"). Le fait a priori surprenant - l'eau ne remplit pas entièrement le verre "vide" - est ici nié. Nous verrons plus loin comment l'enseignante tire parti de cette situation pour rebondir sur une dynamisation du processus.

b) soit qu'ils ne perçoivent pas comme tels les "faits surprenants"

C'est le cas dans une autre séquence où le maître fait brûler du métaldéhyde sous une cloche de verre et où la classe observe l'apparition de gouttes d'eau sous la paroi. On sait que ce corps brûle en produisant uniquement des gaz : CO_2 et vapeur d'eau. Dans une expérience précédente, les élèves ont vu qu'en l'absence de cloche, le métaldéhyde donne l'impression de disparaître au cours de sa combustion. Ici, l'objectif est d'attirer l'attention sur le fait que des corps nouveaux apparaissent lors d'une réaction chimique, pour déstabiliser l'idée selon laquelle un solide qui brûle disparaît (Cf. Méheut, 1989 ; Andersson, 1990).

par leur intégration au système d'idées existant...

En réalité, pour expliquer l'apparition des gouttes d'eau, les élèves procèdent autrement qu'en renonçant à leur idée première. Une réponse fréquente est que le méta "*contenait déjà de l'eau*". Ce qui se passe leur apparaît "normal" et s'explique parfaitement dans leur système de représentation de la combustion, de telle sorte que l'idée à déstabiliser ne l'est pas. Les élèves ne sont nullement surpris car ils ne reconnaissent pas le contre-argument comme tel : le méta qui brûle peut bien disparaître et le produit observé à la suite de la combustion être contenu dedans, dès le départ.

c) soit qu'ils donnent trop vite la "bonne réponse" sans réel travail de l'obstacle

par le fonctionnement dissocié d'un registre scolaire...

Dans cet exemple, on travaille, en classe de seconde, sur les gaz dégagés lors de la décomposition de la litière de la forêt. Le professeur souhaitait explorer les idées des élèves sur la matérialité des gaz (ici, l'idée que des gaz puissent provenir de la décomposition de matières solides ou liquides) et amener un conflit cognitif jouant comme déclencheur de la révision de leurs idées. Or, apparemment, il n'y a aucun lieu de déclencher un conflit. Les élèves comprennent bien, et ils restituent l'idée de dégagement de dioxyde de carbone à partir de la décomposition des matières organiques, dans le contexte de l'exercice scolaire proposé. D'une certaine façon, tout marche bien, et peut-être trop bien : il n'y a pas d'obs-

tacle. Mais, lorsque au cours d'une autre séance l'enseignant demande d'où viennent les feux follets dans un cimetière, la rationalité bien construite ne fonctionne plus et l'obstacle apparaît dans ce contexte décentré.

Cet exemple illustre la difficulté qu'on rencontre parfois à instaurer un réel conflit cognitif en situation de classe, parce que les élèves se plaçant d'emblée dans le registre-cible du professeur, ont tendance à conserver dissociées les idées qui pourraient aller à l'encontre de ce registre, et à les reprendre aussitôt dans un autre contexte.

- ***La contradiction est bien perçue comme telle, mais donne lieu à une autodévalorisation et au découragement***

Ce cas de figure apparaît par exemple, chez les élèves "faibles", peu sûrs d'eux, comme l'évoque un enseignant pour une classe de seconde :

"Placés en situation de conflit, par comparaison de leur prévision avec les résultats dévoilés a posteriori, ils s'échappent en s'écriant « Planté ! » et en affichant un sourire (amer ?). Ils ont constaté, une fois de plus, l'inadéquation de leur bagage dans le contexte scolaire et la piètre qualité de leur image personnelle. Ils refoulent les conceptions qui leur ont permis de répondre et certains réapprennent consciencieusement et courageusement par cœur ce que le professeur leur a imposé." (Alain Monchamp, document interne INRP, 1992).

par le
renoncement à
une pensée
personnelle

4.2. L'installation d'un réel conflit cognitif

Comment interpréter ces difficultés et aménager les situations pour permettre de les éviter ou les traiter ? Dans certains essais, le conflit n'a vraisemblablement jamais existé réellement pour les élèves, parce que les conditions d'installation n'étaient en fait pas réunies. Dans d'autres cas, le conflit s'installe, mais des "échappatoires" sont laissées aux élèves pour le nier. Dans d'autres cas encore, le processus est amorcé, mais il est arrêté trop tôt pour que le conflit accomplisse son travail dynamique.

- ***L'enrôlement des élèves***

Les cas où le conflit cognitif semble réellement installé et débouche sur la recherche de solutions nouvelles se caractérisent par une **implication personnelle des élèves dans les idées débattues**. Cela peut résulter du fait que les termes du conflit ont été apportés par les élèves eux-mêmes, mais cela peut aussi résulter de ce que Guy Brousseau a appelé une stratégie de **dévolution** du problème (Brousseau, 1986). Ce terme désigne le fait qu'un problème soumis à la classe peut bien être introduit de manière quelque peu artificielle, mais qu'il n'aura pourtant d'effets cognitifs réels que si, d'une manière ou d'une autre, les

on peut
dynamiser le
processus par
l'implication des
élèves

élèves se laissent "enrôler" par le maître (Bruner, 1983), s'approprient le débat pour eux-mêmes et s'efforcent de résoudre le problème "en première personne", plutôt qu'en se laissant guider passivement, comme souvent, par la succession des questions et des activités scolaires (Cf. ce que Brousseau appelle l'effet Jourdain).

• **"Saillance" et "dédramatisation" du conflit**

S'il est vrai qu'une des stratégies cognitives courantes est la "fuite du conflit" par la négation de l'un de ses termes, ou par son "bricolage" en vue de rendre les éléments compatibles, cette phase doit mettre en œuvre des contre-stratégies adaptées. Elle doit aboutir à faire reconnaître et bien expliciter les deux termes, à les faire examiner du point de vue de leur compatibilité. On peut utiliser pour cela la confrontation entre la prévision d'un phénomène et le phénomène lui-même, la différence entre les affirmations des différents élèves, etc.). C'est un défaut du caractère "saillant" de la contradiction qui caractérise le premier type de difficulté. L'aspect social du conflit joue sur cette saillance car il s'oppose à la négation des termes d'une contradiction, portés par des personnes différentes et co-présentes :

"Ni l'oubli, ni la négligence d'un des points de vue n'est possible, car la co-présence des individus impose une co-présence des centrations différentes. Le sujet est alors obligé, hic et nunc, de tenir compte de son action et de celle de son partenaire et d'élaborer une structuration qui intègre les divergences présentes." (Perret-Clermont, 1979).

Mais une telle saillance, pour nécessaire qu'elle soit, peut être invisiblement porteuse d'effets pervers, puisqu'il faut malgré tout que les élèves puissent penser librement sans risque de "perdre la face". La mise en évidence d'éléments contradictoires dans la classe doit s'accompagner d'un climat qui autorise l'erreur, condition incontournable d'un travail fondé sur le conflit. Diverses techniques de dédramatisation peuvent être utilisées, comme l'évocation d'"erreurs" historiques comparables à celles des élèves, des mises en scène ludiques ... Une réflexion sur les conditions de cette sécurisation personnelle et affective est à poursuivre.

• **Contradictions logiques et investissement des idées**

Contrairement à ce que l'on croit trop souvent, la simple contradiction logique ne suffit pas à définir un conflit cognitif, et l'**investissement affectif des idées** peut se révéler déterminant. Le conflit suppose en effet que le sujet adhère, de façon suffisamment intime, à chacun des deux termes en contradiction, c'est-à-dire qu'il faut que ces deux termes aient, pour lui, un statut de conviction quasi-équivalent. Comme le dit Désautels,

l'explicitation de la contradiction...

dans un climat qui autorise l'erreur

*"Il faut intégrer dans la notion de conflit conceptuel une dimension affective tout aussi importante que la dimension cognitive. Les **engagements émotionnels** tel le sentiment d'avoir raison, d'être sur la bonne voie, doivent également être pris en considération."* (Désautels, in : Bednarz et Garnier, 1989).

la coopération et
le conflit

Il est, de plus, nécessaire que le sujet ait pris conscience que ces deux convictions, auxquelles il adhère, sont incompatibles entre elles. De ce point de vue, il faut qu'il y ait paradoxalement dans le conflit, quelque chose de l'ordre de la coopération, c'est-à-dire en quelque sorte l'inverse de celui-ci. Pour pouvoir prendre en compte le point de vue d'autrui, et l'utiliser pour examiner le sien propre, il ne faut pas avoir d'attitude trop négative vis-à-vis de cet autrui, faute de quoi ce point de vue serait globalement déprécié ou nié, et le conflit ne pourrait être intériorisé. C'est en bonne partie dans cette mesure qu'un conflit "socio-cognitif" est plus efficace qu'une simple contradiction, **la dimension sociale intervenant dans l'énergétique des idées**. Autrement dit, le conflit à caractère inter-personnel doit être suffisamment intériorisé sur un mode intra-personnel pour qu'une activité intellectuelle de résolution soit déclenchée.

l'enjeu de la
résolution

Pour jouer sur cette dimension, on peut demander aux élèves des prévisions d'événements ou de phénomènes, ce qui mobilise leur système de représentations, lequel peut alors être confronté d'une façon explicite aux données. On peut aussi leur demander de concevoir eux-mêmes des expériences dont les résultats sont susceptibles de départager des idées préalablement exprimées, ce qui renforce leur engagement émotionnel dans les aspects cognitifs en jeu. La confrontation des différentes prévisions, ou la mise en oeuvre de projets d'expériences, confère alors à l'observation des faits expérimentaux un **enjeu** qui leur donne un relief tout autre que s'ils sont proposés "tout construits" par l'enseignant, tels des contre-exemples face auxquels les élèves auront *plutôt tendance à se défendre*, à moins qu'ils ne s'adaptent passivement, comme on l'a dit, au registre-cible de l'enseignant, là encore d'une manière qui leur reste assez extérieure.

• **L'exemple du verre "vide"**

Cette technique est utilisée dans la séquence, déjà évoquée, du verre "vide" renversé dans un bac d'eau et elle a permis de contrecarrer la tentative initiale de "fuite du conflit" par les élèves, que nous avons rapportée. Rappelons que la classe avait, dans un premier temps, nié le fait expérimental perturbateur, en affirmant que l'eau montait bien dans le verre enfoncé dans l'eau, ou en déclarant qu'on ne pouvait pas bien voir.

Avant la réalisation de l'expérience, l'enseignante leur avait demandé de prévoir et de discuter entre eux ce qui allait se

passer. Cette procédure était censée ouvrir un conflit cognitif par la contradiction entre deux éléments :

- une idée préalable (l'existence de l'air et des gaz n'est pas soupçonnée, ou tout au moins on ne leur attribue pas d'existence en tant que matière). Par déduction, cette idée amène à une certaine prévision : l'eau va monter dans le verre ;
- et un observable : l'eau ne monte pas dans le verre renversé dans l'eau, parce qu'il contient de l'air. Par conséquent, le sucre collé au fond du verre ne se dissout pas.

La contradiction entre le phénomène prévu et le phénomène réellement produit apparaît en raison du caractère particulièrement aigu des prévisions : elles avaient été discutées dans la classe, dessins à l'appui, ce qui a favorisé la prise de conscience par les élèves de leurs divergences. Ces traces écrites ont facilité la confrontation aux faits expérimentaux, car elles s'opposent à l'oubli.

Or, comme la contradiction est difficilement supportable d'un point de vue cognitif, pour ne pas renoncer à la représentation de départ, les élèves préfèrent, comme nous l'avons vu, mettre en doute le fait observé. Mais l'enseignante ne leur permet pas ce retranchement : elle les met au défi de trouver eux-mêmes une situation expérimentale, qui permette de montrer à coup sûr que l'eau monte ou ne monte pas. Les élèves sont amenés à modifier, selon leurs propres conceptions, la proposition expérimentale de l'enseignante, qu'ils contestaient. Et comme les dispositifs qu'ils proposent eux-mêmes confortent (hélas pour eux !) le fait, a priori inacceptable, que l'eau ne monte pas jusqu'en haut du verre, ils sont bien obligés de se rendre à l'évidence de la contradiction et de chercher une nouvelle explication : il y a de l'air, et c'est cet air qui empêche l'eau de monter dans le verre renversé.

Il s'agit là d'une **négociation mentale** entre le projet magistral de construction conceptuelle et l'activité mentale propre des élèves : en leur proposant d'infléchir sa proposition à elle, en fonction de leurs idées à eux, elle les engage personnellement dans le raisonnement par lequel elle a choisi de déstabiliser l'obstacle. Plusieurs éléments sont intervenus pour permettre ce processus :

- la recherche de situations physiques paradoxales pour les élèves, en regard de leurs représentations des gaz et de la matière, susceptibles d'ouvrir un conflit cognitif ;
- l'ambiguïté de la première observation, à savoir le fait que le niveau de la surface de l'eau ne soit pas très visible. Ceci a permis au doute de s'exprimer et aux élèves de rechercher eux-mêmes des situations physiques plus manifestes. L'imperfection de la situation physique proposée, qui rendait l'observation difficile, loin d'être un handicap, a donc joué ici un rôle positif ;

les termes de la contradiction sont rendus visibles...

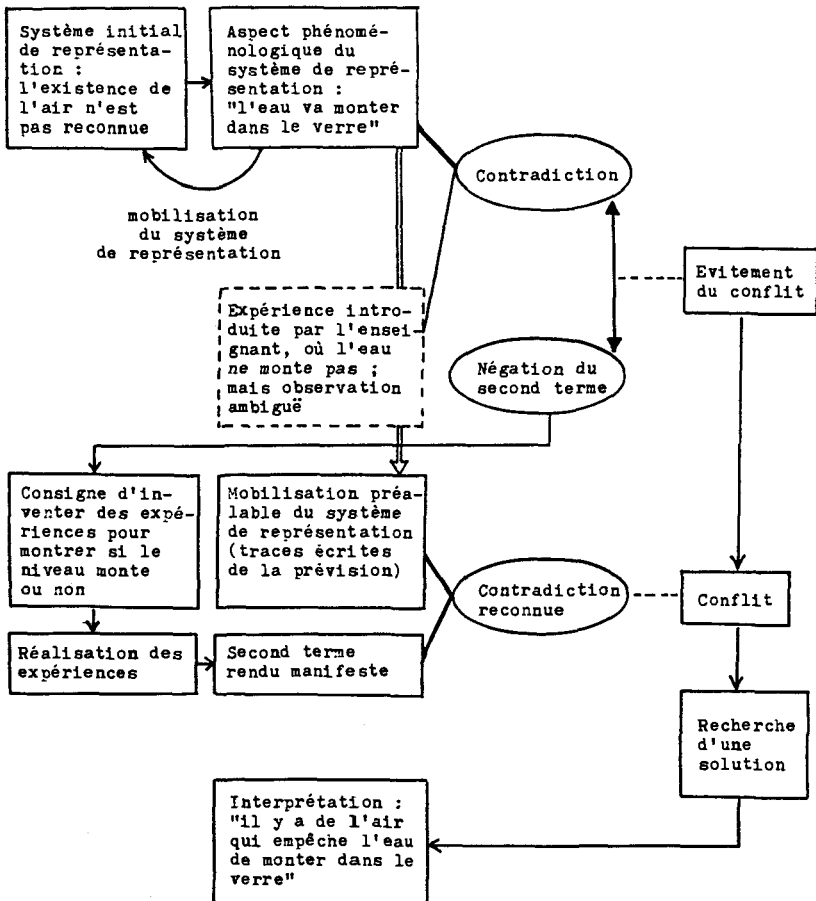
par les élèves eux-mêmes

pour installer le conflit cognitif

- l'explicitation des termes de la contradiction, qui la rendent vraiment manifeste : par les prévisions du phénomène au départ, par de nouvelles expériences qui rendent le phénomène particulièrement visible d'autre part ;
- le renforcement de l'engagement émotionnel des élèves par rapport à leurs idées, par leurs confrontations face aux prévisions divergentes ;
- la part active accordée aux élèves, dans le respect du cadre défini par l'enseignante, de façon à ce qu'ils doutent, et greffent leurs propres idées sur sa proposition, s'engageant ainsi dans des procédures de vérification.

Tout ceci joue dans l'installation et le travail d'un conflit cognitif, qui en est vraiment un pour les élèves, et qui peut être schématisé comme suit (document 5) :

Document 5



4.3. Conditions d'une reconstruction alternative

Examinons le point auquel est arrivée la classe, dans la résolution de ce conflit dans cet exemple. On peut l'exprimer ainsi : *il y a de l'air dans le verre et cet air empêche l'eau de monter*. Cette solution est arrivée brusquement, sans effort de reconstruction, comme la seule alternative logique, possible à la représentation de départ. Elle s'est imposée comme allant de soi dès que la contradiction a été reconnue comme telle. Ce fait peut conduire à **douter de la solidité de la reconstruction** en question. On s'apercevra, en effet, lors d'une phase ultérieure où l'on demandera aux élèves d'imaginer des dispositifs physiques qui permettent à l'eau de monter dans le verre, que la plupart pensent à des trous pour faire entrer l'eau ... plutôt qu'à des trous pour faire sortir l'air ! C'est que si la présence d'air a été reconnue comme logiquement nécessaire dans une situation donnée, elle a été aussitôt oubliée, même pour une situation proche. L'étonnement qu'ils manifestent, lorsqu'ils sentent l'air sortir par des trous qu'ils ont percés au-dessus de la surface de l'eau, témoigne aussi du fait que, si l'obstacle a été fissuré par la résolution du conflit cognitif précédent, il est loin d'avoir été définitivement franchi. Il y a bien eu une phase de "saillance du conflit" suivie d'une résolution locale, mais le "travail social" du conflit reste encore insuffisant. La phase de tâtonnement pour faire entrer l'eau dans le verre, **avec la réactivation du conflit qu'elle occasionne**, contribue à poursuivre ce travail.

La reprise du travail de l'obstacle sur d'autres exemples reste nécessaire au franchissement et à l'utilisation confortable de la représentation nouvellement construite. En effet, il s'agit de donner à l'air un statut d'existence permanente, alors qu'au départ, celle-ci n'est qu'épisodique (à l'instar du schème piagétien de la permanence de l'objet pour les solides et liquides). Cette existence n'est d'ordinaire reconnue par les enfants que dans les situations où elle peut donner lieu à une expérience perceptive directe, en particulier celles où l'air est en mouvement (Cf. Séré et Tiberghien, 1989). Chaque nouvelle expérience entame en partie cette représentation lacunaire de l'air, mais avant que la représentation devienne aussi continue et présente à la conscience que celle des solides-liquides, il est nécessaire de multiplier les expériences et de manipuler mentalement cette idée à chaque occasion. C'est ce qui sera proposé par la suite aux élèves : peser de l'air, créer différentes situations où des mouvements d'air provoquent des effets communs à ceux qui sont déclenchés par le mouvement de solides et de liquides, récapituler les comparaisons, etc. Toute une suite d'activités est proposée pour consolider la construction amorcée par le conflit cognitif.

malgré une
solution locale

l'obstacle n'est
que fissuré

son
franchissement
suppose des
activités de
reconstruction
explicite

4.4. Utilisation du groupe et des relations entre élèves

conflit cognitif ou socio-cognitif ?

Dans les situations de classe effectivement mises en place, la première tendance est souvent de se cantonner à la recherche de situations expérimentales ou de manipulations mettant en question les idées supposées des élèves, mais en n'accordant à l'aspect social du conflit socio-cognitif qu'un rôle second. Ceci correspond peut-être, surtout dans l'enseignement secondaire, à l'intérêt plus marqué des enseignants envers les questions de contenu que pour la gestion pédagogique des situations, comme si les deux choses ne marchaient pas de pair.

on peut organiser des confrontations sociales...

Pour installer les conditions affectivo-émotionnelles d'un conflit cognitif, on peut en effet jouer sur une **organisation particulière des activités et des relations entre élèves** : il n'est pas nécessaire que tous fassent la même chose au même moment, on peut organiser leurs activités de façon complémentaire pour que de leur mise en relation surgisse le conflit ou puisse être construite une solution. On peut se référer pour cela à la façon dont procède Meirieu (1984), qui manipule la composition et recomposition des groupes, en fonction des opérations intellectuelles qu'il vise. On peut jouer sur l'alternance de groupes d'affinité pour les phases de réassurance et de groupes composés d'élèves développant des idées contrastées pour les phases de déstabilisation. On peut aussi emprunter et adapter certains **dispositifs techniques** mis en oeuvre en mathématiques (cf. Dufour-Janvier et Bednarz, *in* : Bednarz et Garnier, 1989). Par exemple :

par une coopération structurellement inscrite dans la tâche

- un élève est invité à emprunter ou à exposer à d'autres la procédure utilisée par l'un de ses camarades ;
- ou bien deux élèves sont invités à réaliser la même tâche à partir d'un matériel différent et à comparer leurs travaux ;
- ou bien encore un élève ayant commencé une tâche, un autre est invité à la poursuivre, etc.

Il s'agit là d'artifices grâce auxquels une complémentarité et une coopération peuvent apparaître structurellement nécessaires aux élèves (Peterfalvi, 1987). Ceux-ci introduisent des décalages porteurs de décentration, et donc potentiellement de conflit. On mise ici sur l'impact d'un enjeu, d'un ressort de la situation favorable à la résolution du conflit, même s'il ne peut pas être immédiatement résolu.

mais aussi saisir l'opportunité de ce qui survient dans la classe...

Mais à côté de ces éléments techniques "calculant" a priori la construction des dispositifs et la dynamique des groupes, il est souvent nécessaire de **saisir l'opportunité** de ce qui survient dans la classe, sur d'autres plans. Par exemple, en classe de cinquième, les élèves ont eu à proposer des "modèles" de la nutrition végétale et de la décomposition des feuilles, pour "expliquer à des élèves plus jeunes" les phénomènes qu'ils ont étudiés auparavant : ils ont travaillé les besoins des végétaux verts et ils s'interrogent sur le "réapprovisionnement" du sol en sels minéraux. L'enseignante

leur propose d'apporter du matériel, et à partir de "Legos", de boules de cotillon ou de pâte à modeler, ils proposent et exposent une diversité de modèles devant la classe. Il se trouve que certaines différences entre ces modèles d'élèves sont porteuses de problèmes conceptuels particulièrement intéressants :

- les uns placent des "morceaux" de lumière à l'intérieur de la "matière-plante", alors que d'autres en placent à l'extérieur ;
- certains matérialisent un contour de la feuille, comme une sorte de "sac" qui contiendrait les éléments nutritifs, alors que d'autres constituent uniquement la "matière-plante" d'éléments nutritifs ;
- certains utilisent des "Legos" solidaires, alors que d'autres utilisent des boules de cotillon qui s'éparpillent ...

L'apparition de telles différences n'était pas tout à fait prévisible, et c'est bien au moment même où elles s'expriment que l'enseignant peut avoir intérêt à saisir l'occasion pour organiser une activité de groupe qui mette en jeu les confrontations intéressantes. Mais comme dans le feu de l'action, il est souvent difficile de démêler les problèmes et de prendre immédiatement des décisions pertinentes, il peut "garder en réserve" les différences entre modèles, à condition que les choses aient été suffisamment explicitées avec les élèves, et que la reprise différée ait du sens pour eux.

pour organiser les
confrontations
intéressantes

4.5. Des dispositifs "souples-durs"

Le travail par objectifs-obstacles nécessite que l'on articule dans une même procédure didactique deux termes relativement contradictoires, mais qu'il faut pourtant tenir conjointement, en assurant leur tension constitutive :

- favoriser l'expression des idées des élèves, et les placer au centre du débat instauré : pour que les élèves acceptent les remises en question, il faut en effet qu'ils éprouvent que leurs idées sont "prises au sérieux" et qu'ils se rendent compte que le dispositif peut s'infléchir en fonction des propositions qu'ils font ;
- simultanément à ce pôle d'écoute et d'entrée dans la logique de pensée des élèves, il faut maintenir un cap conceptuel précis, afin que l'apprentissage s'effectue bien en rapport avec l'objectif-obstacle visé.

Dans ce sens, les dispositifs doivent comporter une dimension de souplesse adaptative (permettant à l'enrôlement et la dévolution de s'opérer de manière satisfaisante), combinée à une part de rigidité (évitant les dérives incontrôlées vers d'autres objectifs, ou un contournement de l'obstacle au lieu de son traitement effectif). Nous proposons d'appeler "**souples-durs**" de tels dispositifs articulant de telles caractéristiques et recherchant leur possibilité dans la gestion des activités scientifiques. Nous ne sous-estimons nul-

comment
concilier
souplesse
adaptative et
maintien du cap
conceptuel ?

lement l'exigence didactique de tels dispositifs souples-durs, et ceux qui ont pu être mis en oeuvre dans la recherche en cours se distinguent bien selon cette dimension. Certains avaient été pré-programmés dans le détail, chaque étape étant prévue et répondant à un objectif bien spécifié ; d'autres comportaient, dans leur conception, une plus grande marge d'improvisation (avec un trait d'union qui matérialise la dialectique entre visée et imprévu).

Pour le dispositif dans lequel s'insère la séquence du verre "vide" déjà analysée, la succession des étapes a été construite à mesure, chacune étant proposée en réponse aux idées exprimées par les élèves. Ceci a été facilité par le fait qu'il s'agissait d'un cycle long d'enseignement, avec un espacement suffisant entre séances pour permettre de réfléchir aux étapes suivantes. Il s'est avéré, dans cette situation, que les élèves se sont impliqués davantage dans le débat d'idées. A contrario, quand les idées qu'ils expriment n'ont pas d'incidence sur la succession des activités, ils se sentent moins engagés dans le débat, et perçoivent chaque activité d'une façon dissociée, contrairement au but recherché. Il en résulte une moindre chance de déstabilisation de l'obstacle.

Les dispositifs souples-durs peuvent se différencier suivant plusieurs modalités :

1. **un modèle "régulateur"** où l'enseignant, avec l'objectif-obstacle en tête et quelques éléments prévus de situations didactiques, lit la suite des propositions et d'idées des élèves et élabore chaque étape nouvelle en recombinaison les idées émises avec son projet conceptuel ;
2. **un modèle à "branchements"** où, pour chaque étape, plusieurs situations alternatives sont prévues, l'enseignant mettant en oeuvre celle qui correspond au mieux avec ce qu'auront exprimé les élèves ;
3. **un modèle à "interventions occasionnelles"** où l'objectif-obstacle est plutôt pris comme instrument de compréhension par l'enseignant de ce qu'expriment les élèves. Dans la suite des activités mises en oeuvre (et dont la logique n'est pas directement centrée sur l'obstacle à dépasser), il reste attentif aux moments où l'obstacle se manifeste, et il intervient ponctuellement, de façon collective ou individuelle. On est là, dans un cas limite de l'idée même de dispositif. Cette "stratégie" peut cependant être qualifiée de "souple-dure", car les outils centrés sur l'obstacle dont dispose l'enseignant lui permettent de tenir le cap de son projet conceptuel à travers des activités présentant un caractère de flexibilité.

D'autres modèles sont certainement possibles. Tous ces modèles ont en outre leurs avantages et leurs inconvénients, et il ne s'agit pas de choisir l'un d'entre eux de façon définitive. Le modèle régulateur, très performant pour les élèves, a l'inconvénient d'exiger un investissement énorme de la part de l'enseignant. De ce point de vue, le modèle à bran-

plusieurs
modalités sont
possibles

chements est moins lourd et plus facilement praticable, mais il n'est pas certain qu'il permette un investissement équivalent élèves. On y retrouve, d'une certaine manière, la logique behavioriste de l'enseignement programmé et de ses nouveaux avatars informatisés. Le troisième modèle est d'emploi plus souple, mais l'enseignant peut se trouver démuné et ne pas savoir comment intervenir à chaque occurrence nouvelle de l'obstacle. Il faudrait concevoir, pour ce type de stratégie, une gamme de "propositions-ressources" dans lesquelles puiser lorsque l'occasion s'en présente. Il pose surtout la nécessité d'une importante formation à l'écoute et à l'intervention, sur le mode par exemple de la méthode critique piagétienne ou des entretiens semi-directifs.

5. EN CONCLUSION : LA FAISABILITÉ DIDACTIQUE

Les situations d'enseignement centrées sur l'obstacle apparaissent très exigeantes. Leur élaboration demande de combiner de nombreux éléments, relevant de dimensions différentes : des connaissances sur les obstacles et les représentations des élèves, l'analyse des processus mentaux relatifs au changement, des techniques de gestion de la classe et des groupes, etc. Nous avons vu, par exemple, que ces situations doivent intégrer dialectiquement, deux à deux, des "ingrédients" que l'on a plutôt coutume d'envisager comme des alternatives :

- opposition par le conflit / coopération entre élèves,
- objectif conceptuel / ressort qui fait "fonctionner" la séance,
- déstabilisation / reconstruction intellectuelle.

Même si ces éléments préexistaient dans des outils didactiques appropriés, ce qui est loin d'être le cas aujourd'hui, leur mise en oeuvre exigerait, malgré tout, une capacité d'adaptation à la situation présente qui n'est pas très aisée, étant donnée la complexité de la démarche. Tout ceci peut nous amener à nous interroger sur le caractère réalisable en classe de propositions qui n'ont été testées que dans des conditions assez favorables, puisqu'elles ont été mises en oeuvre par des enseignants motivés, participant à une réflexion collective étayant leurs choix. La question reste ouverte de savoir si un fort investissement des élèves dans la tâche nécessite, symétriquement, un investissement aussi fort de la part de l'enseignant. De toutes façons, on perçoit bien l'importance d'une formation didactique comme professionnalisation des maîtres, thème en vogue aujourd'hui, mais dont ne sont souvent perçus que les aspects académiques de la maîtrise du savoir, agrémentés de quelques considérations sur le thème de la communication. On voit qu'on est loin du compte !

des situations
exigeantes

mais facilitantes
pour les autres
activités qui les
entourent

Pour répondre à cet enjeu important, on peut attirer l'attention sur le fait suivant. En raison même de son caractère d'exigence, ce type d'activité, orientée par le changement conceptuel et épistémique, n'est nécessairement qu'un **type parmi d'autres dans la succession des modes d'activités didactiques** de la classe. La situation est, certes, exigeante mais elle peut ne l'être que sur une durée relativement brève, et qui plus est, elle peut a contrario faciliter la tâche pour les autres moments. On peut même admettre que l'articulation de ce mode d'activité avec d'autres est une condition nécessaire de sa propre réussite. On a vu que l'intériorisation d'un nouveau paradigme passait par son réemploi dans des situations décalées de celles où il a été élaboré. Même des séquences didactiques aussi fermées qu'un cours "magistral" peuvent être, de ce point de vue, des occasions de mise à l'épreuve d'une nouvelle grille de compréhension, à condition qu'elles succèdent à d'autres modes d'apprentissage. Des situations, au contraire, très ouvertes (investigation individuelle en vue d'un mini-mémoire, activités à base de projet ...) peuvent parvenir aux mêmes fins, dès lors qu'elles sont, elles aussi, une occasion de **réemploi de l'objet** intellectuellement construit et de sa **conversion en outil** de pensée disponible. Mieux vaudrait, sans aucun doute, un jeu avec cette alternance de modes d'activités didactiques, que la permanence d'une classe dialoguée, même quand elle inclut des manipulations pratiques, qui ne fonctionne correctement ni sur le plan de la démarche scientifique, ni sur celui de la construction des connaissances (Astolfi, Peterfalvi et Vérin, 1991). On sait depuis longtemps à quel point la *flexibilité* pédagogique (Drévilion, 1980 ; Lautrey, 1980) peut l'emporter, pour le développement de la pensée opératoire des élèves, sur les vertus intrinsèques de telle ou telle méthode, procédure ou dispositif.

trouver le coût
didactique
optimum

Pour que la recherche didactique puisse, sur ce point, être source d'inspiration des pratiques enseignantes, il faut peut-être fournir aux maîtres quelques images facilement disponibles, sortes de prototypes mentaux de ce que pourrait être une organisation de la classe dans cette perspective constructiviste. On peut faire l'hypothèse qu'il est nécessaire pour les enseignants de **voir** ce qu'ils pourraient faire dans cet ordre d'idées. Fournir de tels prototypes assez simples pour remplir cette fonction est l'une des tâches de la recherche. Le problème est de trouver un coût didactique optimum : suffisant pour initier une dynamique de changement, sans être excessif pour n'être pas dissuasif.

Jean-Pierre ASTOLFI
Université de Rouen
Équipe de didactique des
sciences expérimentales,
INRP

Brigitte PETERFALVI
Équipe de didactique des
sciences expérimentales,
INRP

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSSON Björn (1990). "Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16)", *in* : *Studies in Science Education*, 18.
- ARSAC Gilbert, GERMAIN Gilles, MANTE Michel (1988). *Problème ouvert et situation-problème*. Villeurbanne : IREM de Lyon.
- ASTOLFI Jean-Pierre et al. (1985). *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. Paris : INRP.
- ASTOLFI Jean-Pierre, DROUIN Anne-Marie (1986). "Milieu" (analyse didactique du concept), *in* : "*Explorons l'écosystème*", *Aster*, 3. Paris : INRP.
- ASTOLFI Jean-Pierre, GINSBURGER Yvette, PETERFALVI Brigitte (1988). "Aspects de la schématisation en didactique des sciences", *in* : "*La communication par images*", *Bulletin de psychologie*, XLI, 386.
- ASTOLFI Jean-Pierre, DEVELAY Michel (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF, Coll. *Que sais-je ?*
- ASTOLFI Jean-Pierre, PETERFALVI Brigitte, VÉRIN Anne (dir.) (1991). *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales*. Paris : INRP.
- ASTOLFI Jean-Pierre (1991). "Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en sciences : l'exemple de la géologie à l'école élémentaire", *in* : *Aster*, 13. Paris : INRP.
- ASTOLFI Jean-Pierre (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF.
- BARTH Britt-Mari (1987). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris : Retz.
- BEDNARZ Nadine, GARNIER Catherine (dir.) (1989). *Construction des savoirs. Obstacles et conflits*. Ottawa : Cirade / Ed. Agence d'Arc Inc.
- BOUVIER Alain (1985). "Sur les styles pédagogiques", *in* : *Apprentissage et didactique*. Document 51. Villeurbanne : IREM de Lyon.
- BROUSSEAU Guy (1986). "Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques", *in* : *Recherches en didactique des mathématiques*, 7.2. Grenoble : La Pensée sauvage.
- BRUNER Jérôme S. (1983). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Paris : PUF.
- CANGUILHEM Georges (1974). Article "Vie", *in* : *Encyclopaedia Universalis*.
- CLÉMENT Pierre (1991). "Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion", *in* : "*Respirer, digérer : assimilent-ils*", *Aster*, 13. Paris : INRP.

CONSEIL NATIONAL DES PROGRAMMES (1991). "Déclaration sur l'enseignement des sciences expérimentales", *in* : *Bulletin officiel de l'éducation nationale*, 8, 20 février 1992. Paris : Ministère de l'Education nationale et de la Culture.

DE VECCHI Gérard, GIORDAN André (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?* Nice : Z'Editions.

DOISE Willem, MUGNY Gabriel (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : InterEditions.

DOUADY Régine (1986). "Jeux de cadres et dialectique outil-objet", *in* : *Recherches en didactique des mathématiques*, 7.2. Grenoble : La Pensée sauvage.

DRÉVILLON Jean (1980). *Pratiques éducatives et développement de la pensée opératoire*. Paris : PUF.

FILLON Pierre, MONCHAMP Alain et al. (à paraître). *Articulation Troisième-Secondaire*, Rapport de recherche INRP, volet Sciences physiques et biologiques.

GILLY Michel (1988). "Interactions entre pairs et constructions cognitives : des travaux expérimentaux de laboratoire au terrain pédagogique", *in* : "*Le fonctionnement de l'enfant à l'école*", (Actes du congrès international de Poitiers, juin 1987), *Journal européen de psychologie de l'éducation*, n° spécial. Lisbonne : ISPA.

GIORDAN André, DE VECCHI Gérard (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel, Paris : Delachaux et Niestlé.

GOHAU Gabriel (1983). "Idées anciennes sur la formation des montagnes", *in* : *Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : CNRS.

JACOB François (1970). *La logique du vivant*. Paris : Gallimard, NRF.

JOHSUA Samuel, DUPIN Jean-Jacques (1989). *Représentations et modélisations : le "débat" scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.

JONNAERT Philippe (1988). *Conflits de savoirs et didactique*. Bruxelles : De Boeck.

LAUTREY Jacques (1980). *Classe sociale, milieu familial, intelligence*. Paris : PUF.

MARTINAND Jean-Louis (1984). "La référence et le possible dans les activités scolaires", *in* : *Actes de l'Atelier international de Didactique de la physique (La Londe les Maures 1983)*. Paris : CNRS.

MARTINAND Jean-Louis (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

MÉHEUT Martine (1989). "Des représentations des élèves au concept de réaction chimique : premières étapes", *in* : *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716.

- MEIRIEU Philippe (1984). *Outils pour apprendre en groupe*. Lyon : Chronique sociale.
- MEIRIEU Philippe (1988). *Apprendre ... oui, mais comment ?* Paris : ESF. 3e éd., augmentée d'un guide méthodologique.
- PERRET-CLERMONT Anne-Nelly (1979). *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*. Berne : Peter Lang.
- PETERFALVI Brigitte, ADAMCZEWSKI Georges (1985). *Les possibilités d'entraide pédagogique entre élèves*. Paris : INRP.
- PETERFALVI Brigitte (1987). "L'entraide pédagogique entre élèves", *in* : *On n'apprend pas tout seul*, Actes du Colloque *Interactions sociales et construction des savoirs*. Paris : ESF.
- PETERFALVI Brigitte (1991). "Apprentissage de méthodes par la réflexion distanciée", *in* : "L'élève épistémologue", *Aster*, 12. Paris : INRP.
- PETERFALVI Brigitte (coord.) (1992). *Recherche ROOSA (Objectifs-obstacles et situations d'apprentissage autour du concept de transformation de matière)*, documents n°1 et n°2. Paris : INRP (documents internes).
- RIVIERE Angel (1990). *La psychologie de Vygotsky*. Liège : Pierre Mardaga.
- ROZIER Sylvie (1987). *Le raisonnement linéaire causal en thermodynamique classique élémentaire*. Thèse. Université Paris 7.
- SAUVAGEOT-SKIBINE Marie (1988). *Obstacles et conditions de possibilité à la construction du concept de respiration pulmonaire chez l'homme, en classe de 6ème*, Mémoire de DEA. Université Paris 7.
- SAUVAGEOT-SKIBINE Marie (1991). "La digestion au collège : transformation physique ou chimique ?", *in* : "Respirer, digérer : assimilent-ils", *Aster*, 13. Paris : INRP.
- SÉRÉ Marie-Geneviève (1985). *Analyse des conceptions de l'état gazeux qu'ont les enfants de 11 à 13 ans*. Thèse d'état. Université Paris 6.
- SÉRÉ Marie-Geneviève, TIBERGHEN Andrée (1989). "La formation des concepts décrivant les états de la matière au collège", *in* : *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716.
- VIENNOT Laurence (1979). *Raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris : Hermann.
- VYGOTSKI Lev S. (1985). *Pensée et langage*. Paris : Ed. sociales. (éd. originale, 1934).