

# L'IDENTIFICATION D'OBSTACLES PAR LES ÉLÈVES

Brigitte Peterfalvi

*Des situations de travail mettant en jeu une réflexion distanciée des élèves sur leurs propres procédures ont été expérimentées il y a quelques années, dans une perspective de développement de compétences méthodologiques. Quel intérêt la transposition d'un tel type de travail, comportant une dimension métacognitive, peut-elle présenter dans le cadre d'un travail sur les obstacles épistémologiques ? Face au caractère résistant de ces obstacles, l'objectif est de développer la capacité de reconnaître leurs manifestations pour être en mesure de les éviter lors de leurs réapparitions. Des essais réalisés en classe permettent de préciser les caractéristiques des obstacles susceptibles d'être identifiés par les élèves et, parmi celles-ci, celles dont le repérage semble le plus fécond. Ils permettent de donner quelques pistes sur les situations susceptibles de favoriser l'émergence de telles formulations sur les obstacles.*

La prise en compte didactique des obstacles épistémologiques et leur "franchissement" par les élèves a donné lieu à un courant important de recherches depuis une dizaine d'années. Diverses modalités de travail ont été explorées, notamment celles qui mettent au premier plan des stratégies par conflit cognitif ou socio-cognitif. Les difficultés de mise en œuvre de ces stratégies et le caractère parfois aléatoire de ce qu'elles produisent du point de vue de l'évolution des idées ont souvent été soulignés (par exemple Johsua, 1989 ; Blaye, 1989 ; Monteil, 1989...). C'est une des raisons pour lesquelles une recherche de l'INRP, intitulée "Objectifs-obstacles et situations d'apprentissage autour du champ conceptuel des transformations de la matière" (en biologie et en physique-chimie), tente une diversification des stratégies de travail sur les obstacles, dans une perspective d'"objectifs-obstacles" telle que l'a proposée Martinand (Martinand, 1986 ; Astolfi, Peterfalvi, 1993).

À partir d'un cadrage théorique commun, une vingtaine d'enseignants des niveaux école, collège et lycée élaborent des situations diversifiées d'enseignement/apprentissage visant à travailler les obstacles qui se manifestent dans ce champ conceptuel. À côté de travaux mettant en jeu des situations-problèmes et diverses situations de confrontations des idées, une des directions amorcée s'inspire de travaux sur la métacognition comme ceux de Flavell (1985) ou de Cauzinille et Melot (1993) qui s'intéressent à l'impact de tels processus cognitifs sur l'optimisation des apprentissages, et de travaux d'orientation plus épistémologique comme ceux de Larochelle et Désautels (1992) qui proposent des activités suscitant une réflexion des étudiants sur

favoriser la prise  
de conscience  
d'obstacles

leur cadre épistémique (1). Sous la dénomination d'“identification d'obstacles”, cette direction de travail cherche à créer des situations susceptibles de favoriser la prise de conscience par les élèves d'obstacles intervenant dans leur propre pensée. On y retrouve aussi, sous une forme transposée, l'idée de psychanalyse de la connaissance de Bachelard, avec certains aménagements bien sûr, liés à ce que les contraintes scolaires rendent possible et aux caractéristiques de la pensée en développement de jeunes élèves.

réfléchir sur  
ses méthodes

Cette orientation reprend une problématique développée il y a quelques années par la même équipe à propos de l'acquisition de compétences méthodologiques (Astolfi, Peterfalvi, Vérin, 1991). Dans le cadre de ce travail, par une alternance de phases immergées dans l'action (organisées autour d'une question scientifique à résoudre) et de phases distancées (organisées autour du réexamen comparatif du travail accompli et des démarches mises en œuvre), les élèves étaient engagés de façon active dans un apprentissage méthodologique. Cette modalité de travail associait pour les élèves la possibilité d'éprouver l'efficacité et les limites de leurs propres méthodes et celle de développer de façon réflexive une prise de conscience et une conceptualisation susceptible d'intervenir dans la régulation de démarches ultérieures (Peterfalvi 1991).

réfléchir sur  
ce qui s'oppose à  
la compréhension

Pour l'identification d'obstacles, le processus est globalement le même. Comme l'étaient les moments de réflexion distancée sur une méthode, l'identification d'obstacles par les élèves constitue un détour qui s'ancre dans le travail d'élaboration conceptuelle et s'y réinvestit. Elle prend appui sur d'autres phases où les conceptions des élèves ont été mises à l'épreuve, ou bien où des constructions conceptuelles ont été opérées. Un tel type de travail n'est possible qu'*a posteriori*, lorsque sur un problème donné, l'obstacle a été dépassé, ou du moins suffisamment travaillé pour ne pas s'opposer à la résolution de ce problème. C'est là la condition d'une distanciation réflexive car c'est alors seulement qu'un obstacle devient repérable en tant que tel (Fabre, 1995) (2). Bien entendu, nous ne concevons pas ce type de travail de façon substitutive à celui de la construction de concepts, qui demeure la finalité principale de l'enseignement scientifique. Au contraire, il contribue à la

- 
- (1) Pour Désautels, “*les éléments constitutifs du cadre épistémique comprennent des postulats épistémologiques et/ou métaphysiques, des règles méthodologiques qui sont mis en œuvre, plus ou moins consciemment, pour construire des explications à propos des phénomènes dits naturels*” (Désautels J., 1989).
- (2) “... Penser, c'est se tromper et corriger ses erreurs. Aussi l'erreur n'est-elle reconnaissable qu'après coup : c'est le passé de la pensée quand elle se retourne pour se juger” (Fabre M., 1995, p. 31) ; “*Dès lors, une psychanalyse de l'esprit scientifique prend tout son sens : le passé intellectuel, comme le passé affectif doit être connu comme tel, comme un passé... L'ancien doit être pensé en fonction du nouveau...*” (Bachelard G., 1938, cité par Fabre).

un détour réflexif, à articuler aux autres modalités de travail

consolider et la structurer. Car la formulation de ce contre quoi se construit le concept est déterminante pour le délimiter. Comme le dit Fabre à propos du projet bachelardien, "*Il faut une conscience du non rigoureux pour parvenir à la pleine conscience de la rigueur*" (Fabre, *ibid.*). Une articulation avec les autres modalités de travail est donc à rechercher. Mais en réalité, le danger n'est pas vraiment du côté d'une dérive métacognitive où la réflexion distanciée viendrait remplacer les apprentissages scientifiques *stricto sensu*. Ceux-ci constituent en effet la préoccupation première des enseignants et c'est plutôt le travail réflexif qui aurait tendance à être minoré lorsqu'on cherche à le développer.

Quel intérêt y a-t-il donc à conduire les élèves à constituer un tel savoir sur leur fonctionnement intellectuel ? Quelles en sont les possibilités réelles ? C'est autour de ces deux questions que nous proposerons quelques hypothèses et quelques pistes à partir d'une étude de cas.

## 1. DU FRANCHISSEMENT DES OBSTACLES À LEUR RECONNAISSANCE

### 1.1. Intérêt d'un travail "réflexif" sur les obstacles

Les travaux engagés en didactique sur le problème de la prise en compte des obstacles épistémologiques conduisent à moduler une problématique qui se donnerait pour but leur "franchissement" définitif par les élèves.

Nous le savions déjà, c'est le propre des obstacles épistémologiques d'être "résistants", par définition pourrait-on dire, et puisque ce sont les cadres mêmes de la pensée qui y sont en jeu. Comme le disent Marie Larochelle et Jacques Désautels à propos de la dynamique du fonctionnement des conceptions spontanées :

des obstacles difficilement dépassés

*"Si les conceptions spontanées retiennent l'attention, ce n'est pas parce qu'elles sont fausses ou immatures, mais parce qu'elles sont viables. Leur intérêt se mesure à leur succès pragmatique, dans un contexte donné, à se maintenir en tant que structure et à permettre ainsi à un sujet de fonctionner de manière satisfaisante dans son environnement."* (Larochelle et Désautels 1992).

C'est ce qui explique en bonne partie leur maintien et la fonction d'obstacle qu'elles jouent dans l'évolution conceptuelle.

Mais ce que ces travaux (White et Gunstone, Gauld, 1989, cités par Désautels 1992) apportent de plus c'est que, même malgré les efforts ciblés d'enseignement dans cette direction, notamment lors de stratégies qui tentent d'instaurer des conflits socio-cognitifs, les obstacles réapparaissent lorsque l'on s'éloigne du problème précis à propos duquel ils ont été

même lorsqu'on  
cherche à les traiter

travaillés ou après un certain temps, lorsqu'on ne les attend plus. Et qui plus est, sur le contenu à propos duquel on les travaille lui-même, ils ne sont souvent que partiellement dépassés. Pour notre part, nous avons pu observer fréquemment, à la suite de tels travaux, des productions de compromis entre l'assise ancienne familière et ce que l'enseignant vise à faire construire. Par exemple des élèves intègrent le CO<sub>2</sub>, parmi les entrées nutritives des végétaux après en avoir contesté la possibilité, ce qui représente un recul certain du nœud d'obstacles en jeu dans ce problème, mais ils le font pénétrer par les racines, comme la terre dans leur système de représentations précédent. Nous avons pu observer aussi des jeux de déplacements des obstacles, qui oscillent entre manifestations symétriques (par exemple *tout peut se transformer en n'importe quoi et rien ne se transforme*), ou qui se réfugient dans des systèmes de représentations de plus en plus élaborés. Par exemple, le vitalisme, c'est-à-dire la conception du vivant comme entité magique et sacrée, se manifeste dans ce même champ conceptuel pour des élèves de Sixième d'abord par l'idée que la matière du vivant a pour propriété intrinsèque de croître, sans nécessité d'ajout de matière extérieure ; puis, après travail sur cet aspect de l'obstacle, par l'idée d'une nécessité d'adjonction de matière extérieure mais qui reste juxtaposée, sur le mode du remplissage ou de l'enrobage, sans s'intégrer à la matière du vivant qui conserve ainsi ses propriétés valorisées et fondamentalement différentes de celle du non vivant ; et plus tard encore, par l'idée d'une force vitale responsable de l'organisation spécifique de la matière dans le vivant, qui d'elle-même organise les substances contre les règles de la physique et de la chimie du monde minéral (Goix, 1996, Monchamp, 1993). Dans tous ces cas, les obstacles cèdent suffisamment de terrain pour permettre des structurations conceptuelles auxquelles ils s'opposaient. Mais, dans une certaine mesure, ils subsistent.

les identifier pour  
surveiller sa pensée

Ces considérations nous conduisent à penser que, quel que soit le travail accompli pour les dépasser, les obstacles seront toujours encore à travailler (Rumelhard, 1996), dans un processus qui rappelle le travail du deuil. Dans ces conditions, conduire les élèves à reconnaître les manifestations des obstacles peut constituer une parade intéressante, puisque cela peut leur fournir un moyen de les éviter dans les situations où elles se manifestent de nouveau. C'est cette capacité de reconnaissance que vise le travail réflexif sur les obstacles, qui pourrait conduire au développement d'une vigilance critique des élèves vis-à-vis des obstacles mis à jour. Nous retrouvons là l'idée bachelardienne de surveillance de la pensée : l'important est de développer une sensibilité à l'obstacle qui permette d'en surveiller et pointer les nouvelles occurrences.

## 1.2. Le jeu du local et du transversal

Une distinction semble importante pour la compréhension du caractère résistant, toujours présent des obstacles et de la façon dont on peut envisager de les traiter. Ceux-ci sont souvent désignés et travaillés d'une façon "locale", dépendant étroitement d'un contenu. Or, de notre point de vue, il s'agit là plutôt de *manifestations de l'obstacle* que de l'obstacle lui-même qui toucherait des modes de pensée beaucoup plus transversaux.

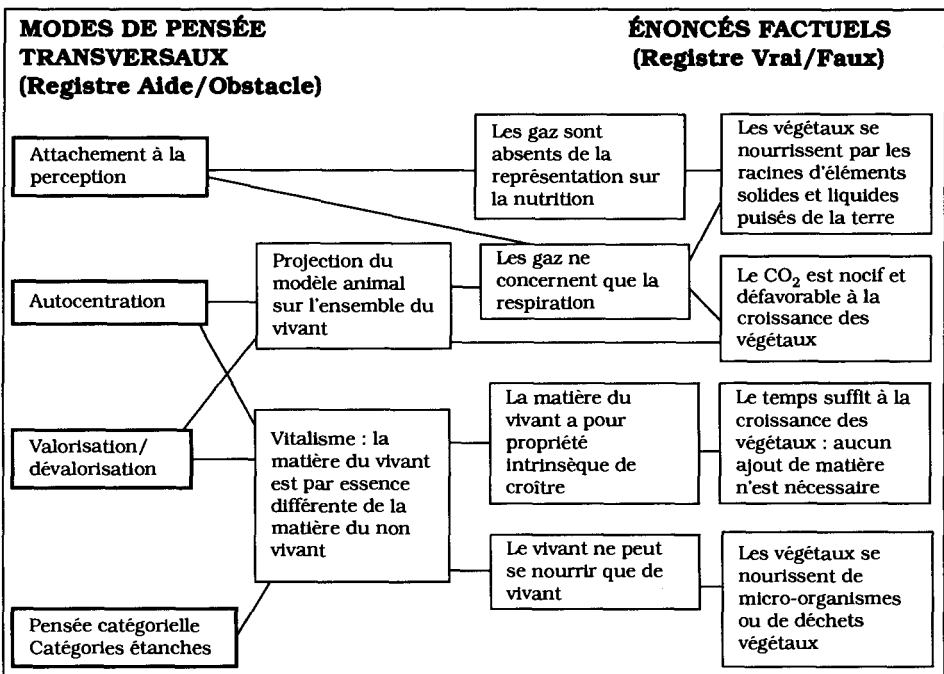


Figure 1.

Le réseau de la figure 1 tente de rendre compte de la façon dont des modes de pensée généraux pourraient contribuer à générer des représentations locales concernant un domaine de contenu spécifié (la nutrition et la croissance des végétaux verts) (3). Ces dernières peuvent être jugées en termes de vrai/faux et relèvent plutôt du registre de l'erreur. C'est

(3) Ce réseau, construit de façon interprétative à partir de formulations d'élèves sur la nutrition végétale, ne se veut pas exhaustif. Certains modes de pensée susceptibles d'intervenir dans des formulations concernant le domaine n'y figurent pas (par exemple ceux qui concernent la pensée causale). Nous le présentons ici pour illustrer l'idée de détermination possible des représentations par des modes de pensée transversaux, sans prétendre épuiser l'analyse.

l'obstacle  
explique  
l'erreur

le cas pour les formulations qui figurent à droite dans ce réseau, proches de celles que fournissent les élèves lorsqu'ils sont amenés à exprimer leurs idées sur un contenu, et que les enseignants jugent fausses ou partiellement fausses. À l'inverse, les modes de pensée, figurant à gauche dans le même réseau, qui présentent un caractère interprétatif par rapport aux productions des élèves, ne peuvent être jugés que par rapport à une dynamique de la pensée, en termes d'aide à la compréhension (en tant que support disponible pour l'intelligibilité des phénomènes) ou d'empêchement (comme produisant un arrêt de la pensée ou des représentations erronées) (4). Aucun des modes de pensée mentionnés n'est intrinsèquement obstacle. On pourrait même dire qu'ils sont nécessaires à la pensée. Ainsi, la projection du modèle animal sur l'ensemble du vivant relève du raisonnement par analogie, souvent fécond dans la pensée scientifique. Elle peut être source de questionnements fructueux sur le vivant. C'est dans la mesure où elle est implicite et utilisée de façon substitutive à une explication qu'elle se constitue en obstacle, dans la mesure où elle clôt la réflexion, en suscitant des réponses plutôt que des questions.

prendre conscience  
des liens entre  
erreur locale et  
obstacle transversal

Si le travail sur les obstacles se limite à un niveau local, bien sûr nécessaire puisqu'il constitue l'entrée dans les problèmes scientifiques, il n'est pas étonnant que de nouvelles manifestations se produisent sur d'autres contenus. L'obstacle peut sembler "franchi" sur un contenu donné (ne plus oublier par exemple le CO<sub>2</sub> comme source nutritive pour les végétaux). Il n'est pas pour autant "franchi" à un niveau plus global (faire fonctionner par exemple comme repère premier la référence au sensible), mais seulement "fissuré". On pourrait même dire qu'à un tel niveau il n'est jamais entièrement franchissable. Il peut en revanche, dans certaines conditions être identifié. On peut raisonnablement penser qu'une reconnaissance de l'obstacle à un niveau plus transversal est favorisée pour le transfert d'un type de contenu à un autre. À la condition toutefois que le sujet y rattache effectivement des manifestations locales, faute de quoi, les désignations transversales risquent de rester dépourvues de sens. En somme, ce qui semblerait le plus intéressant, n'est ni de l'ordre du local ni de celui du général, mais plutôt de l'établissement de liens entre ces deux niveaux, dans leur relation dialectique. C'est dans le jeu du passage de l'un à l'autre, où des formulations intermédiaires comme celles du centre du réseau peuvent jouer un rôle important, qu'on peut s'attendre à trouver les conditions optimales du développement de la vigilance souhaitée.

---

(4) Les catégories figurant le plus à gauche, tout à fait indépendantes des contenus, sont proches des catégories piagétienne. Celles de la colonne suivante en partant vers la droite, tout en étant très générales, sont plus régionales : elles se rapprochent davantage des catégories bachelardiennes.

## **2. QU'EST-CE QU'IDENTIFIER UN OBSTACLE DANS LE CADRE DE LA CLASSE ?**

L'obstacle constitue un processus complexe dont la compréhension n'est pas immédiate. Aussi convient-il de s'interroger sur ce qui est identifiable à son sujet dans le contexte scolaire, étant donné, bien sûr, que de grandes variations sont susceptibles d'intervenir en fonction de l'âge, du milieu socio-culturel et du niveau scolaire des élèves. Nous pourrions nous interroger ensuite sur les conditions qui favorisent l'émergence de tel ou tel type de formulation.

### **2.1. Les différentes dimensions de l'identification d'obstacles**

Des situations d'«identification d'obstacles» ont été mises en œuvre à titre exploratoire à différents niveaux de classe (en fin d'école élémentaire, au collège en Sixième et en Troisième, et au lycée en Seconde). Nous verrons plus loin certains aspects de leur mise en œuvre. Elles ont été l'occasion de diverses formulations autour des obstacles, produites selon les cas par les élèves, par l'enseignant à l'adresse des élèves ou dans une interaction entre enseignants et élèves.

Nous avons distingué sur quelques axes (ou dimensions), différents aspects de ces formulations. Leurs combinaisons déterminent des registres dans lesquels on parle de l'obstacle, plus proches d'une désignation d'erreur pour certains, plus proches d'une désignation d'obstacle comme fonction dans la pensée pour d'autres. Il peut être intéressant de s'interroger sur ce que l'émergence de tel ou tel registre permet d'attendre quant à la reconnaissance du même obstacle dans des situations ultérieures. Évidemment, il faut s'attendre, pour des formulations semblables, à un degré d'adhésion plus important si la formulation a été produite par le sujet lui-même, plutôt que par l'enseignant ou par d'autres élèves et donc à une plus grande probabilité de mobilisation ultérieure (Cauzinille, Melot, 1993).

- ***La dimension réflexive, condition de l'activité métacognitive***

L'identification d'un obstacle suppose sa désignation, sous une forme ou une autre dont nous examinerons plus loin les variantes et les implications. Mais une condition préalable est requise : c'est celle d'une distanciation réflexive. La référence au sujet pensant dans un énoncé en est un indicateur. Elle manifeste en effet une sorte de dédoublement du sujet, celui qui formule la proposition et celui que la proposition désigne comme sujet de la pensée énoncée. Il peut s'agir de soi-même dans le passé ou de toute autre personne, individuelle ou collective. C'est l'indice d'un regard

un dédoublement  
du sujet ...

extérieur, au second degré, qui permet à la personne qui parle de se démarquer de l'idée désignée. C'est en cela que l'identification d'obstacles se différencie d'un simple repérage de représentations tel qu'il apparaît dans certaines phases initiales de travail lorsque les élèves sont conduits à expliciter leurs idées à propos d'un problème donné, sans s'en démarquer.

Dans les formulations produites en situation de classe, cette référence apparaît plus ou moins explicitement.

<b>Référence explicite au sujet</b>	<i>"On croyait qu'il n'y avait qu'un état par matière"</i>	CM2
	<i>"Si elle dit cela, je pense que c'est par analogie avec l'être humain"</i>	2 <sup>de</sup>
	<i>"Pour eux, le gaz carbonique ne peut pas devenir liquide et solide"</i>	CM2
	<i>"Je n'avais pas compris qu'une plante ne pousse pas toute seule"</i>	6 <sup>ème</sup>
<b>Référence implicite au sujet</b>	<i>"L'eau était toujours liquide"</i>	CM2

... qui permet  
une relativisation

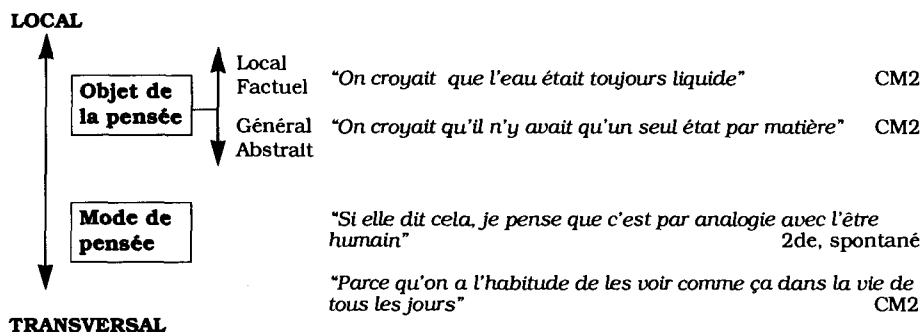
Par la relativisation qu'il introduit, ce mouvement d'attribution des idées à des personnes s'oppose à la dogmatisation. En effet, les idées ne sont plus prises comme absolues ou désignant des vérités en soi. Ce changement de point de vue en autorise l'examen critique. Il facilite en outre un déplacement de considérations adhérent trop exclusivement à un contenu donné vers des considérations concernant le sujet pensant dans sa relation à ce contenu. C'est peut-être un pas vers une reconnaissance des obstacles comme dynamique de pensée, plutôt que comme idée fausse.

Pour amorcer le processus d'identification d'obstacle dans une classe et orienter les élèves vers ce type de formulation, les enseignants emploient parfois de telles désignations du sujet, dans les consignes de départ ou leurs reformulation en cours de travail ("*qu'est-ce qu'on pensait, nous, au départ et qui nous empêchait de comprendre ?*").

#### • **Du local au transversal**

Nous avons déjà évoqué plus haut cette dimension du caractère local-transversal des obstacles. Nous avons noté l'importance de l'établissement de liens dialectiques entre ces deux niveaux. Mais il nous semble intéressant de montrer comment cette dimension apparaît dans les formulations d'identification d'obstacles, combinée avec la dimension réflexive que celle-ci suppose. Le tableau qui suit peut donner une idée de la façon dont diverses formulations prennent en compte cette dimension.





Le lecteur aura vu que nous découpons deux zones sur cet axe.

- La première, plus locale, concerne l'objet de la pensée. De l'expression "On croyait que l'eau était toujours liquide" à l'expression "On croyait qu'il n'y avait qu'un seul état par matière", on passe d'une formulation locale d'ordre factuel, à une formulation qui, bien que toujours factuelle, fait intervenir des concepts plus généraux. C'est un degré de transversalité moyen, dont l'intérêt est certain puisqu'il permet potentiellement de repérer cette même croyance dans des situations variées de changement d'état.

- La seconde, plus transversale, concerne le mode de pensée. Elle regroupe des formulations qui s'intéressent au mode de relation entre le sujet et l'objet plutôt qu'à l'objet lui-même. On se rapproche d'un registre qui désigne plutôt l'obstacle que l'erreur. À la condition qu'il ait vraiment du sens pour le sujet, c'est-à-dire qu'il évoque pour lui des situations précises où il s'applique, on peut penser que ce type de formulation pourra être réévoqué dans un plus large champ de situations.

Comme les formulations les plus spontanées se situent plutôt du côté local, on a intérêt à chercher à susciter des déplacements vers le transversal, ou des multi-exemplifications susceptibles de les amorcer. Mais cette transversalité est susceptible de degrés et outre la recherche d'une dialectique entre local et transversal, il convient de s'interroger dans chaque situation sur le degré de transversalité qui semble à la fois atteignable par les élèves et le plus fécond quant à des repérages ultérieurs. Ce n'est pas toujours le plus transversal qui est le plus pertinent de ce double point de vue. Par exemple prendre conscience qu'on ne prend pas vraiment en compte les gaz comme matière peut être plus fécond que prendre conscience qu'on se réfère préférentiellement au sensible.

de l'objet  
à la relation entre  
le sujet et l'objet

• **De la désignation de l'idée qui fait obstacle aux considérations sur sa dynamique de fonctionnement**

Nous avons noté que la distance réflexive instaurée par l'attribution des idées à un sujet libère une dimension d'examen critique de celles-ci. Cet examen peut donner lieu à des jugements, mais aussi à des explications sur leur émergence et leur maintien. Ce tableau nous aidera à comprendre comment ces aspects interviennent dans les formulations sur les obstacles.

<b>Expression de jugements</b>	Valeur de vérité	<p>"On <u>croyait</u> qu'il n'y avait qu'un état par matière" CM2</p> <p>"On <u>pensait</u> que ce qui était invisible n'existait pas, c'est faux" CM2</p> <p>"Ce n'est pas le corps simple qui se conserve dans une réaction chimique, ce sont les éléments" 2<sup>de</sup></p>
	Jugements fonctionnels : induit en erreur, empêche de comprendre	<p>"La confusion entre mélange et réaction chimique <u>empêche de comprendre</u> qu'une oxydation puisse se faire à partir d'autre chose que du dioxygène de l'air" Prof. sur un travail de 3<sup>ème</sup>.</p>
<b>Expression d'aspects dynamiques de l'obstacle</b>	Justifications, explications	<p>"C'est aussi vrai, parce que les plantes poussent aussi avec de la terre" 6<sup>ème</sup></p> <p>"Si elle dit cela, je pense que c'est <u>par analogie</u> avec l'être humain" 2<sup>de</sup></p> <p>"C'est plus facile de penser à un simple déplacement du groupement O<sub>2</sub> de l'air" Prof. 3<sup>ème</sup>.</p>
	Résistance de l'obstacle	<p>"Parce que on croyait ça au début puis on l'a cru tellement longtemps que maintenant il faut que ... qu'on sait que c'est pas ça ... des fois, sans y penser, des fautes d'inattention, on dit "air" au lieu de vapeur" CM2</p>

La dimension du jugement recouvre partiellement celle de l'expression d'aspects dynamiques ou fonctionnels de l'obstacle. Mais partiellement seulement.

Des jugements peuvent être émis en effet quant à une proposition, sans mettre en jeu une quelconque considération dynamique. C'est le cas des jugements de vérité, c'est-à-dire de l'attribution d'une valeur en termes de vrai ou faux, comme cela apparaît à travers le terme "croire" dans notre première formulation. Ceci constitue une étape intéressante et nécessaire, mais proche de la désignation de l'erreur.

du vrai/faux...

aux aspects  
dynamiques  
de la pensée

C'est lorsqu'on fait apparaître en sus des éléments précisant en quoi l'obstacle empêche de comprendre, que l'on commence à aborder les aspects dynamiques de la pensée. On exprime par là un jugement négatif, comme dans le cas précédent. Mais, on adopte un registre qui s'éloigne davantage du repérage d'erreur, pour aborder plus spécifiquement la compréhension de l'obstacle comme fonction dans la pensée.

Lorsque l'on porte des jugements positifs, comme dans la phrase "*C'est aussi vrai, parce que...*", on aborde l'expression, quelque peu paradoxale, du double aspect dynamique des obstacles : si une représentation se constitue en obstacle, c'est que sur certains plans, elle est aussi pertinente.

un retournement :  
l'erreur comme  
objet intéressant  
à comprendre

Un autre aspect dynamique du fonctionnement de la pensée apparaît lorsqu'on évoque des justifications ou explications de la production de propositions reconnues comme fausses. Celles-ci se trouvent ainsi en quelque sorte dédouanées. C'est le cas lorsqu'on évoque des modes de pensée généraux en eux-mêmes légitimes, en tant qu'explication d'erreurs, comme dans la proposition "*si elle dit cela, je pense que c'est par analogie avec l'être humain*". Ce qui est repéré ici est de l'ordre de l'origine et de la dynamique de production de l'erreur. On quitte le domaine du jugement pour aborder un registre interprétatif, qui constitue un retournement de l'attitude vis-à-vis de l'erreur : au lieu de la désigner comme telle, avec la nuance de faute qui lui est attachée, on cherche à la considérer comme objet intéressant à comprendre.

Ces considérations sur le processus qui explique l'erreur sont aussi importantes pour la compréhension de la dynamique de fonctionnement de l'obstacle que celles qui portent sur ce que l'obstacle empêche, par ailleurs moins fréquentes. Elles amorcent en effet la compréhension de son maintien. Il est probable en outre que la prise de conscience de la résistance elle-même, comme elle apparaît dans la dernière formulation de notre tableau, contribue à favoriser la vigilance critique visée.

#### • À la limite de l'identification d'obstacle

L'obstacle est parfois évoqué d'une manière indirecte, dans des formulations conceptuelles positives, mais qui explicitent certains aspects en relation avec l'obstacle. C'est le cas pour cette phrase produite par un enseignant :

*"Le dioxyde de carbone gazeux contribue à la formation de la matière solide de la plante."*

ne pas désigner  
l'obstacle lui-même  
pour éviter  
l'insécurité ?

L'obstacle n'est pas désigné en tant que tel, mais c'est en référence à l'obstacle, qui consiste à traiter les gaz comme une classe étanche de matière, que les termes "gazeux" et "solide" sont introduits. Si cet enseignant préfère ce type de formulation à une formulation plus directe de l'obstacle, c'est selon ses propres termes avec la préoccupation d'éviter de heurter les élèves en les renvoyant à leurs propres insuf-

fisances ; parce que les situations de travail sur les obstacles suscitent parfois des réactions émotionnelles fortes.

L'expression directe de l'obstacle (du type *"on ne pensait pas qu'un gaz puisse contribuer à former de la matière solide"*) a en revanche le mérite de pointer plus explicitement ce qui fait problème, elle fournit l'assurance qu'on a bien pris conscience de l'obstacle, et donne un support explicite à des reconnaissances ultérieures de sa manifestation. Car, si les termes *"gazeux"* et *"solide"* de notre formulation précédente sont bien présents dans l'attention de l'enseignant, il n'est pas évident qu'il en soit de même pour les élèves. On est donc ici dans la gestion d'une tension entre deux difficultés, pour laquelle des solutions sont à rechercher.

Dans cet esprit, on a pu proposer, plutôt que faire identifier explicitement un obstacle par les élèves, de ritualiser des formulations inverses de l'obstacle : *"À chaque fois que vous écrirez "dioxyde de carbone", vous écrirez "gazeux"."*

Les formulations qui suivent offrent un autre type de solution : *"Ce qui se conserve dans une réaction chimique, ce n'est pas le corps simple, c'est l'élément."* ( prof., 2<sup>de</sup>) ou *"Ce n'est pas comme pour nous, le dioxyde de carbone entre ; il n'est pas nocif."* (élève de 6<sup>ème</sup>). Elles combinent dans un même énoncé une formulation directe de l'obstacle, sous la forme *"ce n'est pas"* et une formulation de la connaissance visée. Ce type de formulation présente l'intérêt de montrer explicitement l'articulation entre construction de connaissance et évitement de l'obstacle, comme deux faces d'un même processus de différenciation.

#### • **Des registres qui n'apparaissent pas en classe**

Cette analyse nous éclaire sur les aspects selon lesquels les obstacles apparaissent effectivement dans les formulations produites en classe par les élèves ou les enseignants. Certains registres, qui auraient été pourtant intéressants quant à l'identification des obstacles, n'y apparaissent pas, pour la simple raison qu'ils n'ont émergé dans aucune séquence de classe.

- Un registre épistémologique ; au sens général et "noble" du terme, tel que le définissent les épistémologues : on ne s'interroge pas, par exemple, sur le caractère "réaliste" ou "empiriste" de la pensée. On s'interroge en revanche sur le rôle de la perception dans le processus d'émergence des idées, sur le rôle de la pensée par analogie... Si le cadre épistémique, comme structure globale organisant le point de vue sur le savoir, n'est pas examiné, certains aspects le concernant apparaissent de façon partielle. Cela constitue déjà une avancée significative dans un nombre important de cas.

- Un registre relevant des déterminations inconscientes et chargées affectivement dont Bachelard et Canguilhem ont souligné l'importance. C'est en cela qu'on s'écarte de la perspective bachelardienne. Ce même processus a été repéré

des zones  
d'ombres  
inévitables ?

par C. Orange (1993) de façon plus générale dans la conception quelque peu réductrice des obstacles qui s'exprime dans les milieux didactiques lors des tentatives de prise en compte des obstacles. S'agit-il d'impossibilités intrinsèques, liées à la culture scolaire et à la dynamique du travail en classe ou encore à l'âge des sujets lorsqu'il s'agit d'élèves jeunes, ou bien d'un investissement insuffisant dans cette direction de la part des didacticiens ? Faute de réponse possible à cette question, on peut affirmer en revanche que ces registres sont ceux qui émergent le moins spontanément dans ce contexte. Et que le repérage des autres aspects des obstacles constitue tout de même des avancées substantielles.

Il est important par ailleurs de ne pas perdre de vue que quel que soit l'éventail des registres dans lesquels l'obstacle est repéré, étant donné son caractère multiforme, tout ne sera jamais identifié. Des zones d'ombre persisteront inévitablement et on ne peut attendre un effet mécanique de cette identification sur l'évitement des obstacles. Il s'agit plus modestement de l'amorce d'un processus de surveillance de certains aspects de la pensée.

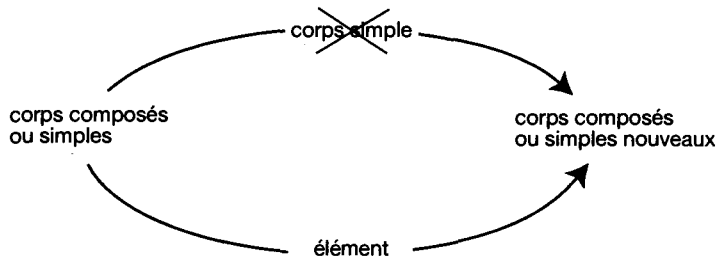
## 2.2. Les supports symboliques

des changements  
de supports pour  
un regard distancié

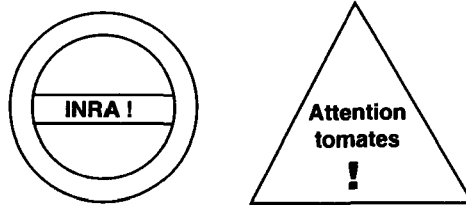
Les supports symboliques employés jouent des rôles spécifiques dans la dynamique de l'identification d'obstacles (Vérin, 1995). Nos travaux antérieurs nous incitent à penser que l'alternance entre parole orale et production d'écrits, par le support mutuel qu'elles constituent l'une vis-à-vis de l'autre, facilite l'émergence et la structuration d'une pensée distanciée (Astolfi, Peterfalvi, Vérin, 1991). Les moments de discours oraux, dans des situations d'échanges en petits groupes, favorisent la fluidité des idées, la consignation de la parole dans des écrits les structure et permet d'en garder des traces sur lesquelles un regard nouveau peut être porté dans une autre phase du travail. Cela permet la prise de conscience d'évolutions ou de contrastes et facilite une posture réflexive. D'une manière plus générale, nous avons pu observer que passer d'un support symbolique à un autre favorise cette prise de distance. Parler sur de l'écrit, écrire sur de la parole, schématiser un discours, expliciter un schéma, tous ces passages incitent à un point de vue de second degré par rapport au support de départ.

La production d'organigrammes ou de schémas joue un rôle spécifique dans l'économie de l'identification d'obstacles.

- La fonction première de certains d'entre eux est d'explicitier l'idée qui fait obstacle. Par exemple celui-ci, produit dans une classe de Seconde, qui propose un raccourci figuré de l'obstacle à éviter quant à la compréhension de la réaction chimique, en regard d'une expression de la connaissance à intégrer. Le schéma introduit ici un système de correspondance qui apparaît moins directement dans un discours.



- Dans d'autres cas, leur fonction première est le rappel de l'idée obstacle, dans des situations nouvelles. C'est le cas de ces deux figurations, produites en biologie, en classe de Sixième, après une séquence qui s'appuyait sur un problème de cultures hors sol de tomates par l'INRA (5) :



des schémas  
comme  
déclencheurs  
pour réévoquer  
l'obstacle

Ce sont des déclencheurs qui réfèrent à un souvenir commun d'explicitation d'obstacle. Ce sont des aspects circonstanciels, évocateurs de la situation dans laquelle l'obstacle a été explicité, qui sont ici sélectionnés. Contrairement au schéma précédent, ceux-ci n'expriment en rien la représentation qui constitue l'obstacle. Le deuxième fait toutefois référence à la fonction obstacle et appelle directement à la vigilance.

L'intérêt de l'emploi d'images ou de schémas dans ce processus réside principalement dans leur caractère rapidement réévocable. Ils peuvent de ce fait jouer un rôle important dans la mobilisation et la reconnaissance de l'idée obstacle et dans le choix de registres de pensée qui l'évitent. Ceux qui sont ici donnés en exemples ont été effectivement réévocés par les enseignants ou les élèves, à l'occasion de réapparitions des mêmes obstacles.

---

(5) Institut National de Recherches Agronomiques

### **3. À LA RECHERCHE DE SITUATIONS FAVORISANTES**

Les premiers essais de mise en œuvre de situations d'identification d'obstacles ont permis de repérer quelques problèmes et de suggérer quelques pistes sur les modalités de travail qui favorisent la prise de conscience d'obstacles et son réinvestissement dans des situations nouvelles.

#### **3.1. Appropriation de la problématique par les enseignants**

Bien que présente au niveau du principe dès les premières phases de la recherche, l'idée de l'identification d'obstacles par les élèves a mis un certain temps avant de s'imposer pour les enseignants. Peut-être en raison de sa distance à la coutume didactique, un temps leur a été nécessaire pour s'approprier une telle problématique. Ce n'est qu'après avoir éprouvé la résistance des obstacles à travers des modalités de travail dont ils attendaient une influence décisive que les enseignants ont reconnu l'intérêt de principe d'un tel type de travail. Des problèmes de mise en œuvre se sont alors aussi posés, la construction de telles situations s'avérant loin d'être évidente. Les enseignants ont tenté de résoudre ces problèmes au fur et à mesure de leur apparition dans les essais successifs. Pour faciliter la construction des situations de classe, nous avons consigné les modalités de travail des essais successifs dans un tableau, dans le but de faciliter les emprunts mutuels et les recompositions dans des situations nouvelles (6). Cet outil distingue trois "principes dynamiques" pour l'identification d'obstacle, pour chacun desquels il propose une variété de situations favorisantes.

une pratique étrangère à la coutume

- L'explicitation de l'obstacle, où les différentes dimensions examinées plus haut interviennent.
- La symbolisation de l'obstacle, visant à intégrer le repérage effectué dans le réseau des évocations familières.
- L'entraînement à reconnaître l'obstacle dans ses nouvelles occurrences.

La plupart des activités proposées concernent toutefois le niveau de l'explicitation de l'obstacle.

#### **3.2. Quelques exemples de situations proposées**

Ces situations où les élèves sont conduits à produire des formulations sur les obstacles ne sont possibles, rappelons-le, qu'*a posteriori*. Elles peuvent s'appuyer sur des phases antérieures où des conflits cognitifs ou socio-cognitifs ont

---

(6) Peterfalvi dir. (1993), Recherche objectifs-obstacles et situation d'apprentissage, Document 3, INRP, (document interne) pp. 125-132.

été vécus et ont laissé des traces, en mémoire ou dans des documents écrits. Elles peuvent s'appuyer, plus simplement, sur un enseignement antérieur plus classique. On peut citer à titre d'exemples quelques modalités de travail des premiers essais.

- Après un travail sur les obstacles concernant les problèmes de nutrition végétale dans une perspective de situation problème, se reporter à ses premières productions écrites pour prendre conscience du chemin parcouru et de la différence avec la construction actuelle.

- Choisir dans une série de formulations d'obstacles proposées par l'enseignante celles qui semblent correspondre aux obstacles qu'on a rencontrés et en proposer d'autres, plus conformes.

- Dans un texte historique (un texte de Lavoisier, puis de Berthelot), rechercher ce qui s'écarte des conceptions actuelles de la chimie, "corriger" ces textes (de façon ludique), et chercher les points communs avec des erreurs repérées dans des copies d'élèves (un effet de miroir est ici recherché).

- Après un travail sur la nutrition des animaux et des végétaux, écrire ce qu'on en a retenu et compléter la phrase : *"Cela m'étonne, parce que je pensais..."*

Mais voyons les types de difficultés rencontrées dans ces mises en œuvre et les solutions imaginées.

### **3.3. Difficultés rencontrées dans la mise en œuvre**

Le premier type de problème a été d'engager les élèves dans cette activité métacognitive, rarement spontanée, et de les conduire à produire par eux-mêmes des formulations d'obstacles. Deux difficultés symétriques apparaissent, selon la modalité de travail adoptée.

- Dans le premier cas de figure, c'est l'enseignant qui propose aux élèves des formulations de ce en quoi consiste, selon lui, l'obstacle. Les élèves sont alors réduits à une certaine passivité et ne reprennent pas vraiment à leur propre compte ce que dit l'enseignant.

- Dans le deuxième cas, l'enseignant au contraire, avec des consignes de travail ouvertes du type *"Pourquoi avez-vous oublié le CO<sub>2</sub> comme aliment des végétaux ?"* (ou bien *"Pourquoi tout le monde a tendance à oublier ?"*) confie aux élèves le soin de formuler eux-mêmes ce qui pourrait constituer l'obstacle sous-jacent. Dans la plupart des cas, les élèves ne comprennent alors pas où on veut en venir et ne proposent aucune formulation d'obstacle, mais donnent des réponses décevantes du type "je n'avais pas assez appris".

Des solutions intermédiaires, visant à éviter des formulations de l'obstacle qui soient trop exclusivement à la charge



comment engager  
les élèves  
dans l'activité  
métacognitive ?

de l'enseignant ou des élèves, ont été recherchées : demander aux élèves de repérer dans des formulations d'autres élèves la manifestation d'un obstacle plus transversal formulé par l'enseignant, rechercher des points communs entre plusieurs erreurs, ce qui peut permettre de dégager des aspects plus transversaux, ou bien encore, comme dans le deuxième exemple que nous avons cité plus haut, une liste d'obstacles étant proposée par l'enseignant, choisir ceux qui correspondent à ce qu'on pense avoir rencontré et en proposer d'autres. Ces solutions donnent une place certaine à l'activité propre des élèves mais les guident étroitement, de façon à orienter leur activité. Ce type de solution a souvent été proposé comme travail individuel écrit ayant une allure d'exercice. Ont-elles été vécues comme trop scolaires, et ont-elles été vraiment investies par les élèves ? Des solutions ont été recherchées par la suite pour créer un enjeu plus important dans la situation. Nous en verrons un exemple dans l'étude de cas que nous développerons plus loin.

comment faire  
comprendre  
que l'obstacle  
n'est ni erreur  
ni lacune ?

Le deuxième type de problème est lié à la compréhension du concept d'obstacle. Le travail d'identification d'obstacle a souvent été confondu avec le repérage d'erreurs. On est alors dans une logique du vrai/faux, alors que pour qu'une prise de conscience des obstacles puisse avoir ultérieurement une répercussion, il semble plus pertinent, nous l'avons vu, que le niveau de la dynamique de pensée sous-jacente soit évoqué. Le passage du registre du vrai/faux local ou du "je ne savais pas" au registre de l'aide/obstacle plus transversal ne se fait pas de façon aisée. Les activités déjà évoquées de repérage de points communs entre erreurs différentes tentent une solution pour ce type de problème. Mais, dans la plupart des cas, des reformulations multiples des consignes ont été nécessaires pour orienter vers les registres visés.

Le troisième type de difficulté réside dans les manifestations affectives violentes rencontrées dans certains cas lorsque des élèves sont confrontés matériellement à leurs propres productions antérieures, qu'ils jugent *a posteriori* mauvaises. Tout se passe alors comme s'ils étaient affectés maintenant par la mauvaise opinion qu'ils ont actuellement de leur production antérieure, à la surprise des enseignants qui escomptaient une valorisation liée à la conscience des progrès accomplis. "Ah, vous êtes bien contente, madame, on s'était tous plantés !" s'écrie un élève lors d'une de ces situations en classe de Sixième. Ces manifestations s'opposent à un regard distancié qui demande une certaine sérénité. Dans la situations évoquée en classe de Sixième, l'enseignante entreprend, après cette manifestation négative collective, de "réhabiliter" leurs premières productions aux yeux de ses élèves. Elle leur fait pour cela rechercher en quoi ces idées les "empêchaient de comprendre" mais surtout en quoi ces idées leur "étaient aussi utiles", cherchant

comment éviter  
la dévalorisation ?

par là à justifier à leurs yeux le fait qu'ils puissent avoir eu légitimement cette idée. On peut remarquer en passant que cette modalité de travail constitue une solution simultanée à deux problèmes : rétablir une image positive des élèves quant à leurs capacités intellectuelles, mais aussi les orienter vers un registre qui prenne en compte les aspects dynamiques du fonctionnement de l'obstacle. L'utilisation de textes historiques, comme nous l'avons évoquée plus haut, constitue aussi un moyen de distanciation permettant d'éviter ce type de remise en cause personnelle. Elle contribue à faire considérer les obstacles non pas comme des manquements personnels, mais comme une caractéristique universelle de la pensée en construction. D'autres types de médiations ont été imaginés par la suite, comme celui que nous verrons dans notre étude de cas.

Cette dédramatisation nous semble importante par rapport à l'esprit de notre projet. Comme le dit Michel Fabre : *"L'inconscient bachelardien n'est pas tragique (comme celui de Freud), il est plutôt comique."* (Fabre, *ibid.*). Dans un autre registre, Larochelle et Désautels évoquent cette même préoccupation lorsqu'ils écrivent : *"En somme, il s'agit de favoriser l'occasion d'exercer une "démocratie épistémologique" en prenant conscience qu'il y a des points de vue, une diversité d'argumentations, etc., et non de provoquer un dérangement épistémologique sur un mode personnel et avec des intentions d'"enfoncer" sur le plan cognitif les personnes. Ce n'est donc pas une sorte de provocation psychologique délibérée, qui, sous prétexte de faire bouger les personnes, les blesse."* (Larochelle et Désautels, *ibid.*).

#### **2.4. Quelques pistes pour résoudre ces problèmes**

Pour résumer, les premiers essais nous ont appris que les écueils à éviter sont les suivants : le désinvestissement des élèves, la proposition de formulations qui ne correspondent pas au registre des obstacles, les réactions affectives dévalorisantes.

Le but est de parvenir à ce que les élèves contribuent à formuler eux-mêmes des considérations sur ce qui les induit en erreur ou arrête leur pensée, d'une façon qui mette en relation des modes de pensée plus ou moins transversaux (*"on a tendance à ne pas penser à ce qui ne se voit pas"*) et des jugements sur des erreurs d'ordre local (*"on croyait que les végétaux verts ne se nourrissaient qu'à partir d'eau et de sels minéraux"*). On vise également à ce qu'ils détachent leurs errements initiaux de leur propre personne pour les considérer comme un processus partagé, et surtout nécessaire à la construction de la pensée. Enfin, il s'agit de faire en sorte que ces considérations restent au maximum disponibles pour d'autres situations.

Les aspects suivants des situations peuvent contribuer à atteindre ces objectifs :

finalisation  
de l'activité,  
long terme  
et médiations

- finaliser les activités : c'est une façon d'obtenir un investissement réel des élèves dans la tâche proposée ;
- s'inscrire dans le long terme : c'est une façon de pouvoir repérer des manifestations différentes de l'obstacle dans des contextes différents et de pouvoir accéder à des formulations plus transversales ; cela favorise aussi la prise de conscience du caractère à la fois fonctionnel et résistant de l'obstacle ; cette conscience peut contribuer au développement de la vigilance critique souhaitée ;
- rechercher des décalages ou des médiations : le fait de chercher à identifier les obstacles dans la pensée d'autrui plutôt que directement dans la sienne propre (autres élèves, documents de vulgarisation, textes historiques) permet d'éviter l'autodévalorisation et le retrait liés aux fortes réactions émotionnelles.

Le dispositif qui suit, élaboré après les premiers essais, tente d'intégrer ces dimensions.

#### **4. UN DISPOSITIF POUR L'IDENTIFICATION D'OBSTACLES AUTOUR DES CHANGEMENTS D'ÉTAT, À L'ÉCOLE PRIMAIRE**

après une suite  
d'activités sur  
les changements  
d'état

Cette situation est proposée à des élèves d'une classe de CM2 (fin de l'école élémentaire) (7), après un travail à longue échéance sur l'évaporation de l'eau, la dissolution et les changements d'état, selon une logique d'objectif-obstacle. On s'y est centré sur le traitement d'un réseau d'obstacles liés à la difficulté de concevoir l'existence de ce qui n'est pas directement perceptible, à l'étanchéité des catégories correspondant aux différents états de la matière (une substance liquide est par nature liquide et ne peut pas se transformer en solide ou en gaz) et aux problèmes de vocabulaire correspondants (l'utilisation du terme "glace" par exemple pour désigner l'eau à l'état solide, qui renforce l'obstacle précédent). Ce travail a mis en jeu un ensemble d'activités qui ont conduit les élèves à expliciter leurs représentations sur ces phénomènes, à poser une série de problèmes en relation avec ces obstacles et à les résoudre au moins partiellement, avec le support d'activités expérimentales. Après un travail reposant sur des aspects essentiellement phénoménologiques, des activités de modélisation ont contribué à fournir des explications aux phénomènes étudiés. C'est à l'issue de cet ensemble d'activités qu'une séquence d'identification des obstacles par les élèves est proposée.

---

(7) Cette séquence de classe a été imaginée et réalisée par Claude Simonnot et Elisabeth Plé.

#### 4.1. Le principe de la séquence

Elle utilise un principe dont l'intérêt a été souligné par plusieurs auteurs : celui de l'enseignement par les élèves à d'autres élèves (Bachelard, 1938, Barnier, 1994). Dans la présentation qu'il propose d'une "utopie scolaire", Bachelard l'exprime en ces termes :

*"Voici, d'après nous, le principe fondamental de la pédagogie objective : Qui est enseigné doit enseigner. Une instruction qu'on reçoit sans la transmettre forme des esprits sans dynamisme, sans autocritique. Dans les disciplines scientifiques surtout, une telle instruction fige en dogmatisme une connaissance qui devrait être une impulsion pour une démarche inventive. Et surtout, elle manque à donner l'expérience psychologique de l'erreur humaine.[...] Nous croyons en effet qu'il court toujours un jeu de nuances philosophiques sur un enseignement vivant : un enseignement reçu est psychologiquement un empirisme ; un enseignement donné est psychologiquement un rationalisme. Je vous écoute : je suis toute ouïe. Je vous parle : je suis tout esprit."* (Bachelard, 1938, pp. 244-246)

Nous avons, dans une recherche précédente qui étudiait de telles modalités de travail (Peterfalvi et Adamczewski, 1985), retrouvé l'effet fortement structurant de ce type de situation pour l'élève mis en position d'enseigner. Par la dynamique intellectuelle qu'il suscite, les élèves s'engagent dans une activité qui articule un regard rétrospectif sur leurs conceptions de départ et la structuration de leurs connaissances. Ces situations favorisent un regard rationnel et réflexif.

La situation expérimentée reprend ainsi ce principe pour l'identification d'obstacles : on annonce aux élèves qu'ils auront à enseigner à une autre classe ce qu'ils ont appris depuis deux années à propos de l'évaporation de l'eau. On les invite dans ce but à explorer leurs propres idées de départ sur la question et les problèmes de compréhension qu'ils ont rencontrés, *"parce qu'il est probable que les copains auront les mêmes idées, rencontreront les mêmes problèmes, et qu'il faudra les aider à comprendre"*. Ainsi, la recherche de leurs propres représentations et obstacles surmontés est référée à ceux que rencontreront les autres élèves et sans le support matériel de leurs propres productions antérieures erronées. On évite ainsi l'autodévalorisation. Cette recherche est aussi de ce fait finalisée ce qui suscite un engagement important dans la tâche. Cette dynamique est renforcée par la forme donnée au travail écrit : les élèves écrivent à plusieurs un seul texte et chacun formule aussi bien les obstacles repérés chez soi que chez les autres. Celui qui a manifesté l'idée autrefois n'a pas d'importance dans cette tâche, par contre, le fait de repérer un obstacle est vécu comme un apport positif pour le travail du groupe. Notons que l'ensemble de cette réflexion ne peut se faire que parce que les élèves ont eu l'occasion d'exprimer préalablement leurs idées, de les confronter entre elles, de repérer

revisiter  
ses obstacles  
pour enseigner  
à d'autres

des divergences, des contradictions, de poser des problèmes susceptibles de les résoudre, de réaliser des manipulations en rapport avec ces problèmes, etc. C'est dans cette mesure qu'ils peuvent réfléchir maintenant en s'appuyant sur le souvenir de conflits plus ou moins résolus, mais exprimés en tant que tels dans une période antérieure.

## 4.2. Les étapes de l'activité

Voyons les étapes successives de l'activité proposée. Nous y suivrons l'évolution des formulations issues des premières propositions d'un groupe de quatre élèves.

①	②	③	④	⑤	⑥
Repérage d'idées obstacles	Récapitulation collective des obstacles repérés	Constitution de familles d'obstacles : vers le transversal	Établissement de liens entre local et transversal	Intégration des obstacles repérés à la préparation du cours	Séquence d'enseignement à une autre classe : reconnaissance d'obstacles

### ① Repérage d'idées obstacles

En petits groupes, les élèves réfléchissent sur ce qui les a eux-mêmes gênés et sur ce qui les a aidés à comprendre, dans le but d'utiliser cette réflexion pour l'organisation de l'enseignement qu'ils auront à mener. Chaque groupe sait qu'il aura la charge de l'enseignement à un autre petit groupe. Cette phase de travail donne lieu à de nombreuses reformulations de la consigne, qui vise à orienter les élèves vers le registre des obstacles, loin d'être spontanément adopté par tous (*"on cherche ce qui nous a embêtés"*, *"ce qu'on croyait"*, *"qui nous gênait"*, *"nous empêchait de comprendre"*, *"l'idée qui nous empêchait de comprendre"*, etc.). Chaque petit groupe doit réaliser une affiche qui portera sur *"ce qui nous a gênés"* et *"ce qui nous a aidés à comprendre"* qu'ils liront au cours de la phase collective qui doit suivre.

"ce qui nous empêchait de comprendre"

Un groupe de quatre propose dans la discussion cette suite de propositions quant à une difficulté qu'ils ont rencontrée pour comprendre l'évaporation de l'eau :

*"On croyait que l'eau était toujours liquide... que la roche était toujours solide... ça dépend des matières... parce que c'est comme ça qu'on a l'habitude de les voir... c'est une mauvaise habitude."*

On peut remarquer la richesse de ces propositions quant aux dimensions de l'expression de l'obstacle que nous avons définies plus haut.

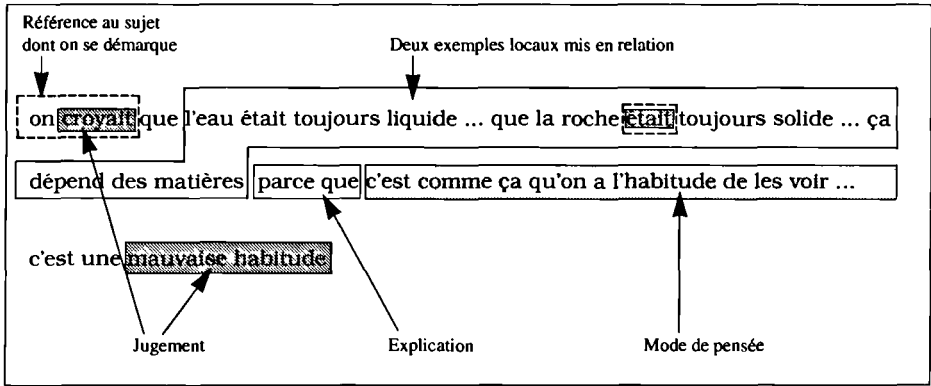


Figure 2.

La référence explicite au sujet, une amorce de généralisation, des jugements et des aspects dynamiques concernant un mode de production des idées s'y expriment. La dimension de justification de la croyance abandonnée apparaît sous la forme de l'explication par un mode de production des connaissances considéré comme légitime (c'est comme ça qu'on a l'habitude de la voir) ; un jugement négatif sur ce mode de production apparaît simultanément. Le double aspect positif-négatif des obstacles est donc exprimé ici de façon complexe.

une explication complexe

Le texte produit à la suite de cet échange oral – “On croyait que l'eau était que liquide à force de la voir dans la vie de tous les jours.” – reprend l'obstacle qui consiste à attribuer un seul état à chaque substance, mais l'exprime seulement pour l'eau, c'est-à-dire le sujet de l'enseignement prévu. Le début de généralisation manifesté oralement (que la roche était toujours solide, ça dépend des matières) est donc perdu. L'obstacle plus transversal qui était exprimé oralement, à savoir que la compréhension des phénomènes s'appuie sur l'expérience sensible quotidienne, s'y retrouve également. Mais le jugement porté sur cette modalité de la pensée “c'est une mauvaise habitude” disparaît à l'écrit. On retrouvera cependant les idées abandonnées à ce stade dans des phases orales ultérieures.

**② Récapitulation collective des obstacles repérés**

balayer l'ensemble des obstacles

Au cours de cette phase, l'enseignant écrit au tableau les phrases proposées par les élèves sur “ce qui les a embêtés” (par exemple : “l'eau était toujours liquide”, “l'eau était-elle toujours là quand elle devenait invisible ?”, “la matière n'était qu'à l'état solide”, “l'eau devenait de l'air”, etc.). Par la complémentarité de ce que disent les différents groupes, il s'agit de cerner l'ensemble des difficultés possibles et qui pourront se présenter chez leurs futurs élèves. L'enseignant fait

remarquer quelques ressemblances entre les phrases et n'écrit qu'une fois celles qui expriment la même idée. Il les modifie légèrement après négociation avec leurs auteurs et privilégie les formulations qui se rapprochent davantage du registre des obstacles aux dépens de celles qui se réfèrent au "on ne savait pas que...". Cette façon de procéder permet d'aller plus loin dans le degré de généralité des formulations qui seront progressivement construites. En contrepartie, l'adhésion des élèves à ces formulations sera probablement moins forte que s'ils les avaient produites eux-mêmes telles quelles.

Le même groupe dit dans la discussion : "On croyait que l'eau était que liquide parce qu'on la voit comme ça dans la vie de tous les jours." L'enseignant écrit au tableau : "L'eau était toujours liquide." C'est une expression condensée de la première partie de la phrase. Comment interpréter que l'enseignant n'ait pas retenu ici l'explication par l'expérience sensible quotidienne ? Visait-il d'abord à identifier séparément chaque idée obstacle, dans un souci de clarté pour l'ensemble des élèves ? Cherchait-il une homogénéité dans les types de formulations proposées ? La logique du balayage global obligeait-elle à une simplification ? Craignait-il que ce type de considération soit trop difficile à comprendre ? Quelle qu'en soit la raison, cet aspect référant à la justification des idées dépassées et à la compréhension de la résistance de l'obstacle n'est pas mise ici au premier plan.

une formulation simplifiée

### ③ **Constitution de familles d'obstacles : vers le transversal**

Dans un second temps, sur un mode dialogué, l'enseignant propose aux élèves de chercher des "familles" de propositions parmi celles qui sont inscrites au tableau, tentant par là de faire émerger des formulations plus transversales des obstacles. S'appuyant sur la discussion instaurée dans la classe, l'enseignant entoure de couleurs différentes les phrases correspondant aux différentes "familles". Ainsi "l'eau évaporée était-elle toujours de l'eau ?" est regroupé avec "l'eau devenait de l'air" et avec une série d'autres propositions sous l'appellation "les états". On arrive alors à trois "familles" : "les états", "parce que c'était invisible", "le sens de certains mots", qui ne désignent pas vraiment, on peut le voir, des formulations d'obstacles.

### ④ **Établissement de liens entre local et transversal**

Dans le but d'obtenir cette fois des formulations transversales d'obstacles, une nouvelle discussion en groupe classe est proposée à partir de trois phrases d'élèves jugées représentatives, inscrites au tableau : "une matière qui change d'état change de matière", "l'eau était-elle toujours là quand

chercher  
des exemples  
des équivalences...

*elle devenait invisible ?*”, “*la matière n’était qu’à l’état solide*”. Les élèves sont invités à rechercher des relations entre ces phrases, à les exemplifier, à les rapprocher d’autres propositions données ou non la fois précédente. Le jeu des recherches d’équivalences (par exemple : “*une matière qui change d’état change de matière*” est-il équivalent à “*une matière n’avait qu’un état*” ?), des reformulations, des différentes exemplifications conduit les élèves à s’approprier les propositions d’autrui et à mettre en relation les aspects généraux évoqués et leur manifestation dans des exemples variés. L’enseignant modifie le texte au tableau au fur et à mesure de la discussion.

Ainsi l’obstacle exprimé précédemment par le petit groupe dont nous avons suivi les formulations est-il repris et développé dans la discussion en mettant en relation liquide et gaz :

Jean-Louis : - *Ben aussi, quand on voit de l’eau... on savait pas avant que ça pouvait devenir du gaz vu que dans la vie de tous les jours on voyait que l’eau elle était liquide ! Donc on la voyait moins souvent en gaz !*

puis reformulée en employant le terme “état”, plus général :

Jean-Louis : - *Ben on savait pas, avant que l’eau avant... elle pouvait être en gaz ! On la voyait dans la vie de tous les jours à l’état liquide !*

et rattachée, sur l’incitation de l’enseignant, à un obstacle plus général par comparaison avec un autre exemple :

P. : - *Alors qu’est-ce que c’est que cette idée qu’est en train de dire Jean-Louis... parce qu’on pourrait la prendre pour d’autres matières que l’eau d’ailleurs ! C’est que Jean-Louis était en train de dire que pour lui finalement...*

Guillaume : - *que ça voulait dire que... qu’il croyait que c’était qu’à l’état liquide parce que on la voyait dans la vie de tous les jours, tandis que l’état gazeux on le voyait pas souvent !*

P. : - *Oui, d’accord, mais là on ne parle que de l’eau. Et si on voulait essayer de donner une idée plus générale ?*

E. : - *Ben c’est pareil aussi pour la bougie ! Dans la vie de tous les jours, on la voit solide, mais... on peut aussi la rendre à l’état liquide !*

P. : - *Maintenant on le sait ! Donc l’eau pour nous c’était toujours liquide, la cire c’était toujours solide, on pourrait prendre encore d’autres exemples, alors ça ce serait quelle grande idée si on essayait de la trouver en une phrase ?*

E. : - *Les matières... plusieurs changements ?*

P. : - *Plusieurs ? plusieurs quoi ?*

E. : - *Plusieurs états.*

P. : - *Plusieurs états. Maintenant c’est ce qu’on dit, mais avant qu’est-ce qu’on croyait, nous ?*

E. : - *Qu’il y avait qu’un seul état par matière !*

P. : - *Oui donc si on propose une phrase... “Avant on pensait qu’une matière ... (écrit sur le tableau) ...n’avait qu’un état”.*

... des formulations  
générales



À la fin de la séance, deux formulations générales sont conservées et écrites au tableau : *“une matière qui change d'état se transforme en une autre matière”* (considérée comme équivalente à la dernière phrase du dialogue ci-dessus) et *“ce qui est invisible n'existait pas”*, comme désignant ce qui empêchera probablement les camarades de comprendre. Ce sont ces formulations qui seront conservées comme référence commune pour la suite du travail.

Si l'on se reporte aux premières formulations de notre petit groupe, on peut repérer que la formulation générale en germe au départ a maintenant été effectivement produite, que d'autres élèves se la sont appropriée et qu'elle a été mise en relation avec d'autres obstacles comme celui qui est attaché au caractère invisible des gaz. Des régressions ont eu lieu dans l'explicitation des idées (abandon transitoire d'une formulation généralisante, et d'une formulation référant à la justification de l'idée de départ), mais ces régressions ont été compensées par d'autres avancées.

#### **5 Intégration des obstacles à la préparation du cours**

Les élèves sont maintenant invités par petits groupes à imaginer des situations qui aideront leurs “élèves” à surmonter ces incompréhensions. Les projets de travail sont consignés sur l'affiche élaborée lors de la première séance de préparation.

#### **6 Séquence d'enseignement à une autre classe : reconnaissance d'obstacles**

Chaque groupe de départ, comportant quatre élèves, est chargé d'un petit groupe équivalent d'enseignés (élèves d'une classe de CM1). Deux des élèves devront enseigner, les deux autres seront “surveillants d'obstacles” : ils devront écouter les formulations des élèves enseignés du point de vue de la manifestation des obstacles repérés et devront inscrire sur une feuille divisée en deux colonnes, correspondant aux deux formulations générales d'obstacles retenues, les manifestations particulières correspondantes chez les élèves enseignés. Il s'agit cette fois d'un entraînement à la reconnaissance d'obstacle dans ses manifestations locales et à la mise en relation du particulier et du général. Il faut bien comprendre qu'une telle consigne de travail, qui peut paraître ambitieuse, a été élaborée dans un dialogue entre l'enseignant et les élèves, et n'est compréhensible pour ces derniers qu'en référence au travail accompli au cours des phases précédentes.

Quelques groupes d'élèves font fonctionner ces catégories conformément au projet, bien que la place de certaines formulations témoigne de la difficulté de la tâche comme dans la figure 3 : les premières formulations de chaque colonne, exprimant la même idée, renvoient à la convergence de plu-

surveiller  
l'expression  
d'obstacles  
chez les novices

mettre en relation  
l'obstacle et  
sa manifestation

sieurs obstacles sur une même représentation ; d'autres, inclassables selon les critères retenus, comme "l'eau liquide c'est mou", semblent avoir été placées n'importe où ; ou encore, des erreurs, comme la vraisemblable inversion entre "se rassemblent" et "sont desserrées" dans les formulations de la dernière ligne des deux colonnes, témoignent d'un défaut de stabilité de la nouvelle construction. Toutefois, ce tableau fonctionne.

<p>Ce qui est invisible n'existe pas ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ils ne croient pas qu'on peut récupérer l'eau quand elle évapore</li> <li>• Ils croient que la vapeur ne peut pas devenir de l'eau liquide</li> <li>• L'eau liquide c'est mou.</li> <li>• L'eau solide c'est dur Un crayon <sup>de papier</sup> VC est une matière</li> <li>• Les molécules se rassemblent quand on fait évaporée</li> </ul>	<p>une matière qui change d'état se transforme en une autre matière ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ils pensent qu'on ne peut pas récupérer l'eau</li> <li>• L'eau qui devient solide c'est encore de l'eau et quand l'eau est gazeuse elle change de matière</li> <li>• Pour eux le gaz carbonique ne peut pas devenir liquide et solide</li> <li>• Les molécules de gaz ne sont pas les mêmes que celles de l'eau</li> <li>• Les molécules sont disséminées dans l'eau</li> </ul>
--	--

Figure 3.

D'autres, ne parvenant pas à reconnaître dans ce que disent leurs "élèves" les manifestations de ces formulations, réorganisent leur outil en relevant élève par élève la suite des propositions. Deux autres groupes ne remplissent pas ce tableau, soit que la tâche se soit avérée trop difficile pour eux, soit qu'ils se soient par trop identifiés à l'élève qui "faisait le cours". Quant aux élèves-professeurs, ils prennent leur rôle très au sérieux et certains d'entre eux désignent eux-mêmes les obstacles : "vous croyez peut-être qu'elle a disparu quand on ne la voit plus ?" (l'eau qui s'est évaporée)

et sont parfois désappointés lorsque l'obstacle attendu ne se manifeste pas, tout comme les enseignants dans les situations de travail sur les obstacles. On peut citer pour exemple ce commentaire un peu dépité à une réponse jugée exacte d'un élève enseigné : "ce n'est pas faux !" C'est que les élèves-professeurs, à l'intérieur de leur fonction, jouent aussi le rôle de surveillants d'obstacles. Ce qui était bien le but recherché ! À la suite de cette séance, lors d'entretiens avec une partie des élèves, ceux-ci axent spontanément leurs discours sur les idées qu'ils jugent étonnantes de leurs élèves, signe d'une reconnaissance et en même temps d'une mise à distance des obstacles.

Notons que cette séance, outre le repérage d'obstacles pour laquelle elle a été imaginée, a été l'occasion d'une synthèse importante et d'une structuration des idées sur les phénomènes évoqués. Certains élèves ont à cette occasion ressorti les documents qu'ils avaient élaborés les années précédentes. Certains ont évoqué des activités de deux années auparavant (sur la dissolution du sel) pour indiquer que l'obstacle était le même que pour l'évaporation de l'eau maintenant évoquée : le sel semblait disparaître, tout comme l'eau qui s'évapore ! C'est un exemple de la façon dont peuvent s'épauler structuration des connaissances et identification des obstacles.

articuler  
identification  
d'obstacles  
et structuration  
des connaissances

#### 4.3. En guise de conclusion

Le fait, pour les élèves, de rechercher les obstacles auxquels ils ont été confrontés dans le but d'enseigner à d'autres présente un double intérêt :

- d'une part, la réflexion engagée est finalisée ; on gagne ainsi en investissement dans la tâche proposée, et une dynamisation importante des processus ;
- d'autre part, le fait de réfléchir à leurs propres obstacles à propos des obstacles que rencontreront d'autres permet de dédramatiser la situation et d'éviter les remises en question personnelles impliquant un niveau émotionnel dévalorisant.

Plusieurs modalités de travail sont proposées pour susciter la mise en correspondance d'obstacles vus sous un jour transversal avec leurs manifestations particulières : la constitution de "familles" de propositions portant sur des idées repérées et référant à un niveau local, l'exemplification de formulations générales d'obstacles, et l'utilisation de l'outil que constitue la référence à deux obstacles transversaux pour observer dans un discours en train de se constituer les manifestations de ceux-ci. En revanche, l'exploration des aspects "positifs" de l'obstacle, amorcée comme nous l'avons vu dans la justification de l'idée reconnue maintenant comme fautive (qu'à chaque matière ne correspond qu'un état) par un mode de production légitimant (on les voit comme ça dans la vie de tous les jours) n'est peut-être pas développée à la mesure de l'intérêt qu'il aurait pu revêtir. La

peut-on mettre  
l'accent sur  
les aspects positifs  
de l'obstacle ?

réflexion devra se poursuivre à l'occasion d'autres essais pour nous renseigner sur le caractère réalisable de cet aspect du travail.

## 5. QUELQUES QUESTIONS

La fécondité des situations que nous avons tenté de mettre en œuvre doit être questionnée à différents niveaux.

Les dimensions de l'identification d'obstacles que nous avons évoquées ont émergé de façon effective en situation de classe. Cela indique que la production de tels types de formulations est possible et même parfois dans des classes d'école primaire, comme nous l'avons vu dans l'exemple que nous avons développé. Cela écarte la crainte que l'on aurait pu avoir quant au caractère inaccessible d'un tel type de travail. Il reste à voir, bien entendu, quel type de formulation émerge effectivement dans telle ou telle situation, au cas par cas.

une activité  
accessible  
à tous ?

On peut se demander si ce travail est accessible à tous les élèves, en fonction de l'âge, des styles cognitifs, des milieux socioculturels et s'il convient mieux à certains élèves qu'à d'autres. Une première réponse peut être donnée quant au problème de l'âge. Les difficultés n'ont en effet pas été plus grandes à instaurer de telles situations et à obtenir des formulations intéressantes au niveau de l'école primaire qu'en classe de Seconde. Faut-il interpréter cela comme une plus grande perméabilité des enfants de cet âge à ce qui s'éloigne de la coutume scolaire ? En ce qui concerne les styles cognitifs et le niveau scolaire, il est vraisemblable que des différences vis-à-vis de ce type d'activités se manifestent. On peut toutefois avancer que si la capacité de distanciation est moins développée au départ chez certains, c'est justement ce type d'activité qui permet de l'accroître. Par ailleurs, notre analyse des différentes dimensions des formulations des obstacles en a fait apparaître les variations possibles et les différents niveaux de complexité. Il est possible d'adapter le type de formulation aux possibilités de chacun. Nous avons repéré en revanche une sensibilité particulière des enfants issus de milieux défavorisés au sentiment de faute attaché à l'erreur : ils se sentent plus facilement dévalorisés et les précautions à prendre quant à la déculpabilisation de l'erreur sont particulièrement importantes pour ces élèves.

Mais des interrogations subsistent. Les justifications ou explications de l'erreur changent la nature du contrat, donnent confiance, déculpabilisent. Mais ceci joue différemment selon les élèves. Les enseignants se sont en effet parfois heurtés à une indifférence de la part de "bons élèves" : "*ce n'est pas leur problème, disent-ils, ils comprennent et ne produisent pas les erreurs dont on parle*". Pour les élèves faibles,

cette identification de la source de l'erreur joue sur le plan affectif, en *excusant leur faute*, mais on peut se demander si elle joue sur ce plan seulement ou si elle fournit effectivement un outil pour repérer et éviter l'obstacle dans ses nouvelles occurrences.

quel réinvestissement ultérieur ?

D'une façon plus générale, que produisent effectivement ces activités par rapport à la capacité de reconnaître ultérieurement l'obstacle et de l'éviter ? Quelle en est la fécondité pour le travail sur l'obstacle et son évitement ultérieur ? Notre analyse ne permet pas pour le moment de préjuger des réinvestissements réels auxquels ces formulations peuvent donner lieu. Nous avons vu que certaines d'entre elles permettent d'attendre davantage que d'autres. On peut par ailleurs imaginer des procédures de travail facilitant un tel transfert, comme les symbolisations que l'on peut facilement réévoquer en classe, la construction d'outils écrits visant à consigner des manifestations d'obstacles dans des situations nouvelles comme le tableau à deux colonnes de nos "surveillants d'obstacles" ... Mais cet aspect du travail restera à compléter dans des études ultérieures.

une pratique lourde ou incidente ?

Comment ce type d'activité peut-il s'insérer dans l'organisation globale d'une année scolaire, du point de vue du temps, de la complémentarité avec les autres modalités de travail ? Nous avons souligné la nécessité de ne pas substituer l'identification des obstacles à l'élaboration des connaissances scientifiques, mais de les articuler. Pour esquisser une réponse à ce type de question, nous aimerions attirer l'attention sur le fait que ces activités peuvent se concevoir de façons très différentes : sous des formes systématiques et relativement lourdes, organisées à cet effet dans le détail comme dans la séquence que nous avons rapportée, ou au contraire sous des formes légères, incidentes, et pouvant se réduire à un bref moment choisi selon l'opportunité du moment ou apparaissant même de façon spontanée au détour d'une activité autre. Si des formes lourdes ne sont pas toujours réalisables, pour des raisons de contraintes du système scolaire, elles sont pourtant importantes à expérimenter par les enseignants au moins une fois. Ceux-ci acquièrent en effet par cette expérience une compétence à provoquer des moments d'identification d'obstacles de façon plus incidente et légère.

La mise en œuvre de situations d'identification d'obstacles amorce de notre point de vue une piste nouvelle pour la prise en compte didactique des obstacles. Les situations le plus souvent proposées dans ce but combinent en effet débat entre élèves et mise à l'épreuve du réel dans une optique de résolution de problème scientifique. Or, ce que nous proposons ici, bien que complémentaire à ce type de démarche, est d'un ordre différent. Ce n'est pas nécessairement par une démarche expérimentale qu'on travaille les obstacles à la construction de concepts scientifiques.

D'autres démarches sont possibles, à la condition qu'elles soient articulées avec des démarches scientifiques.

Brigitte PETERFALVI,  
Équipe de didactique des sciences  
expérimentales, INRP.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN V.L. (1976), *Children as teachers*, New-York : Academic press.
- ASTOLFI J.-P., PETERFALVI B., VÉRIN A. (1991), *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales*, Paris : INRP.
- ASTOLFI J.-P., PETERFALVI B. (1993), "Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales", *Modèles pédagogiques 1*, Aster n° 16.
- BACHELARD G. (1938), *La formation de l'esprit scientifique*, Paris : Vrin.
- BARNIER G. (1994), *L'effet tuteur dans une tâche spatiale chez des enfants d'âge scolaire*, Thèse de doctorat, Université de Provence.
- BLAYE A. (1989), "Interactions sociales et constructions cognitives : présentation critique de la thèse du conflit socio-cognitif", in Bednarz N. et Garnier C. (eds), *Construction des savoirs, obstacles et conflits*, Ottawa, CIRADE, Agence d'Arc.
- CAUZINILLE E., MELOT A.-M. (1993), "Métacognition et acquisition de connaissances", *Cahiers de Beaulieu* n° 16.
- DÉSAUTELS J. (1989), "Développement conceptuel et obstacle épistémologique", in Bednarz N., Garnier C. (eds), *Construction des savoirs, obstacles et conflits*, Ottawa, CIRADE, Agence d'Arc.
- FILLON P. (1991), "Histoire des sciences et réflexion épistémologique des élèves", in *L'élève épistémologue*, Aster n° 12.
- FLAVELL J.H. (1985), "Développement métacognitif", in Bideau J. & Richelle M. éd., *Psychologie développementale : problèmes et réalité*, Brussels : Mardaga.
- FABRE M. (1995), *Bachelard éducateur*, Paris : PUF.
- GOIX M. (1996), *Les concepts de croissance et de développement en biologie. Obstacles et représentations chez des élèves de collège. Propositions de situations didactiques*, thèse de doctorat, université Paris VII.

- JOHSUA S., (1989), "Les conditions d'évolution des conceptions d'élèves", in Bednarz N., Garnier C. (eds) *Construction des savoirs, obstacles et conflits*, Ottawa, CIRADE, Agence d'Arc.
- LAROCHELLE M., DÉSAUTELS J. (1992), *Autour de l'idée de science*, Université de Laval et Bruxelles : De Boeck.
- MARTINAND J.-L. (1986), *Connaître et transformer la matière*, Berne : Peter Lang.
- MARTINAND J.-L. (1984), "La référence et le possible dans les activités scolaires", *Actes de l'atelier international de didactique de la physique* (La Londe des Maures, 1983).
- MELOT A.-M., N'GUYEN XUAN A. (1981), "La connaissance des phénomènes psychologiques" in OLERON *et al.*, *Savoirs et savoir-faire psychologiques chez l'enfant*, Bruxelles : Mardaga.
- MONCHAMP A. (1993), chapitre "Biologie", in COLOMB J. (dir.), *Les enseignements en troisième et seconde : ruptures et continuité*, Paris : INRP.
- MONTEIL J.-M. (1989), *Éduquer et former, perspectives psycho-sociales*, Grenoble : presses universitaires de Grenoble.
- NOIRFALISE R., (1990), "Arguments pour un modèle du fonctionnement cognitif en termes de connaissances, métaconnaissances et traitement de l'expérience", *Bulletin IREM de Clermont Ferrand* n° 41.
- NUSSBAUM J., NOVICK S. (1982), "Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation : toward a principled teaching strategy", *Instructional Science*, 11.
- ORANGE C. (1993), "Le concept d'obstacle en didactique des sciences : nécessité d'une approche plurielle", in *Le problème et l'obstacle en didactique des sciences*, Documents du CERSE, Université de Caen, n° 60.
- PETERFALVI B., ADAMCZEWSKI G. (1985), *Les possibilités d'entraide pédagogique entre élèves*, Paris : INRP.
- PETERFALVI B. (1991), "Apprentissage de méthodes par la réflexion distanciée", in *L'élève épistémologue*, Aster n° 12, Paris : INRP.
- PETERFALVI B. (1995), "Activités réflexives d'élèves en classe de sciences", in Giordan A. Martinand J.-L. et Raichvarg D. (éd.), *Que savons-nous des savoirs scientifiques et techniques ? Actes JIES, XVII*, Chamonix.
- PIAGET J. (1972), "Inconscient affectif et inconscient cognitif", in *Problèmes de psychologie génétique*, Paris : Denoël.
- PIAGET J. (1974), *La prise de conscience*, Paris : PUF.

PIAGET J. (1974), *Réussir et comprendre*, Paris : PUF.

PLÉ E. (1995), "Attaquer un obstacle par ses différentes faces à l'école élémentaire : l'air n'est pas de la matière", in Giordan A., Martinand J.-L., Raichvarg D. (éd.), *Que savons-nous des savoirs scientifiques et techniques ? Actes JIES, XVII*, Chamonix.

POSNER G. J. *et al* (1982), "Accommodation of a scientific conception : towards a theory of conceptual change", *Science Education*, 66.

RUMELHARD G. (1996), "Représentations et travail résistant. Obstacles et conditions de possibilité pour l'assimilation du savoir en biologie et géologie", *Biologie Géologie*, Bulletin de l'APBG n° 4.

VÉRIN A. (1993), "Didactique des sciences et apprentissages méthodologiques", *Cahiers de Beaulieu* n° 16.

VÉRIN A. (1995), "Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences", *Repères* n° 12.

WHITE R.T., GUNSTONE R.F. (1989), "Metalearning and conceptual change", *International Journal of Science Education*, 11 (numéro spécial) : 577-586.