

STRATÉGIES DE TRAVAIL DES OBSTACLES : DISPOSITIFS ET RESSORTS

Jean-Pierre Astolfi
Brigitte Peterfalvi

Les stratégies didactiques pour s'affronter aux obstacles s'avèrent diversifiées. Elles ne se limitent pas en tout cas à la mise en contradiction logique d'élèves affichant des points de vue différents, ni à l'élaboration d'une progression conçue comme un raisonnement "crucial". Nous rendons compte de divers essais didactiques effectués dans le cadre d'une recherche portant sur les transformations de la matière, dans l'enseignement de la biologie et celui de la chimie. Après avoir décrit quatre dispositifs choisis pour leurs contrastes et leurs logiques différentielles, nous en extrairons différentes dimensions d'analyse et systématiserons un certain nombre de "principes dynamiques" susceptibles de construire autant de ressorts positifs pour le travail des obstacles.

Les recherches concernant les obstacles épistémologiques en situation didactique sont héritières de celles portant sur les conceptions alternatives des élèves (Bednarz & Garnier, 1989 ; Giordan, Girault & Clément, 1994), moyennant un approfondissement de la perspective et un souci d'efficacité plus aigu quant à leur dépassement. L'approfondissement consiste à délaisser une conception descriptive et "cartographique" des représentations - préalable qui fut sans doute nécessaire -, basée sur l'inventaire des réponses fréquentes des élèves relatives à chaque concept scientifique, pour accéder à ce qui les explique et les stabilise en profondeur. Les obstacles peuvent ainsi être décrits comme des structures et modes de pensée résistants, qui souvent font système entre eux et qui s'instancient diversement dans chaque objet d'apprentissage scientifique. Quant à la perspective d'efficacité didactique supérieure, elle est liée à la focalisation intentionnelle et explicite de certaines séquences sur des obstacles définis, afin d'instaurer des conditions didactiques optimales pour s'en affranchir dès lors qu'on se fixe comme objectif leur dépassement (Martinand, 1986 ; Astolfi, 1992).

évolutions
et inflexions

Les travaux que nous avons développés ces dernières années, au sujet des obstacles à la compréhension des transformations de la matière et de leur travail didactique, ont conduit à un certain nombre d'évolutions et d'inflexions qu'il faut d'abord préciser. Par rapport à un article antérieur, déjà publié dans *Aster* (Astolfi & Peterfalvi, 1993), la problématique de notre équipe de recherche s'est précisée sur deux points importants. D'abord, de façon beaucoup

l'obstacle
comme délice

plus nette, la notion d'obstacle recouvre son acception bachelardienne initiale, en se présentant comme une facilité intellectuelle invisible à celui qui y est engagé, et contraste ainsi nettement avec l'idée d'une difficulté dans l'apprentissage. La difficulté, en effet, suppose que le sujet éprouve une contradiction, une résistance, voire une aporie, ce qui renvoie plutôt aux idées piagétiennes de *perturbation* et de *déséquilibre* dès lors qu'un conflit cognitif est manifeste (Piaget, 1975). Chez Bachelard tout au contraire, l'obstacle reste implicite et inconscient, de telle sorte que le sujet qui fonctionne mentalement avec lui y "baigne" plutôt avec confort sinon avec délice ! Rien ne résiste à l'obstacle, puisqu'au contraire tout l'accompagne. C'est ce qui a fait écrire à Michel Fabre, avec qui nous cheminons parallèlement sur ces thèmes, que l'inconscient bachelardien relève du principe de plaisir. Loin du caractère tragique de l'inconscient freudien, il relève plutôt du comique ! Le réveil nous trouve toujours un peu désappointés et vaguement penauds, tant les obstacles une fois dépassés s'avèrent dérisoires : "*la seule issue est dans l'ironie : se moquer de soi-même*" (Fabre, 1995). Dépasser un obstacle n'est pas surmonter une difficulté mais renoncer coûteusement à un fonctionnement (trop) bien installé, avec ce qu'il entraîne de satisfaction pour le sujet qui ne demande qu'à le conserver. D'où l'idée bachelardienne d'ascèse et de catharsis, avec la violence symbolique que cela suppose, pour un bénéfice tout d'abord incertain.

on rit jaune !

La deuxième évolution de la problématique de recherche tire la conséquence de cette analyse en prenant en compte l'idée que les obstacles ainsi compris ne sont et ne seront jamais abolis. Par définition, on y succombe, on y revient, on s'y complait. L'obstacle est une rengaine. Dans le meilleur des cas, on parvient à en cantonner le jeu dans l'analogie et l'usage métaphorique, ce qui permet d'articuler notre incapacité à nous en défaire totalement avec les exigences reconnues d'une pensée scientifique. Le terme d'un travail d'obstacle – si terme il peut y avoir – ne peut donc être son franchissement, puisqu'il n'est jamais, à coup sûr, dépassé. Ce qu'on peut alors raisonnablement viser, c'est de développer l'alerte à son sujet afin de reconnaître lucidement son jeu (même quand ce n'est qu'*a posteriori*), de mieux en identifier les occurrences périodiques, avec un sourire... même un peu jaune ! Il en résulte que le schéma proposé dans l'article déjà cité (p. 119) a dû être repris (Peterfalvi, 1997), notamment pour substituer à la succession :

Repérage → **Fissuration** → **Reconstruction** → **Automatisation**
une échelle du type :
Déstabilisation → **(Re)construction alternative** → **Identification par l'apprenant**

laquelle ne fournit pas nécessairement les étapes d'une progression et dont nous illustrerons plus loin diverses variantes.

au-delà
de la capitulation
conceptuelle

Surtout, cela nous a conduits à privilégier la recherche de dispositifs didactiques évitant de se fonder sur la seule réfutation rationnelle des idées des élèves, même si cette composante logique ne doit pas être négligée. Il s'agit de prendre la mesure de l'insertion de la dimension de raisonnement au sein d'un ensemble argumentatif, persuasif et appropriatif beaucoup plus large. Une idée trop fréquente chez les enseignants, c'est en effet qu'il devrait suffire de sélectionner et de présenter des contre-exemples dirimants pour que les élèves doivent se rendre à leur évidence. À défaut de cette "capitulation conceptuelle", ceux-ci sont vite taxés de carence logique quand ce n'est pas de déficience intellectuelle, alors que la résistance, passive ou active, peut simplement traduire la difficile reconnaissance de l'obstacle avec lequel ils fonctionnent mentalement, et pointer le coût d'une "pensabilité alternative" des choses. Bref, on confond raisonner et penser, comprendre et adhérer. Cela rejoint d'ailleurs les positions épistémologiques contemporaines, insistant sur le caractère illusoire et rétrospectif des expériences dites "*cruciales*" en sciences expérimentales (Raichvarg, 1997).

1. STRATÉGIES DIDACTIQUES POUR TRAVAILLER LES OBSTACLES

1.1. Les principes retenus

un point de vue
interséquentiel

Selon le cadre qui vient d'être rappelé, les équipes d'enseignants associés à cette recherche ont mis au point et expérimenté un certain nombre de situations et dispositifs didactiques, dont nous recherchions *a priori* la divergence afin d'explorer les possibles. Un certain nombre de ces dispositifs font d'ailleurs l'objet de contributions spécifiques, dans ce numéro d'*Aster* et dans le précédent. Dans le présent article, nous adopterons un point de vue différent, qu'on peut qualifier d'"interséquentiel", destiné à analyser de manière plus comparative et contrastive les logiques qui y sont mises en œuvre. Nous rappellerons d'abord les principes qui ont guidé l'ensemble de la recherche, sachant qu'ils s'avèrent diversement respectés et traduits selon les dispositifs que nous présentons ci-dessous.

l'obstacle
au cœur

• ***S'assurer que c'est bien le traitement de l'obstacle qui guide la logique du dispositif, ou qui au moins y occupe la place centrale.*** Cela peut paraître évident puisque c'est l'objectif annoncé et partagé de la recherche, mais ne l'est pas toujours, et cela pour deux raisons. La première est qu'il est fréquent que d'une "logique de l'obstacle" on glisse insensiblement vers une logique différente, tant la forme scolaire dominante est prégnante et l'habitude de tout combiner ancrée (Astolfi, 1991). La seconde est que cette situation peut être involontairement renforcée par le fait que les

obstacles se constituant fréquemment en réseau, cela complique la focalisation didactique sur eux et peut en définitive conduire à les reléguer au second plan.

- **Favoriser l'investissement réel des élèves dans les tâches proposées**, en évitant qu'ils fonctionnent intellectuellement *a minima*, soit parce qu'ils se cantonnent à une "logique du faire" sans véritable mobilisation cognitive, soit parce que l'emporte chez eux le "métier d'élève" avec son jeu de décodage des attentes magistrales (Perrenoud, 1994). Sans investissement suffisant, il semble en effet difficile de faire bouger les obstacles, qui justement résistent. On peut jouer sur des "ressorts" variés sur lesquels nous reviendrons, tels que la recherche d'engagement personnel dans un "débat scientifique" (Johsua & Dupin, 1989), la sécurisation nécessaire pour qu'ils s'autorisent l'expression de leurs propres idées, la prise au sérieux pour la conduite de la séquence des idées qu'ils émettent, etc. En d'autres termes, il s'agit de chercher des entrées favorisant la dévolution, le pilotage effectif de la tâche par la classe.

l'identification
a posteriori
par les élèves

- **Accorder une place plus importante à l'identification a posteriori de l'obstacle** par les élèves, c'est-à-dire faire en sorte qu'ils puissent le reconnaître comme tel dans ses occurrences ultérieures et en surveiller les nouvelles manifestations (*cf. supra*). Il s'agit là d'une sorte d'équivalent de la métacognition sur le plan du travail des obstacles (Peterfalvi, 1997).

- **Être sensible à la "faisabilité" didactique des dispositifs proposés dans les conditions didactiques normales.** Certains dispositifs peuvent être intrinsèquement intéressants mais nécessiter une durée et un approfondissement tels que cela en interdira de fait la reprise hors du cadre de recherche, et posera peut-être même des problèmes à l'intérieur de ce cadre.

1.2. Quelques dispositifs contrastés

- **"Nourriture gazeuse et chair de tomate"**

- a) **Descriptif de la séquence** (classe de Sixième)

Sur un même schéma didactique général, plusieurs séquences ont pu être expérimentées avec des variantes sensibles (Sauvageot, ce numéro). Nous n'esquisserons ici qu'une version "moyenne" inévitablement réductrice. Toutes les études montrant que les élèves de Sixième ne pensent majoritairement la nutrition de la plante qu'en termes d'éléments puisés dans le sol et que le CO₂ est, lui, perçu comme un gaz respiratoire rejeté et nocif, la séquence se propose de les faire évoluer sur ces questions.

le sol ou le CO₂

Les idées des élèves et leur déstabilisation

L'outil d'expression des représentations est un dessin non légendé d'un pied feuillé de tomate, portant des fruits et

renforcement
transitoire

enraciné dans le sol (voir p. 112). Ce dessin permet aux élèves de préciser, à l'aide de flèches et légendes, comment selon eux se nourrit la plante. Les élèves proposent des expériences pour appuyer leurs idées, puis est établi le caractère nutritif de l'eau et des sels minéraux, justement perçus par les élèves comme les aliments de la plante. Le parti est ainsi pris de "renforcer" transitoirement leurs représentations dans ce qu'elles ont de pertinent, mais aussi avec l'espoir de pouvoir ainsi mieux les déstabiliser.

La preuve par l'INRA

Van Helmont
et les cultures
hors sol

Vient alors une double déstabilisation, produite d'abord par l'évocation de l'expérience de Van Helmont (1) (la masse de la plante augmente sans que celle de la terre diminue), puis par l'analyse des données agronomiques fournies par l'INRA. Il s'agit de résultats de cultures hors-sol de tomates montrant une augmentation de taille et de rendement, ainsi qu'une meilleure précocité des fruits, lorsqu'on élève la teneur de l'air des serres en CO_2 :

- la culture est effectuée hors-sol ;
- elle illustre un "vrai problème": celui des professionnels qui cherchent à obtenir et à mettre sur le marché de grosses tomates hors saison, même en hiver ;
- les résultats sont légitimés par le caractère scientifique des publications de l'INRA.

Le CO_2 nutritif

de la matière
gazeuse ?

Établir que l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO_2 peut être corrélée à une augmentation de la masse des tomates récoltées joue sur les caractéristiques que les élèves attribuent spontanément à la matière, et développe la probabilité qu'ils considèrent dès lors le CO_2 comme pouvant être de la matière, au même titre que solides et liquides. Le CO_2 peut alors être "étiqueté" comme nutritif, puisqu'il produit une augmentation de matière. Ses attributs "matériels" sont alors précisés (caractère pesant, constitué de particules...). La "matière tomate" (chair, pépins, jus) peut être mise en relation avec les éléments eau, sels minéraux, CO_2 : il peut être établi que l'une est formée à partir des autres.

b) Les obstacles en jeu

Les obstacles en jeu dans cette séquence forment un réseau complexe et cohérent, pouvant s'exprimer de la façon suivante :

- l'alimentation consiste en une ingestion de matière,

(1) Il est clair que l'usage qui est ici fait de l'expérience de Van Helmont s'éloigne considérablement des problèmes que celui-ci étudiait, lesquels ne concernaient que très indirectement la nutrition des plantes vertes. Ce n'est donc pas dans une perspective d'utilisation didactique de l'histoire des sciences qu'il faut comprendre cette séquence, mais bien dans l'appui sur les résultats "surprenants" d'une expérience effectuée dans le passé de la biologie.

le CO₂
comme déchet

- la matière est envisagée comme de nature solide ou liquide, mais certainement pas gazeuse,
- les gaz interviennent dans les échanges respiratoires mais n'ont pas de fonction nutritive,
- le CO₂ est un "déchet" de la respiration, plutôt toxique.

Bref, c'est tout l'ensemble du nœud d'obstacles concernant le vivant, développé dans l'article précédemment cité, qui se trouve engagé dans la compréhension difficile de la nutrition des plantes vertes (Astolfi & Peterfalvi, 1993 : 108-111).

c) La stratégie didactique

raisonnement
interactif guidé

La stratégie choisie peut être qualifiée de raisonnement guidé interactif. En effet les étapes de la séquence se succèdent comme celles d'un raisonnement logique, les élèves devant être convaincus par le caractère décisif des arguments. Chaque étape est prévue à l'avance (raisonnement guidé) et des modalités de travail privilégient les interactions (confrontations entre élèves et avec les documents proposés). Les échanges, organisés selon des structures et modalités variées (groupe-classe, petites équipes dans des tâches d'inventions d'expériences, de modélisation, etc.) sont systématiquement organisés sur la base de productions personnelles et systématiquement repris individuellement. Tout cela vise à impliquer personnellement les élèves, mais dans le fil d'un schéma préconstruit.

le conflit socio-
cognitif espéré

Le dispositif a pour cœur la recherche d'un conflit socio-cognitif, dans la mesure où celui-ci permet de contredire de façon non dogmatique les conceptions premières des élèves. Il peut être schématisé de la façon suivante :

- faire émerger les représentations des élèves ;
- les mettre à l'épreuve en leur demandant d'imaginer des expériences ;
- les déstabiliser en provoquant des conflits socio-cognitifs en situation de résolution de problème ;
- élaborer une représentation alternative scientifiquement plus satisfaisante ;
- enfin, faire identifier l'obstacle par les élèves, grâce à une comparaison entre réponses initiales et réponses finales.

• "Lavoisier, Van Helmont, Berthelot"

a) Descriptif de la séquence (classe de Seconde)

l'obstacle
en fin d'année

Ce second dispositif est relativement bref (deux séances), et se situe en fin de Seconde. La séquence se propose d'amener les élèves à identifier un obstacle en tant que tel, à travers des activités de repérage d'erreurs dans différents textes, notamment des textes historiques. Il faut noter le caractère *a posteriori* de cette identification, après que les concepts visés aient été employés au long de l'année.

Corriger Lavoisier !

Les élèves sont d'abord invités individuellement à repérer des erreurs, dans une série de formulations, fournies par

corriger la copie
de Lavoisier

une autre classe, où l'obstacle se manifeste plus ou moins nettement. Puis, il leur est proposé un texte de Lavoisier, dans lequel corps simple et élément ne sont pas distingués d'une façon stable, où des termes différents selon les situations sont employés comme équivalent du concept actuel d'élément. Les élèves sont invités à "*corriger la copie de Lavoisier*" en fonction des connaissances actuelles en chimie qu'ils possèdent, et à retraduire son texte selon le vocabulaire actuel. On attire leur attention sur le fait que certains termes comme *oxygène* présentent une ambiguïté entre la désignation du corps simple *dioxygène* et l'*élément oxygène*. En tant que "bons correcteurs", on leur demande d'éviter ces expressions et d'employer les expressions non ambiguës.

Deux textes différents, l'un de Van Helmont, l'autre de Berthelot, sont ensuite proposés à deux moitiés de la classe. Par deux, les élèves sont invités à repérer les décalages et les ambiguïtés dans les expressions des auteurs, en regard de l'interprétation actuelle des phénomènes décrits, tant au niveau phénoménologique (référence au corps simple) qu'au niveau modélisé (référence à l'élément).

"L'effet miroir"

dédramatiser
ses erreurs

Une dernière phase de travail a pour but, par "effet de miroir", de faire prendre conscience aux élèves que les obstacles à caractère historique rejoignent – en partie – ceux qu'ils rencontrent eux-mêmes. Ils sont alors individuellement invités à reprendre les formulations d'élèves qu'ils avaient "corrigées" au départ et à revoir leurs corrections une fois l'obstacle ciblé. C'est là une façon de renforcer la dédramatisation de leurs propres erreurs (à travers des erreurs proches commises par d'autres élèves) et d'amorcer une identification par classes d'erreurs plutôt que par erreur unique.

b) Les obstacles en jeu

le "modèle
Velcro"

Il s'agit de travailler l'obstacle, central en chimie, qui fait confondre corps simple et élément, obstacle associé à ce qu'on a pu appeler le "*modèle Velcro*" de la réaction chimique. Par allusion à un mode d'accrochage entre particules, il peut s'énoncer comme suit dans le registre du modèle particulière :

Les molécules des corps simples dont l'assemblage constitue les molécules des produits initiaux d'une réaction, se séparent les unes des autres au cours de cette réaction. Elles se juxtaposent autrement pour former les molécules des produits finaux.

Ou bien, dans un registre plus phénoménologique :

La réaction chimique est une séparation de corps composés en corps simples et un réassemblage de ces corps simples en corps composés nouveaux (les corps composés étant considérés comme composés de corps simples).

Ce type de conception suppose que les particules "élémentaires" sont de même nature que les corps connus sous leur aspect phénoménologique : l'élément et le corps simple alors sont confondus. Ceci manifeste une difficulté à distinguer le plan du modèle et celui du phénomène, et une tendance à survaloriser les conservations de ce qu'on connaît sur le plan du sensible (les corps simples).

Le travail des textes historiques permet de faire repérer aux élèves des degrés dans la confusion :

- chez Van Helmont, les corps composés se conservent comme tels dans la combustion ;
- chez Lavoisier, corps simple et élément, à travers une fluctuation du vocabulaire, sont parfois indistincts ;
- chez Berthelot le langage employé ne permet pas de distinguer le niveau manipulatoire (référence au corps simple, corps qu'on met en présence pour provoquer la réaction) et le niveau interprétatif (référence à l'élément, à ce qui constitue un corps composé déjà formé).

c) La stratégie didactique

Les caractéristiques de ce second dispositif sont les suivantes.

- L'obstacle est travaillé par la recherche de dissonances entre textes historiques et connaissances actuelles. L'obstacle étant indiqué par l'enseignant, les élèves n'ont pas à le formuler eux-mêmes, mais à en retrouver les manifestations dans les textes qui leur sont soumis.
- Le travail de l'obstacle passe par une reprise conceptuelle *a posteriori* et vise l'identification d'obstacles qui ont d'abord été "vécus" en cours d'année.
- Placer les élèves en position de correcteur de savants relève d'une utilisation ludique de l'histoire des sciences, dans le but de dédramatiser les erreurs, faire les mêmes que Lavoisier étant plutôt flatteur !
- On vise à une prise de conscience que les erreurs et approximations font partie intégrante de tout apprentissage, grâce à l'"*effet miroir*" entre erreurs historiques et erreurs scolaires.

• "L'air à l'école primaire"

a) Descriptif de la séquence (niveau CM2)

L'activité commence comme une intrigue puisqu'on demande aux élèves d'apporter en classe des gaz... ou tout au moins les moyens d'en obtenir. Ils viennent avec de nombreux objets et idées, mais évidemment, il ne s'agit jamais d'air ! Après cette introduction, il leur est proposé une succession d'activités sans qu'ils perçoivent nécessairement d'emblée les liens didactiques qu'elles entretiennent. Ces diverses activités sont présentées sommairement ci-après (Plé, 1997).

histoire
des sciences
et didactique

apporter de l'air
en classe !

L'eau monte-t-elle dans un verre vide ?

On renverse sur un récipient rempli d'eau, en le tenant bien verticalement, un verre au fond duquel on a collé un sucre. Il est demandé aux élèves de prévoir ce qui va se passer : l'eau va-t-elle monter jusqu'en haut du verre et dissoudre le sucre ? La réalisation de la manipulation entraîne des discussions et des désaccords : certains élèves déclarent voir monter l'eau jusqu'en haut, d'autres reconnaissent que le sucre n'est pas mouillé mais contestent la conclusion selon laquelle l'eau ne serait pas montée : "*Peut-être que l'eau monte à ras du sucre sans le mouiller.*"

montrer sans mouiller

Et pourtant, elle ne monte pas

Les élèves sont alors mis au défi de trouver eux-mêmes des expériences probantes, en rendant mieux perceptible ce qui l'était mal dans la première. Plusieurs essais sont réalisés, avec de l'eau colorée, un bouchon flottant, un chiffon occupant l'espace intérieur du verre... À la surprise des élèves, tous vont à l'encontre de leurs prévisions.

Faire monter l'eau... quand même

On leur demande alors de trouver moyen, par groupes, de faire entrer l'eau dans le verre. Une des propositions, consistant à percer un trou dans la partie émergée du verre, déclenche une vive réaction : "*Ça ne marchera pas, l'eau ne pourra pas entrer par là.*" Ils sont prêts à percer des trous pour faire entrer l'eau... mais pas pour laisser sortir l'air ! Il leur faut, pour admettre cela, se pencher sur le gobelet et sentir physiquement l'air avec leur joue.

Le "canon à patate"

On présente alors un tube transparent, fermé aux deux bouts par un bouchon de pomme de terre et ils doivent anticiper par écrit ce qui va se passer quand on exercera une poussée sur l'un des deux bouchons. Les prévisions sont très partagées. La propulsion des bouchons réjouit évidemment la classe, mais certains "canons" ne fonctionnent pas et les élèves sont invités à trouver la panne : "*il y a des fuites dans le bouchon, ou un trou dans le tube.*" Ces interprétations sont récusées par une élève qui s'étonne que l'air sorte du tube pour aller vers la classe, et non l'inverse.

prévisions partagées

L'air pèse !

À la question maintenant posée : "*Est-ce que l'air pèse ?*", seuls deux élèves répondent affirmativement. La vérification expérimentale ne sera pas contestée mais créera une grande surprise : "*Mais alors, on en a lourd sur les épaules.*", "*C'est bizarre qu'on ne le sente pas quand on bouge.*", ou encore plus fondamentalement : "*Oui, mais l'air c'est quoi ?*". Ce sera le moment choisi pour introduire l'idée que l'air est de la matière et pour restructurer tous les acquis en dépassant l'anecdotique et l'émotionnel des expériences précédentes.

l'air c'est quoi ?

b) Les obstacles en jeu

Cet ensemble d'activités, échelonnées sur plusieurs séances, tourne évidemment autour de l'obstacle qui nous empêche de considérer facilement l'air comme étant de la matière. Un autre obstacle, différent même s'il lui est souvent lié (évoqué au début de la séquence mais rapidement négligé), consiste à ne pas considérer l'air comme étant un gaz. Les gaz, en effet, ne sont pas nécessairement eux non plus considérés comme de la matière, mais au moins sont-ils "quelque chose" – souvent vu comme dangereux ou "chimique" –, alors que l'air est lui synonyme de vide. Il n'est "rien"... surtout quand il n'est pas en mouvement. L'origine de cet obstacle résulte du caractère aperceptif de l'air et des gaz, ce qui conduit régulièrement à les oublier quand on cherche à comprendre et à interpréter divers phénomènes. C'est un obstacle très résistant, lié à la pensée enfantine comme l'a montré Piaget, mais qui la déborde largement puisque l'histoire des sciences en montre maintes occurrences chez les savants, la plus célèbre étant sans doute l'expérience de J.-B. Van Helmont, déjà analysée dans *Aster* (Campestrini, 1992).

rien,
quelque chose

Les phases successives de cette séquence montrent qu'il ne suffit pas de prendre conscience de l'existence de l'air, même quand on en a senti les effets sensibles contre sa joue, pour en saisir les caractéristiques et en comprendre la nature. Les élèves butent sur chaque conséquence nouvelle, telle que sa capacité à pousser de la matière solide ("canon à patate") et, *a fortiori*, son caractère pesant. Leurs dernières interrogations dubitatives à ce sujet montrent d'ailleurs que, jusqu'au terme, l'obstacle reste obstacle ! Le dépasser vraiment supposera un très grand nombre de réorganisations cognitives qui ne sont pas encore terminées au collège (Séré, 1982).

caractère pesant

c) La stratégie didactique

Ici, un obstacle pilote donc directement les activités, la stratégie consistant à multiplier les angles pour mieux l'attaquer et s'employant à développer des conflits socio-cognitifs. Pourtant, on ne recherche pas de situations "cruciales" visant l'extraction quasi-chirurgicale de l'obstacle. Chaque fois, on produit plutôt une déstabilisation qu'on sait partielle et provisoire, et le questionnement se déplace. Toutes les activités ne jouent d'ailleurs pas sur le même plan. Avec le "canon à patate" et, plus tard, les "moulinets", sont identifiés des attributs de l'air déjà admis pour les exemplaires plus paradigmatiques de matière (solides et liquides). Mais on ne commence pas par là puisque l'expérience du "verre vide" joue d'abord sur le plan de la figurabilité, en fournissant des images fortes de l'air capable de s'opposer à l'eau. Quant à la pesée de l'air, elle fournit un argument d'ordre logique, mais qui est introduit après une sérieuse déstabilisation obtenue par d'autres moyens. Au total, la séquence

images fortes

joue sur des images fortes et paradoxales, qui donnent du sens aux raisonnements, et introduisent une dimension ludique et même jubilatoire.

preuve
ou dévolution

Dès la première activité, en mettant les élèves au défi de corroborer leur idée par une "preuve" expérimentale, commence le processus de dévolution, par lequel le problème qui était celui du maître devient l'affaire de la classe. Le rôle de l'enseignant demeure fondamental, notamment parce qu'il pousse souvent la classe à l'erreur, mais celui-ci sait qu'aucune construction intellectuelle ne vaut si elle n'est pas véritablement celle des élèves.

• **"Croissance végétale, molécules, atomes..."**

a) Descriptif de la séquence (classe de Seconde)

interdisciplinarité

Il s'agit du premier essai d'une séquence de biologie, conçue en interdisciplinarité avec la physique-chimie (voir Monchamp, ce numéro). Le professeur demande de rédiger régulièrement de façon individuelle, annonçant aux élèves qu'ils ne seront jamais jugés car le but du travail est de comprendre leurs erreurs et difficultés.

Problème principal et problèmes dérivés

Il est d'abord demandé aux élèves d'écrire individuellement, sur une feuille qui sera ramassée en fin de séance, comment ils se représentent la croissance d'une plante. La consigne est de ne pas communiquer pour le moment avec les voisins, parce qu'on le fera après. Une chaîne de trois problèmes est ensuite posée, autour de la fiction de l'aménagement d'une capsule spatiale.

Problème (a) : Dans une enceinte close transparente on met une plante avec les éléments dont elle a besoin pour vivre (eau, engrais, air). On constate que la croissance cesse.

Problème (b) : Dans la même enceinte, on place un cosmonaute, avec de l'air et des aliments. Hélas, il meurt !

Problème (c) : Dans la même enceinte encore, on place cette fois une plante et le cosmonaute. On constate maintenant que le cosmonaute survit et aussi que la plante continue maintenant de croître.

la survie
du cosmonaute

Les élèves sont invités à traiter successivement ces problèmes (le troisième intégrant les données des deux premiers) et à proposer pour chaque cas une explication écrite individuelle. Suivent des situations diverses où les élèves, alternativement, tentent de se mettre d'accord par l'échange en petits groupes, réécrivent personnellement leurs conclusions en modifiant si nécessaire leurs idées précédentes, mettent en commun les points de vue sous la conduite du professeur avec utilisation du tableau. La discussion porte notamment sur le fait de savoir si l'asphyxie du cosmonaute est due au CO_2 ou au manque d' O_2 . Une dernière consigne conduit à revenir au problème principal et à la première

écriture individuelle concernant la croissance de la plante, afin d'en modifier la formulation à la suite de ces phases intermédiaires.

De la biologie à la physique-chimie

retour à la chimie

Un rappel est d'abord fait, en situation dialoguée, des notions travaillées en physique-chimie sur les atomes et les molécules, molécules qui peuvent être très complexes dans le vivant. La question est posée de savoir si ces notions peuvent constituer un élément de compréhension de la croissance. Comme précédemment, une mise en commun permet l'expression du résultat des discussions, groupe après groupe. On distribue alors un document à chaque élève, représentant un modèle de molécule de cellulose (formule plane). Invités à observer et décrire cette formule, les élèves repèrent l'existence d'oxygène, d'hydrogène et de carbone, ainsi que l'existence d'un motif hexagonal régulier. La consigne consiste à rechercher quels liens peuvent exister entre la discussion sur les problèmes "plante/cosmonaute" et la structure de la cellulose. Un élève ayant proposé que les atomes de CO_2 de l'air puissent venir se mettre sur cette chaîne et l'agrandir, le professeur demande si c'est possible "étant donné vos connaissances en chimie".

CO_2 et cellulose

le schéma de Lewis

La classe ne sachant comment répondre, il propose d'appliquer le "schéma de Lewis" à la molécule de CO_2 . C'est le déclic pour plusieurs, qui s'exclament alors par un "Ah oui !", et se replongent dans leur cours de chimie antérieur. Ils évoquent les nombres d'électrons des éléments O et C et celui des couches externes, le tableau de Mendeleïev, etc. L'enseignant inscrit au tableau, en la faisant évoluer à mesure de la discussion, la formule de CO_2 avec les liaisons covalentes, puis une partie de la formule de cellulose. Il demande aux élèves d'y retrouver le carbone et les deux oxygènes d'un CO_2 , avec le nombre voulu de liaisons covalentes. Vérification est faite point par point sur la séquence de la formule de cellulose inscrite au tableau. Après une phase dialoguée où il est question de ruptures de liaisons et de réarrangements pour qu'une molécule de CO_2 puisse donner de la cellulose, vient une nouvelle consigne d'écriture individuelle autour de la question : "Comment concevoir que le dioxyde de carbone puisse être associé à une molécule de cellulose ?".

b) Les obstacles en jeu

Comme dans la première séquence, l'un des obstacles est celui du rapport qu'entretiennent les gaz absorbés et émis par les êtres vivants avec leur nutrition. Il est aussi proche de celui de la précédente séquence conduite à l'école primaire, concernant la prise en compte des gaz. Évidemment, c'est ici de façon beaucoup plus raffinée qu'au CM, puisqu'il

obstacle vitaliste

ne s'agit plus d'un "oubli" dû à leur caractère aperceptif, mais de la difficulté à les considérer comme un aliment possible. D'autant que s'y conjugue un obstacle vitaliste (selon lequel la matière du vivant serait d'une nature distincte de celle du non-vivant), obstacle renforcé par le cloisonnement habituel des disciplines.

Il s'agit plus précisément de rendre pensable par les élèves le fait que le CO_2 soit la source de carbone des plantes vertes, et que cela est possible parce que, lors de la photosynthèse, sa molécule peut s'intégrer à la chaîne carbonée des molécules du végétal (cellulose).

c) La stratégie didactique

interactions changeantes

L'activité démarre, comme à l'école primaire, par des problèmes d'allure ludique (la plante et le cosmonaute), mais les ressorts sont très différents. Il s'agit en effet, non plus d'essais à réaliser et de manipulations à réussir, mais de simples "jeux logiques" testant les capacités déductives des élèves placés dans des interactions changeantes (écriture individuelle, travail par groupe, synthèse collective).

Un autre ressort, absent des dispositifs précédents, est celui de l'interdisciplinarité puisque, partant de la biologie, on en vient à manipuler les connaissances antérieures de chimie organique pour les remettre en chantier dans un contexte nouveau. Cette interdisciplinarité paraît remplir deux fonctions principales.

rendre pensable la nutrition carbonée

- La première, c'est de rendre opératoires des savoirs chimiques qui ont d'abord été appris pour eux-mêmes, dans une autre discipline. On le voit quand il est fait référence au modèle de Lewis et que les élèves, un peu surpris, lâchent un "Ah oui" et se replongent dans leur cours de chimie.

- La seconde, c'est de permettre aux savoirs chimiques de rendre pensable la nutrition carbonée des plantes vertes, toujours un peu "magique", et pas seulement pour les élèves... Comment diable en effet le CO_2 peut-il participer à la croissance de la plante ? Le passage du macroscopique au microscopique, et surtout la "bonne forme" que constitue la formule développée de la cellulose, permettent d'y "lire" l'insertion possible d'une molécule de CO_2 . La pensabilité s'appuie ici sur la figurabilité.

• Comparaison et extension

a) Comparaison synoptique des stratégies décrites

Comme le lecteur l'aura compris, les exemples de séquences décrits ci-dessus ne constituent en aucune façon des "modèles" que la recherche aurait validés et qui seraient ici présentés comme des solutions didactiques au travail des obstacles. Ils constituent plutôt quelques exemples contrastés de ce que les enseignants associés à la recherche ont su imaginer, mettre en œuvre, analyser et discuter collectivement. Ce sont donc des résultats qui se situent principale-

la détermination
du possible

ment du côté de la détermination du "possible", et qu'il faut donc comprendre dans un paradigme à la fois praxéologique et herméneutique (Astolfi, 1993). Ils doivent aussi s'analyser en termes de formation des maîtres (*cf.* tableau).

b) Diversité des dimensions d'analyse

Les réalisations obtenues dans le cadre de la recherche sont en réalité bien plus diversifiées qu'il n'a pu être montré à travers les exemples qui précèdent et l'on peut, pour terminer ce point, lister leur multidimensionnalité.

Obstacle ciblé ou réseau d'obstacle

Certaines séquences se focalisent sur une seule idée-obstacle, quand c'est l'ensemble d'un nœud d'obstacles que d'autres tentent de travailler. Des solutions intermédiaires sont possibles, plutôt orientées vers un obstacle, mais sensibles à la prise en compte, même discrète, du réseau d'idées associées.

Longueur des séquences

Recoupant partiellement les distinctions précédentes, on peut distinguer des séquences courtes, orientées vers un obstacle défini qu'elles cherchent à faire évoluer à court terme (même sans mésestimer leur retour possible) et des séquences longues, voire de véritables "séries", au long desquelles le travail des obstacles sert de repère et de point d'appui aux interventions de l'enseignant. Certains essais ont aussi consisté à repérer le retour des mêmes obstacles, en nombre limité, à travers la succession des chapitres d'un programme.

Dédramatiser l'erreur, et même... l'espérer

Travailler les obstacles suppose un changement dans le climat de la classe et le contrat didactique. Doit en effet pouvoir affleurer, sans trop de risque, ce qui d'ordinaire reste masqué grâce aux ressources du "métier de l'élève", faute de quoi on risque de ne pas les y reprendre. Plusieurs modalités ont été développées pour suspendre l'évaluation, pour faire volontairement "échouer" les élèves afin de renforcer leur vigilance ultérieure.

Aussi pour les transformer en "correcteurs de savants" – avec la valorisation ressentie – en réécrivant par exemple un texte de Lavoisier, chez qui l'usage des termes de molécule, d'atome ou d'élément n'est pas stabilisé comme aujourd'hui.

Diversifier l'ordre des phases du travail d'obstacles

Si la succession logique paraît pouvoir se décliner en : *déstabilisation des idées initiales, construction d'une alternative, repérage de ce qui fait obstacle, prise de conscience et identification*, rien ne dit qu'il s'agisse là d'une progressivité nécessaire. Les essais ont également joué sur ce type de

"faire échouer"
les élèves
pour accroître
leur vigilance

Comparaison synoptique des quatre séquences étudiées

<p><u>NOURRITURE GAZEUSE ET CHAIR DE TOMATE</u> (Sixième)</p> <ul style="list-style-type: none"> • CENTRATION SUR UN RÉSEAU D'OBSTACLES <ul style="list-style-type: none"> – <i>la matière n'est pas gazeuse, les gaz sont concernés par la respiration mais non par la nutrition, le CO₂ est un "déchet" toxique de l'organisme</i> • UN ENSEMBLE DE SÉQUENCES ARTICULÉES <ul style="list-style-type: none"> • LOGIQUE DE PROGRESSION PAR RAISONNEMENT INTERACTIF <ul style="list-style-type: none"> – déstabilisation par contradictions logiques – raisonnement progressif – confrontations entre élèves et avec des documents ayant fonction d'autorité 	<p><u>LAVOISIER, VAN HELMONT, BERTHELOT</u> (Seconde)</p> <ul style="list-style-type: none"> • CENTRATION SUR UN OBSTACLE <ul style="list-style-type: none"> – <i>le "modèle Velcro" : la liaison chimique vue comme un accrochage adhésif entre particules (confusion entre corps simple et élément)</i> • DEUX SÉANCES EN FIN D'ANNÉE <ul style="list-style-type: none"> • LOGIQUE DE L'HISTOIRE DES SCIENCES COMME MIROIR D'OBSTACLES <ul style="list-style-type: none"> – retour rétrospectif sur des obstacles déjà vécus – détour ludique par l'histoire des sciences – dramatisation des erreurs (qu'on retrouve chez des savants)
<p><u>L'AIR À L'ÉCOLE PRIMAIRE</u> (CM2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • CENTRATION SUR UN OBSTACLE <ul style="list-style-type: none"> – <i>l'air n'est pas de la matière</i> • UNE LONGUE SÉRIE DE SÉANCES <ul style="list-style-type: none"> • LOGIQUE DE FLASHES ET CONTROVERSES <ul style="list-style-type: none"> – effets de surprise et de défi – angles d'attaque multiples – adaptation de la progression aux réactions des élèves – dimension ludique et jubilatoire – images fortes 	<p><u>CROISSANCE VÉGÉTALE, MOLÉCULES, ATOMES</u> (Seconde)</p> <ul style="list-style-type: none"> • CENTRATION SUR UN DOUBLE OBSTACLE <ul style="list-style-type: none"> – <i>le CO₂ gazeux ne peut être source de carbone pour les plantes vertes . parce qu'il n'est "pas vivant" . en raison de sa nature gazeuse</i> • UNE SÉANCE INTERDISCIPLINAIRE <ul style="list-style-type: none"> • LOGIQUE DE LA PLAUSIBILITÉ AVEC APPUI VISUEL <ul style="list-style-type: none"> – transfert opératoire de connaissances (appel aux savoirs chimiques) – travail sur la plausibilité plus que sur la validation – appui sur la visualisation (usage des formules développées)

des surveillants
d'obstacles

variation, le point de départ chronologique pouvant tout aussi bien être la construction d'un modèle alternatif (à partir duquel on reviendra sur les conceptions initiales des élèves), voire même le renforcement transitoire et "calculé" d'une représentation (pour rendre mieux saillants les deux termes du conflit cognitif). Des fonctions originales et attrayantes pour certains peuvent être développées, par exemple en investissant certains élèves d'une fonction de "surveillants d'obstacles" dans la classe, chargés d'y rester désormais vigilants et de signaler les "rechutes" individuelles ou collectives.

Déborder la contre-argumentation logique

fonctionnement
de la dévolution

L'archétype du travail efficace d'obstacle paraît être la recherche et la mise au point d'une objection imparable, censée obliger les élèves à s'incliner et à "rendre les armes". C'est oublier que la logique n'est pas le tout de la compréhension et qu'il existe bien des moyens pour un sujet d'ignorer, de minorer ou de fuir ce que l'enseignant analyse comme une contradiction incontournable. Le fonctionnement de la dévolution, inégalement mise en œuvre dans les exemples précédents, est essentiel pour que les élèves n'acceptent pas les objections d'une façon extérieure, comme du "bout des lèvres", sans engagement ni mobilisation cognitive véritables. De même, argumentation n'est pas toujours persuasion ni intime conviction, tant il faut que le système conceptuel de substitution soit non seulement compris dans ses "pas de raisonnement" mais aussi en mesure d'être pensé et figuré mentalement. Les images fortes, les expériences éprouvées, les émotions contrôlées sont ainsi quelquefois d'une importance aussi grande que les aspects démonstratifs limités à la sphère cognitive.

Jouer sur le rythme et les étapes

au-delà
du "pas à pas"

Si la progressivité paraît souvent une vertu première de l'enseignement, elle peut s'inscrire dans la recherche d'un guidage "pas à pas" (qui assimile sans doute trop la visée rhétorique d'explication aux possibilités cognitives d'appropriation), quand d'autres stratégies peuvent tout aussi efficacement jouer sur des effets-chocs, des "attaques" par facettes multiples, de brusques "à-coups" suivis de retours, des décalages et abandons provisoires, des reprises par surprise, etc.

ingrédients
potentiels

Bref, la liste est longue et, plutôt que de classer des techniques pédagogiques du travail d'obstacles, nous proposerons succinctement, dans la seconde partie, d'analyser les ingrédients potentiels que chaque enseignant peut recombinaison de façon quasi infinie en fonction du contenu conceptuel, du niveau du cursus, de la diversité de la classe... mais aussi de son équation personnelle et de son modèle pédagogique.

2. LE TRAVAIL DES OBSTACLES : PRINCIPES DYNAMIQUES

C'est dans cet esprit que nous présentons maintenant, sous forme de tableaux, une "carte des possibles", construite en extrayant des expérimentations précédentes et de nombreuses autres dont il n'est pas possible ici de rendre compte, différents "ingrédients" auxquels on puisse se référer et sur lesquels on puisse faire levier, pour travailler diversement et efficacement les obstacles. Cette carte doit être lue comme une sorte de "boîte à outils" de dispositifs disponibles, comme une source d'idées diversifiées, mais sans souci normalisateur.

une "boîte
à outils"

2.1. Trois aspects des dispositifs

• *Déstabilisation, construction, identification*

Trois aspects des dispositifs sont distingués dans ces tableaux, selon qu'ils concernent, ce que nous avons déjà nommé :

- la déstabilisation d'un obstacle ;
- la construction (ou reconstruction) conceptuelle ;
- l'identification de l'obstacle.

L'hypothèse d'un parallélisme entre les processus intellectuels qui concernent la construction conceptuelle et ceux qui permettent le dépassement des obstacles, a conduit à proposer trois sous-rubriques parallèles, pour chacun de ces aspects :

- (1) les premières concernent les processus de **prise de conscience**, de validation ou de compréhension ;
- (2) les secondes concernent les processus qui **rendent "pensables"** les constructions nouvelles, qui favorisent leur réévocation dans de nouvelles situations, notamment pour ce qui touche à l'emploi d'images mentales, de métaphores et de symboles (la "pensabilité" de la construction concerne la façon dont on parvient à se la figurer ; elle s'oppose à la recherche d'une preuve, sur le plan logique de la "vérité" ou de la "fausseté" de la construction) ;
- (3) les troisièmes concernent les processus qui **installent** ces nouvelles élaborations dans des réseaux plus diversifiés, qui rendent leur utilisation plus **coutumière**, qui transforment les "objets" en "outils". Par définition même, ces troisièmes séries s'inscrivent dans un plus long terme que les deux précédentes, et dépassent le cadre circonscrit de telle séquence de travail singulière consacrée au travail des obstacles.

trois sous-
rubriques

• **Principes et modalités**

Une autre distinction peut être repérée sur ces tableaux, entre "principes dynamiques" et "dispositifs didactiques":

- un petit nombre de **principes dynamiques** correspondent aux processus intellectuels qu'on cherche à induire ou à provoquer chez les élèves ;
- et des listes plus étoffées de **dispositifs didactique** sont destinés à les favoriser. Ces listes ne sont qu'indicatives et peuvent être complétées ou nuancées, un même dispositif pouvant se révéler apte à stimuler parallèlement des processus intellectuels de divers ordres.

DÉSTABILISATION DE L'OBSTACLE	
PRINCIPES DYNAMIQUES	ÉLÉMENTS DE DISPOSITIFS
(1) <i>Renforcer transitoirement l'obstacle</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Constituer des groupes d'opinions convergentes
(2) <i>Repérer et expliciter ses représentations</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Faire écrire les idées des élèves • Demander des prévisions avec justifications • Faire construire des maquettes ou modèles analogiques
(3) <i>Prendre conscience de discordances ou de dissonances</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Introduire des données hétérogènes issues d'autres classes • Présenter un modèle en rupture avec les idées précédemment exprimées • Introduire un texte historique surprenant • Proposer une expérience surprenante • Développer des jeux de rôles, dans lesquels chacun argumente un autre point de vue que le sien • Constituer divers groupes, disposant de matériaux différents, avec une tâche qui nécessite leur coopération • Faire un "panel" de représentants des groupes d'opinions convergentes • Constituer des groupes divergents succédant à des groupes convergents

CONSTRUCTION (OU RECONSTRUCTION) CONCEPTUELLE	
PRINCIPES DYNAMIQUES	ÉLÉMENTS DE DISPOSITIFS
(1) <i>Fonder la validité de la construction conceptuelle</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en relation des résultats expérimentaux • Valider une idée par une expérience "cruciale" visant à établir la preuve • Faire mettre en relation divers éléments dans une certaine "forme", soit donnée, soit à trouver (motivée par une communication à d'autres)
(2) <i>Rendre pensable la construction conceptuelle</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Faire élaborer un ou plusieurs modèles et les utiliser systématiquement • Faire construire un schéma de synthèse • Utiliser explicitement métaphores et analogies, par comparaison terme à terme avec le concept
(3) <i>Acquérir la disponibilité "confortable" du nouveau concept (ou mode de pensée) (d'une manière prolongée au-delà de la séquence)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Proposer des exercices variés qui mobilisent le concept à rendre disponible • Varier les formulations et codages symboliques • Multiplier les activités où il faut sélectionner un modèle approprié • Reprendre, après un certain délai, un exercice déjà fait ou un autre voisin • Résoudre un problème qui met en jeu "dans le désordre" des notions étudiées • Utiliser le concept pour comprendre une situation "hors labo" • Expliquer à d'autres (ou écrire pour d'autres) ce qu'on a compris • Faire des prévisions en utilisant le nouveau mode de pensée • Varier les formulations en changeant les niveaux d'analyse

IDENTIFICATION DE L'OBSTACLE	
PRINCIPES DYNAMIQUES	ÉLÉMENTS DE DISPOSITIFS
<p>(1) <i>Expliciter l'obstacle et pouvoir le nommer</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analyser des “textes à erreurs”, avec pour consigne d’y repérer un obstacle • Faire effectuer des rapprochements entre la production du moment et d’autres éléments, pour faire prendre conscience du caractère “transversal” de l’obstacle : <ul style="list-style-type: none"> - texte historique - productions d’autres élèves - productions antérieures sur le même travail - productions relatives à d’autres notions • Faire réfléchir au “pourquoi” de tel dispositif proposé à la classe • Faire reconstituer un raisonnement qui a conduit à une erreur (jeu de rôle)
<p>(2) <i>Symboliser l'obstacle</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	<ul style="list-style-type: none"> • Faire représenter l’obstacle graphiquement, ou par une courte expression
<p>(3) <i>Acquérir la compétence de reconnaître l'obstacle</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Instituer, pour certains élèves, la fonction de “surveillant d’obstacle” • Faire “tomber l’autre dans le panneau” • Provoquer le retour de l’obstacle dans de nouvelles situations • Une fois l’obstacle identifié, donner à l’élève un statut de correcteur

• **Ne pas réifier l'outil**

une séquence
concrète

L'ordre proposé dans les tableaux ci-dessus ne constitue pas nécessairement une succession chronologique, et il ne faudrait pas réifier un outil avant tout destiné à guider les choix didactiques sans les imposer. Quand on examine ce qui se passe dans une séquence concrète, les processus distingués ne se différencient pas toujours en phases chronologiquement séparées. Et quand la distinction est possible, l'ordre peut être différent. Ainsi, par exemple :

- toutes les phases n'ont pas nécessairement lieu à chaque fois ;
- les phases peuvent être séparées dans le temps ;
- il peut y avoir plusieurs phases de fissuration ;
- une phase de fissuration peut inclure un début de construction ;
- une phase d'identification peut être amorcée, puis être reprise ultérieurement de façon "décalée", pour permettre de s'attaquer à l'obstacle d'une manière plus transversale.

deux écueils
symétriques

Bref, ces tableaux sont destinés à éviter deux écueils symétriques : confondre divers processus alors qu'ils obéissent à des logiques distinctes ou transformer en phases rigides et répétitives ce qui n'a été distingué que pour affiner les analyses.

2.2. La quatrième grille

temporalité
plus large

Les modalités précédentes constituent donc des repères et indicateurs pour construire, dans le détail de leur élaboration, des séquences didactiques qui soient mieux centrées sur le travail des obstacles. Mais d'autres modalités, qui concernent le cadre plus global de l'ensemble d'une séquence ainsi que celui de l'organisation des séquences scientifiques tout au long de l'année, peuvent donner à chacun des éléments de dispositifs précédents une "coloration" particulière. C'est pourquoi une quatrième grille, jouant sur des échelles temporelles plus larges, a été ajoutée. Certains dispositifs, apparemment circonscrits dans le temps d'une activité ponctuelle, peuvent acquérir une signification particulière en fonction du "climat" général de la classe, de la coutume didactique en vigueur, de la manière dont ils s'intègrent dans un problème scientifique que la classe s'efforce de résoudre, de la prise en charge effective de la recherche de solutions par les élèves, etc.

ASPECTS GLOBAUX DES ACTIVITÉS	
PRINCIPES DYNAMIQUES	ÉLÉMENTS DE DISPOSITIFS
◆ Concernant le cadre général d'une séquence	
<i>Intégrer l'activité au sein de la résolution d'un problème</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ancrer le travail sur des questions liées à l'activité quotidienne, à l'actualité, à l'histoire des sciences • Procéder à des bilans périodiques afin que les élèves puissent se voir progresser
<i>Chercher à obtenir une "dévolution" du problème</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Prendre au sérieux toutes les réponses (ou idées), en valorisant même celles qu'on sait être fausses • Impliquer les élèves (individuellement ou par groupes) par des prises de position de leur part, par des anticipations de résultats qui les engagent • Ajuster la suite de la progression au point où en est réellement la classe, aux problèmes avec lesquels elle est aux prises, pour mieux obtenir l'adhésion individuelle
◆ Concernant le cadre annuel de l'enseignement scientifique	
<i>Faire fonctionner la classe sur le mode des "débats scientifiques"</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Développer le "droit à l'erreur" lors des propositions et interventions des élèves • Inciter les élèves à s'adresser les uns aux autres, et pas seulement à l'enseignant
<i>Développer la coopération au sein du groupe, comme condition de possibilité d'une "prise de risque" des élèves</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sécuriser, libérer la parole • Clarifier les temps qui relèvent de l'apprentissage et ceux qui relèvent de l'évaluation

prérequis
ou condition
de possibilité

Les activités didactiques relatives au travail des obstacles ne sont pas indépendantes de tels éléments. Elles supposent même la mise en œuvre d'un certain modèle pédagogique, volontiers qualifié de constructiviste. Pourtant, loin d'être un préalable à la mise en œuvre des dispositifs proposés, celui-ci peut être développé à l'occasion de ces séquences. Le modèle n'est donc pas prérequis, il constitue plutôt une condition de possibilité, qui se développera à mesure.

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

BIBLIOGRAPHIE

ASTOLFI Jean-Pierre (1991). "Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en sciences", in : *Aster*, 13. Paris : INRP.

ASTOLFI Jean-Pierre (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF.

ASTOLFI Jean-Pierre (1993). "Trois paradigmes pour les recherches en didactique", in : *Revue française de pédagogie*, 103. Paris : INRP.

ASTOLFI Jean-Pierre & PETERFALVI Brigitte (1993). "Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales", in : *Aster*, 16. Paris : INRP.

BEDNARZ Nadine & GARNIER Catherine, dir. (1989). *Construction des savoirs : obstacles et conflits*. Ottawa : Agence d'Arc.

CAMPESTRINI Pierre (1992). "Sortir de la logique de Van Helmont", in : *Aster*, 15. Paris : INRP.

FABRE Michel (1995). *Bachelard éducateur*. Paris : PUF.

GIORDAN André, GIRAULT Yves & CLÉMENT Pierre, dir. (1994). *Conceptions et connaissances*. Berne : Peter Lang.

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

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

PERRENOUD Philippe (1994). *Métier d'élève et sens du travail scolaire*. Paris : ESF.

PETERFALVI Brigitte (1995). "Activités réflexives d'élèves en classe de sciences : des compétences méthodologiques au travail sur les obstacles", in : *Actes des XVII^{èmes} Journées internationales de Chamonix sur l'éducation scientifique*.

PETERFALVI Brigitte (1997). "L'identification d'obstacles par les élèves", in : *Aster*, 24. Paris : INRP.

PIAGET Jean (1975). *L'équilibration des structures cognitives*. Paris : PUF.

PLÉ Élisabeth (1997). "Transformations de la matière à l'école élémentaire : des dispositifs flexibles pour franchir les obstacles", in : *Aster*, 24. Paris : INRP.

RAICHVARG Daniel (1997). "*L'expérimentation scientifique : décoder le réel*", TDC, 741. Paris : CNDP.

SÉRÉ Marie-Geneviève (1982). "À propos de quelques expériences sur les gaz : étude de schèmes mécaniques mis en œuvre par des enfants de 11 à 13 ans", in : *Revue française de pédagogie*, 60. Paris : INRP.

VÉRIN Anne & PETERFALVI Brigitte (1994). "Fonctions de l'écriture dans le travail d'obstacles en classe de sciences", in : *Actes des XVI^{èmes} Journées internationales de Chamonix sur l'éducation scientifique*.