

APPRENDRE PAR FRANCHISSEMENT D'OBSTACLES ?

Jean-Pierre ASTOLFI
Université de Rouen,
Equipe de didactique des sciences de l'INRP

Résumé : Les nombreuses études sur les représentations des élèves ont contribué à modifier le statut didactique de l'erreur. La mise en place des cycles à l'école primaire reprend à son compte une telle orientation. Sur cette base, l'article développe l'idée de savoir comment l'on peut dépasser la simple «prise en compte positive» de l'erreur, et concevoir les obstacles comme de véritables outils didactiques au service de l'apprentissage. Il met au centre de la réflexion le concept d'**objectif-obstacle**. Deux pistes sont particulièrement développées et illustrées. La première porte sur la possibilité d'une gestion à long terme des objectifs-obstacles pour repenser l'idée d'une «pédagogie spiralaire». L'appui sur les objectifs-obstacles fournit un critère organisateur des progressions, chaque reprise précisant ce qui la distingue du «tour de piste conceptuel» précédent, et conduisant à un énoncé scientifique qui fait mieux apparaître le progrès intellectuel correspondant.

La seconde concerne, de façon plus locale, le mode de construction des séquences d'enseignement, orientées par le franchissement d'un obstacle.

Depuis une dizaine années, on s'accorde à reconnaître l'importance des représentations dont disposent déjà les élèves, au moment où l'on se propose de leur enseigner des savoirs scolaires. On peut même dire que, d'une certaine façon, la didactique des sciences s'est construite autour de ce **concept de représentations** (que Giordan préfère appeler des **conceptions**) puisque aujourd'hui encore, c'est autour de cette question que l'on trouve, au plan mondial, la plus abondante littérature. Un grand nombre de concepts physiques, chimiques et biologiques, ont fait l'objet de recherches de représentations, et souvent de thèses. Evoquons simplement ici quelques études classiques, autour de la conception des forces (Viennot, 1979), de la génétique (Rumelhard, 1986), du courant électrique (Johsua, 1988), etc. Des ouvrages de synthèse et des revues de question sont disponibles pour les enseignants scientifiques et les formateurs en didactique des sciences. (Giordan et De Vecchi, 1987 ; Jonnaert, 1988 ; Tiberghien, 1985 ; Viennot, 1989).

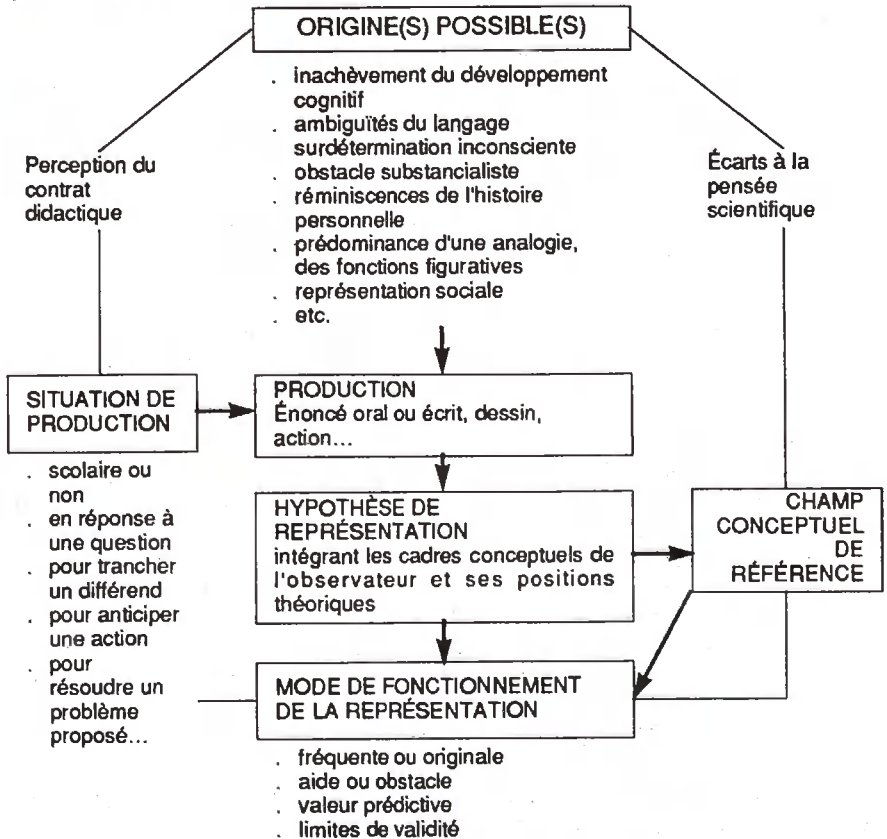
1. UN NOUVEAU STATUT DE L'ERREUR

Un tel foisonnement de travaux a contribué à la modification du **statut didactique de l'erreur**, et au développement de modèles constructivistes de l'apprentissage. La mise en place des cycles à l'école élémentaire reprend à son compte cette

orientation, et le document officiel relatif à leur mise en place des cycles précise que «l'erreur devient l'outil privilégié du maître pour recenser les lacunes ou les faiblesses, pour explorer les démarches d'apprentissage, pour élaborer et mettre en œuvre les réponses apprôpriées».

1.1. Les représentations comme système explicatif, fonctionnel pour l'élève

En fait, la représentation va bien au delà de l'idée d'erreur, puisqu'elle s'est constituée le plus souvent comme un **système explicatif** pour l'élève, construit de longue date, et qui s'avère **fonctionnel** pour lui. Le schéma proposé dans notre *Que sais-je ?* sur la didactique des sciences fait bien apparaître la diversité des dimensions d'analyse des représentations (Astolfi et Develay, 1989), et permet de s'expliquer ce qui ressort de tous les travaux didactiques : le fait qu'elles traversent de façon diachronique la scolarité, qu'elles perdurent souvent ... jusque chez les étudiants avancés dans leur discipline universitaire, et même chez les enseignants qu'ils deviennent ensuite !



Mode de fonctionnement des représentations

L'explicitation détaillée des rubriques de ce schéma déborderait le cadre de cet article (Cf. Equipe de recherche Aster, 1985). Notons simplement le caractère dialectique des représentations : à la fois erreur et point d'appui didactique, d'origine tantôt individuelle, tantôt sociale, tantôt didactique, etc.

1.2. Les représentations comme indices d'obstacles sous-jacents

Ce qui fait la complexité des représentations, c'est précisément ce double statut : de distance avec le savoir savant (c'est leur côté «erreur»), et de système éprouvé d'explication pour le sujet (c'est leur côté «modèle»). C'est pourquoi leur dépassement, s'il nécessite comme on le dit souvent, qu'on les «fasse émerger» et qu'on les «prenne en compte», exige en réalité bien davantage. On ne peut faire l'économie d'un **examen des obstacles intellectuels à travailler pour y parvenir**. Or, de nombreuses observations font apparaître les éléments suivants :

- a) Si les représentations subsistent si longtemps, c'est souvent parce que les obstacles auxquels elles renvoient sont **contournés, plus que travaillés**, par les apprentissages scolaires. Il suffit d'évoquer ce qu'explique S. Johsua sur le raisonnement séquentiel en électricité, et plus généralement ce que développent L. Viennot et J.-L. Closset sur le «raisonnement linéaire causal» (Cf. notamment différentes contributions dans Bednarz et Garnier, 1989). Ce «raisonnement» consiste schématiquement, à transformer en une succession temporelle, ce qui relève d'interactions mutuelles. Les interactions entre A, B et C, se trouvent modifiées de la façon suivante :

A agit sur B, lequel agit (simultanément) sur C
devient :

A agit sur B, qui agit (ultérieurement) sur C, mais n'agit pas sur A

On a retrouvé le même obstacle en écologie, lorsque les relations alimentaires dans une chaîne trophique sont considérées par les élèves comme des prédatons successives d'individus, avec englobement sous forme de «poupées russes», au lieu et place d'interactions entre populations : *A est mangé par B, lequel est mangé par C (A et B, dès lors, n'existant plus puisqu'ils ont été mangés)*.

Le maintien de telles formes de «raisonnement spontané» se révèle finalement compatible avec la résolution des exercices scolaires jusqu'aux niveaux supérieurs, ce qui explique qu'elles résistent, largement inchangées.

- b) De surcroît, il apparaît que de nombreux obstacles se présentent comme des **constructions didactiques** (largement involontaires évidemment), lesquelles correspondent à ce que les élèves ont cru pouvoir inférer à partir des situations d'enseignement qu'on leur a proposées. Un des exemples les plus célèbres concerne la représentation que se font les élèves du carré au terme de la scolarité, représentation par laquelle ils accordent plus d'importance à l'attribut «*reposer sur un côté*» (et non sur un sommet) qu'à la stricte égalité des côtés. Evidemment, les manuels

comme les exercices proposent presque toujours un travail sur des carrés « reposant sur un côté » et il y a là un problème de « contrat didactique » au sens de Brousseau - ou mieux de « coutume didactique » (Balacheff, 1988) -. Une sorte de « théorème-élève » s'installe donc *de facto*, selon lequel, si la figure « repose sur un sommet » ... c'est plutôt un losange !

2. SUR LES PROCÉDURES D'ÉVITEMENT CONCEPTUEL

2.1. La présence-absence des concepts

A supposer même que les obstacles initiaux soient réellement travaillés plus que contournés et que des obstacles didactiques surnuméraires ne soient pas involontairement introduits, le dépassement est encore loin de pouvoir être garanti. L'une des raisons pourrait être ce que nous appellerons des **procédures d'évitement conceptuel**. Dans une recherche en cours, relative à l'articulation entre le collège et le lycée, ce phénomène nous apparaît dans son ampleur, même si sa confirmation mérite encore d'être systématisée. L'enregistrement et le décryptage de séances d'enseignement scientifique, en troisième comme en seconde, fait apparaître en effet, que l'objet essentiel de l'apprentissage, au cours de ces séquences, est pour ainsi dire **présent-absent**. Une proportion notable du temps de la leçon concerne des aspects préparatoires et des rappels d'acquis antérieurs, de telle sorte que ce qui constitue la nouveauté conceptuelle, se trouve réduit à des **moments-clés fugitifs** (Astolfi, Fillon, Monchamp et Vérin, 1991).

- **Premier exemple** : Dans un cours consacré à la notion chimique de réduction, une longue durée est consacrée à la préparation d'une expérience de réduction de l'oxyde de cuivre par le carbone, ainsi qu'à la construction anticipée des cadres de l'observation, et à la préparation du plan du compte rendu expérimental.

Mais lorsque survient « l'événement didactique » vers lequel était tendue la phase préparatoire (à savoir l'obtention de la réaction chimique sur la paillasse du professeur), il ne dure que quelques instants impalpables, après quoi reprend une longue phase d'exploitation de ce qui est censé avoir été « vu ». Certains élèves, encore occupés par la réalisation des tâches préparatoires demandées, n'ont pas eu le temps de se décentrer sur ce qui se passait soudain au bureau ... que déjà il leur faut en rendre compte sur le classeur !

De même en fin de séance, le moment de la synthèse (celui qui fait passer de l'expérience singulière réalisée en classe, aux caractéristiques générales de la réduction, comprise comme le processus inverse de l'oxydation précédemment étudiée), est à nouveau un moment-clé fugitif, accéléré par le manque de temps.

- **Deuxième exemple** : De façon comparable, mais selon une modalité différente, un cours de biologie consacrée à l'énergie cellulaire et à ses sources, est consacré pour moitié à des rappels systématisés d'acquis de 5° et de 3°, chacun s'accompagnant de la distribution d'un document photocopie et conduisant à l'écriture d'une phrase de résumé.

La classe peut penser que cette phase préparatoire constitue l'objet principal de la leçon, tant elle est présentée de façon systématique et détaillée. En réalité, au moment où les élèves peuvent penser arriver au terme du projet didactique, on n'en est qu'au départ de la construction nouvelle. Par une série de «transitions logiques» très rapides, et au moment où ils ne l'attendent plus, l'enseignant leur présente une modélisation de l'activité énergétique de l'organisme, puis de la cellule. Dans cette phase cruciale, à vrai dire assez complexe, on ne retrouve paradoxalement plus le même effort de systématisation que dans la phase préparatoire.

2.2. Pédagogie «spiralaire» ou «effet Jourdain» ?

Certaines pratiques constatées à l'école élémentaire pourraient relever d'un processus comparable. On a noté que les activités scientifiques s'y étendent souvent sur une période assez longue, et cela est conforme aussi bien à la pédagogie des situations-problèmes (à partir desquelles on cherche à dégager notions et méthodes scientifiques), qu'à l'idée d'une «pédagogie spiralaire» et à celle - subordonnée - d'une **reprise** des mêmes acquis, à différents niveaux d'enseignement.

Pourtant certaines dérives apparaissent sensibles, en rapport avec ce que nous avons appelé des procédures d'évitement conceptuel, puisque l'on n'est pas toujours en mesure de caractériser, au terme de l'activité prolongée, la nature précise du progrès intellectuel obtenu (même si celui-ci reste légitimement transitoire, dans un processus à moyen terme). Il n'est pas rare d'entendre évoquer à ce moment, l'idée d'une simple «**approche**» de la notion, d'entendre déclarer que l'on ne peut exiger davantage de jeunes enfants de cet âge. Ce qui peut être contradictoire avec l'idée d'y avoir consacré tant de temps ... De quoi s'approche-t-on vraiment quand on parle d'«approche» ? Comment ne pas penser ici à ce que G. Brousseau a appelé un **effet Jourdain** ?

Mon propos n'est pas ici d'être inutilement critique, encore moins de faire chorus avec les pourfendeurs des défuntées activités d'éveil, pour réclamer «de la rigueur dans les acquisitions» ! Il vise à identifier un problème didactique important, celui qui consiste à savoir comment l'on peut gérer efficacement les reprises d'apprentissage, en évitant de se limiter à enseigner plusieurs fois aux élèves un même contenu (d'ailleurs vite défloré), par simple accroissement du lexique spécialisé. Or, il n'est pas certain que les enseignants disposent des outils nécessaires pour construire une véritable **pédagogie spiralaire** ; et ils en restent plutôt à une reprise qu'on pourrait dire «**circulaire**», dès lors qu'une avancée de la connaissance n'est pas identifiable à chaque occurrence nouvelle du contenu considéré (Cf. aussi sur ce point, Astolfi, 1990).

A vrai dire, il est permis de se demander si les enseignants n'ont pas comme une intuition de l'ampleur des difficultés qu'ils rencontreraient s'ils prétendaient s'attaquer sérieusement aux problèmes conceptuels qui se posent aux élèves et si, inconsciemment, ils ne préfèrent pas la prudence. Peut-être pressentent-ils qu'il leur faudrait disposer d'outils intellectuels qu'ils n'ont pas, comme par exemple celui d'objectif-obstacle que nous allons maintenant évoquer.

3. LA NOTION D'OBJECTIF-OBSTACLE

La notion d'objectif-obstacle (Martinand, 1986), s'efforce comme son nom l'indique, d'associer et d'articuler entre eux des travaux différents, et même des lignées de recherche divergentes. Lesquelles ont été développées, d'une part sur les objectifs pédagogiques, d'autre part sur les représentations des élèves, sans même se citer mutuellement.

Alors que la seconde lignée (travaux sur les représentations) met en évidence la profondeur et la permanence des difficultés que rencontrent les élèves à l'occasion d'un apprentissage, la première (travaux sur les objectifs) cherche à rendre opérationnels des contenus de l'enseignement ... définis *a priori* sans même s'interroger sur l'existence d'obstacles !

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

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

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

L'identification des obstacles constitue ici une question centrale, comme le montreront les exemples suivants. Elle nécessite que l'on approfondisse l'analyse de la matière enseignée, et parallèlement, que l'on conduise des observations de classe pour voir fonctionner les obstacles repérés, pour en préciser la nature, pour en percevoir d'autres, etc. L'analyse des obstacles reste ainsi largement empirique, même si elle doit s'efforcer de prendre appui sur une étude épistémologique rationnelle.

3.1. L'exemple de la notion biologique de «Milieu»

L'outil théorique «objectif-obstacle» fournit une clé qui peut permettre de construire des progressions «spirales» à moyen terme, avec des reprises d'apprentissage mieux raisonnées, ordonnées autour d'une succession d'obstacles précédemment analysés. Dans un travail antérieur, j'avais tenté avec A.-M. Drouin,

d'utiliser ce concept pour organiser la construction de la notion biologique de *milieu*, souvent utilisée mais plus rarement définie avec précision, même dans les ouvrages scientifiques scolaires et universitaires (Astolfi et Drouin, 1986). La maîtrise de cette notion suppose, le franchissement d'un certain nombre d'obstacles, dont quelques uns sont cités ici à titre d'illustration :

- **obstacle verbal**, lié à la polysémie du mot *milieu*. Le franchir, c'est accéder à la distinction entre un milieu géométrique (milieu-centre) et un milieu biologique (milieu-objet) ;
- **obstacle tautologique**, lié à la compréhension du *milieu* de chaque espèce en termes de «milieu naturel». Le franchir, c'est abandonner l'idée que chaque animal possède son «lieu propre» (au sens où Aristote emploie ce mot pour désigner le bas comme lieu naturel des corps pesants), ou que si un animal «se trouve bien» en un certain lieu, grâce à un «équilibre» de la nature qui le «comble». Car cela revient à évacuer tout problème scientifique : la nature serait bien faite et en équilibre, c'est tout !
- **obstacle anthropomorphique**, lié à une conception du *milieu* comme «garde-manger» des espèces, dans lequel chacune puise selon ses préférences. Le franchir, c'est renoncer à considérer l'animal comme doué d'une volonté, d'une liberté de choix, au profit d'une centration sur l'analyse des besoins alimentaires caractéristiques d'une espèce. Ce n'est qu'à cette occasion que l'expression *régime alimentaire* s'éloigne de son acception courante (Cf. «être au régime») pour acquérir une signification scientifique ;
- **obstacle holiste**, lié à la difficulté du passage à l'analyse. Le franchir, c'est ne plus considérer le *milieu* comme un tout insécable ou comme une chose (l'air, l'eau, la terre), mais devenir capable d'en analyser les composants ou les facteurs (température, humidité, acidité...). Cela correspond à l'abandon d'un point de vue «chosiste» et statique, pour une perspective relationnelle plus abstraite ; etc.

On pourrait multiplier les exemples d'obstacles relatifs à cette notion de *milieu*, mais ce n'est pas ici mon propos. J'ai privilégié quelques uns de ceux qui peuvent concerner l'école élémentaire, pour montrer qu'autour du franchissement de tels obstacles, on peut penser des reprises d'apprentissage d'une manière nouvelle, autrement que comme une «redite» améliorée de la version antérieure. Alors que le plus souvent, on fait utiliser le terme *milieu* par les élèves sans définition précise, ou bien on l'enseigne sans penser à travailler les difficultés qu'il recèle. Appliquons ici ce que proposait Martinand : le véritable objectif scientifique n'est pas une connaissance intrinsèque de la notion de *milieu*, mais bien la transformation intellectuelle (avec ce qu'elle comporte de ruptures épistémologiques) qui accompagne le dépassement des obstacles la concernant.

3.2. Les obstacles : les repérer, les fissurer, les franchir

Pourtant, l'identification des obstacles franchissables, aussi nécessaire qu'elle soit, peut ne pas suffire pour être efficace du point de vue didactique. Encore faut-il que le franchissement souhaité corresponde à un **progrès possible pour l'élève**, étant donné l'état de sa structuration cognitive.

Dans d'assez nombreux cas, il semble qu'une pédagogie fondée sur les obstacles conduise, non pas au franchissement de ceux-ci, mais seulement à leur «fissuration», ou tout simplement à leur «repérage» par la classe. Ce n'est peut-être pas si mal, et s'est sans doute même une étape indispensable pour l'apprentissage, à condition de ne pas se méprendre sur ce qui se joue. Deux exemples permettront d'illustrer ce point important.

Premier exemple : «On sèche les cheveux de la poupée»

Une séquence de classe au Cours préparatoire (Canal, 1979) débute par une activité fonctionnelle, au cours de laquelle la maîtresse propose aux élèves de laver les cheveux d'une poupée, puis d'utiliser de petits sèche-cheveux disposés à cet effet ... Succès assuré. Une fois que les enfants ont manipulé et ont vu sécher les cheveux de la poupée, elle fait insensiblement évoluer le type de questionnement, passant d'une activité ludique à une activité de nature plus scientifique. Elle pose alors une question du type :

«Que devient l'eau, quand on sèche les cheveux de la poupée ?»

Les élèves ne commencent pas par dire, comme elle l'espérait, que l'eau est passée dans l'air par évaporation, mais plutôt :

«Elle est passée dans la tête de la poupée» (!).

Après avoir pu concrètement vérifier que ce n'est pas le cas, ils proposent une seconde idée :

«Si elle n'est pas passée dans la tête de la poupée, elle est passée dans le sèche-cheveux.»

Un rapide démontage infirme aussi cette seconde idée. Une certaine déstabilisation se produit bien chez les élèves, qui peuvent *de visu* infirmer leurs prédictions, mais ceci **ne suffit pas** à leur rendre plausibles les explications substitutives à caractère plus scientifique. La deuxième réponse fait d'ailleurs rétroactivement comprendre la manière dont les élèves ont pu penser la première. Car si leur seconde hypothèse semble indiquer que le sèche-cheveux fonctionne à la manière d'un aspirateur, la première (étrange et inattendue) peut mieux se comprendre comme un fonctionnement du sèche-cheveux par refoulement d'air : l'air chaud sortant «sous pression» pousse l'eau au-delà des cheveux de la poupée, et la faire pénétrer à l'intérieur de la tête.

C'est à ce moment que la maîtresse, qui pense avoir préparé le terrain pour une explication à caractère scientifique, développe l'idée (avec des mots simples pour le

CP) que, si l'eau existe à l'état liquide et qu'on peut s'y tremper les mains, elle existe aussi sous la forme d'un gaz invisible, dans l'air de la classe. Une analyse détaillée ferait ici ressortir le caractère très difficilement franchissable de l'obstacle. Que répondent en effet les élèves ?

- Elle a disparu, l'eau est sèche.
- Elle tombe par terre ...
- Cela veut dire que l'eau est partie en fumée, qu'on ne la voit pas. (...) Qu'elle est invisible comme l'homme invisible.
- Quand il y a le Père Noël invisible, on ne le voit pas.
- Peut-être qu'elle passe sous la porte ?
- Elle peut pas voler !

Tout ce qu'on obtient, c'est la sollicitation d'une deuxième génération de représentations, autour de l'idée de visible et d'invisible, les élèves mobilisant leurs seules références disponibles (l'homme invisible, le Père Noël). Ne disposant pas de ce que Piaget a appelé la réversibilité opératoire et la transitivité, ils ne sont pas en mesure d'accéder au système d'explication substitutive que leur propose la maîtresse.

Ceci ne signifie pas, loin de là, que l'activité leur a été inutile. Ils ont bien repéré que «quelque chose ne va pas» dans leur représentation. Ils risquent de se souvenir des réfutations expérimentales qui leur ont été proposées. Mais cela n'est pas suffisant pour que l'obstacle puisse être franchi, même si cela accumule de l'expérience partagée par la classe, afin qu'il le soit ultérieurement. Ce qui manque, c'est la pensabilité, pour eux, d'un modèle alternatif, ce que va confirmer le second exemple.

Deuxième exemple : «*Qui a construit la falaise ?*»

A l'occasion d'une recherche récente, concernant la géologie à l'école élémentaire (Astolfi, Daloubeix, Deunff et Le Gouellec-Decrop, 1990), une classe de CM se rend en excursion géologique sur une plage du Pays de Caux, au pied de la falaise. Certains, n'habitant qu'à quelques kilomètres de la mer, n'étaient d'ailleurs jamais venus jusque-là. Le maître, à un moment des échanges, pose la question :

«*Comment s'est formée la falaise ?*»

Avec l'idée en tête que les élèves vont probablement parler de choses comme l'érosion marine ou l'éboulement des roches en surplomb. En fait, l'explication imprévue qui survient (et surprend) est :

«*La falaise, elle a été construite par les Allemands pendant la guerre*» (sic).

Evidemment, des blockhaus ne sont pas loin qui peuvent expliquer un glissement d'explication. Mais il y a surtout la **métaphore de la fabrication**, laquelle indique que la falaise est vue comme une paroi en deux dimensions ou, si l'on veut,

comme un décor. Pour mieux comprendre cette représentation, il faut alors les interroger sur ce qui se trouve, à leur avis, derrière la falaise. Et comme précédemment, leurs nouvelles réponses confèrent du sens à la première :

«Derrière la falaise, disent-ils, il y a de la terre, il y a des cailloux», et ils ajoutent souvent «il y a des grottes».

Aucun ne propose que derrière, il puisse y avoir la continuation de la même couche, car personne dans la classe ne se représente la falaise comme la limite d'érosion en deux dimensions d'une structure tridimensionnelle. Les élèves la voient plutôt comme une façade ou comme un mur, de telle sorte que la réplique relative au blockhaus perd son caractère anecdotique et humoristique, pour acquérir toute sa signification. Ici se conjuguent deux obstacles : l'un, fréquent à cet âge, que Piaget aurait appelé **artificialiste**, lequel consiste à attribuer une origine humaine, ou au moins construite, aux phénomènes naturels (faits, disent-ils, par *«les messieurs»*, par *«les hommes»*, ... mais aussi bien par *«les dinosaures»* !); l'autre, que l'on peut dire **géométrique**, et qui correspond à la difficulté que j'ai dite à considérer la troisième dimension.

Ces obstacles (surtout le premier) sont susceptibles d'être travaillés au niveau de classe considéré, mais la suite de la discussion fait apparaître de fortes résistances. Une petite fille explique en effet que le dimanche, elle est allée voir la maison en construction de son oncle, maison située à une trentaine de kilomètres de Dieppe, et raconte qu'elle a vu creuser le trou pour son implantation :

«C'est tout de la craie comme celle de la falaise !»

Rires ..., mais elle en a rapporté un morceau, et c'est bien de la craie. L'enseignant pense pouvoir s'appuyer sur un tel apport ; pourtant certains élèves argumentent autrement, et expliquent que probablement :

«Ils ont apporté la craie pour construire la maison.»

Elle, affirme qu'elle a vu les camions emporter la craie, et que d'ailleurs la maison *«est en ciment»*, mais on lui répond qu'*«il est impossible que la mer soit allée aussi loin ...»*.

Ce qui fait qu'un obstacle en est un, c'est précisément **sa résistance à la réfutation**. Si un contre-exemple, aussi «probant» soit-il, pouvait suffire à modifier la conception, pourquoi emploierait-on un mot aussi fort ? Certains obstacles, comme dans le cas présent, peuvent bien être repérés, voire déjà «fissurés» ; il faut autre chose pour qu'ils soient franchis. Il faut particulièrement que les élèves puissent **disposer d'une alternative conceptuellement satisfaisante**, condition indispensable pour abandonner sans regret le système antérieur d'explication, dont on a dit combien il était, lui, fonctionnel.

3.3. Trois fonctions didactiques possibles des objectifs-obstacles

J'ai déjà insisté sur le caractère récent du concept d'objectif-obstacle, et donc sur sa valeur encore prospective en didactique des sciences. Je conclurai en indiquant, à titre largement heuristique, trois fonctions didactiques qu'il peut assurer.

3.3.1. La gestion curriculaire à long terme

C'est l'aspect que l'exemple de la notion biologique de *milieu* a précédemment souligné. Une même notion peut être examinée du point de vue de la diversité des obstacles qui s'opposent à sa construction. Ces obstacles peuvent être hiérarchisés et modélisés d'une manière qui oriente une construction curriculaire à long terme.

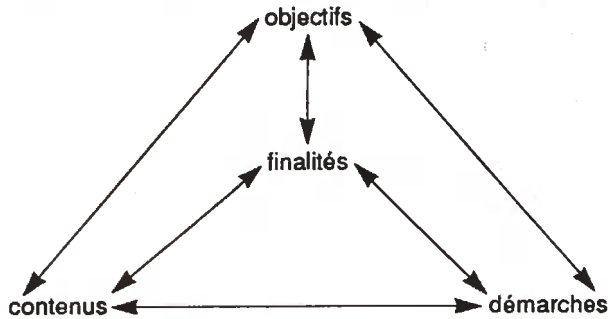
Une recherche actuelle de l'équipe de didactique des sciences conduit à l'analyse des obstacles à la notion de transformation de matière, aussi bien pour comprendre les phénomènes physico-chimiques que les phénomènes biologiques (digestion, respiration, photosynthèse). Au stade où nous en sommes, une des familles d'obstacles nous paraît être que les gaz ne sont pas considérés comme étant de la matière. Ce qui empêche par exemple de concevoir chez les végétaux, la synthèse de matières organiques à partir du CO_2 atmosphérique. Nous cherchons à modéliser différentes étapes possibles de l'évolution de cette idée chez les élèves, afin de construire ultérieurement, de façon diachronique, plusieurs séquences didactiques contrastées (Astolfi, Peterfalvi et Vérin, 1992).

3.3.2. L'outil de régulation des interventions du maître au cours d'une séquence

Dans les exemples qu'il développe, Martinand envisage d'une manière quelque peu différente l'usage didactique des objectifs-obstacles. Pour lui, il ne s'agit pas de construire une séquence autour du dépassement d'un obstacle prédéterminé, mais d'utiliser ce concept pour **réguler les curricula scientifiques ouverts**, qui sont la règle à l'école élémentaire.

L'idée de curriculum ouvert est importante pour la première initiation scientifique des élèves (école élémentaire et collège) ; elle a d'ailleurs été récemment reprise par le Conseil National des Programmes, qui précise que «le danger majeur (serait) de transformer des activités qui ont leur intérêt propre, en prétextes pour des acquisitions de compétences définies a priori, et seules valorisées». Si le choix des activités scientifiques présente une certaine autonomie par rapport aux objectifs, ceux-ci deviennent «avant tout des outils pour aider les maîtres, dans leur observation des élèves et dans l'organisation des activités. Cette conception des objectifs ne cherche pas à décrire toutes les compétences visées, évite l'émission d'objectifs lorsqu'ils sont simplement présentés sous forme de listes. **Elle évite aussi de définir les activités et même les sujets d'étude à partir d'une liste d'objectifs généraux** (Déclaration du Conseil National des Programmes sur l'enseignement des sciences expérimentales, 13 novembre 1991).

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



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

3.3.3. La construction d'une séquence autour du franchissement d'un obstacle

Reste qu'il est possible, et non contradictoire avec la perspective précédente, que **certaines séquences** soient plus particulièrement centrées autour du franchissement d'un obstacle. Par exemple, quand on s'est assuré que des activités antérieures l'ont largement « fissuré », et qu'un travail systématique peut être fructueux.

Dans ce cas, la logique de construction d'une séance centrée sur le franchissement d'un obstacle, risque d'être nettement contrastée par rapport à d'autres séquences orientées, elles, par l'exploitation ouverte d'une situation favorable, ou par l'acquisition de connaissances et méthodes. J'ai longuement développé et illustré ailleurs ce point (Astolfi, 1991). Pour reprendre d'un mot l'exemple précédent relatif à la falaise, il est clair que l'on peut orienter une ou plusieurs séances autour de notions géologiques relatives à la stratigraphie des couches sédimentaires, à l'ordre de superposition des couches et à leur âge relatif, à la présence et signification de fossiles, etc., tout cela sans s'affronter véritablement aux deux obstacles mentionnés plus haut (obstacle dit « artificialiste » et obstacle dit « géométrique »), que les professeurs de collège retrouvent en l'état. Leur franchissement

suppose que l'on pose les problèmes d'une autre manière et que les élèves soient conduits à des anticipations différentes. Par exemple en construisant diverses modélisations possibles de la succession des couches, et en confrontant celles-ci au réel. L'histoire de la géologie, comme l'a bien montré Gabriel Gohau, a mis très longtemps pour clarifier cette question (Gohau, 1987).

En conclusion, je dois dire combien je suis conscient du caractère encore largement prospectif des développements précédents, malgré l'appui sur des exemples précis, travaillés par la recherche. Il me semble néanmoins que l'apport peut se situer sur un double plan.

- Sur celui du statut de l'erreur d'abord : l'idée d'objectif-obstacle dépasse la problématique diagnostic/rémédiation, pour donner au franchissement des obstacles un caractère beaucoup plus central. De même que l'évaluation formative, d'abord conçue comme *rétroactive* (Scriven, 1967) a pu être pensée ensuite de façon *interactive* (Allal, 1979), on peut s'efforcer de penser les obstacles de manière plus dialectique par rapport aux apprentissages conceptuels.
- Sur celui de la problématique des cycles ensuite : l'idée d'objectif-obstacle m'apparaît comme un concept puissant pour envisager le long terme des apprentissages, autrement que sur le mode de la reprise à l'identique, ou des différences de rythme dans les acquisitions. Il ne faut pas sous-estimer les difficultés de l'entreprise, mais il est nécessaire de se donner des *outils conceptuels nouveaux* si l'on veut parvenir à penser les choses d'une façon renouvelée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLAL Linda (1979), in : ALLAL Linda, CARDINET Jean, PERRENOUD Philippe (éds). *L'évaluation formative dans un enseignement différencié*. Berne : Peter Lang. 1979.
- ASTER Equipe de recherche (1985). *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. Paris : INRP, Coll. *Rapports de recherches*.
- ASTOLFI Jean-Pierre, DROUIN Anne-Marie (1986). «Milieu» (analyse didactique), in : «*Explorons l'écosystème*», *Aster*, 3. Paris : INRP.
- ASTOLFI Jean-Pierre, DEVELAY Michel (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF, Coll. *Que sais-je ?*
- ASTOLFI Jean-Pierre (1990). «L'important, c'est l'obstacle», in : «*Apprendre, 2*», *Cahiers pédagogiques*, 281. Paris : CRAP.
- ASTOLFI Jean-Pierre, DALOUBEIX Suzanne, DEUNFF Jeannine, LE GOUELLEC-DECROP Marie-Annick (1990). *Contribution à la définition de modèles didactiques pour une approche de la Géologie à l'école élémentaire et dans la formation des maîtres*. Paris : Ministère de l'Éducation nationale, Direction des écoles.

- ASTOLFI Jean-Pierre (1991). «Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en sciences», in : *Aster*, 13. Paris : INRP.
- ASTOLFI Jean-Pierre, FILLON Pierre, MONCHAMP Alain, VÉRIN Anne (1991). Documents provisoires issus du volet «sciences expérimentales» d'une recherche interdisciplinaire de l'INRP, relative aux problèmes didactiques de l'articulation Troisième / Seconde (Département «Didactique des disciplines»).
- ASTOLFI Jean-Pierre, PETERFALVI Brigitte, VÉRIN Anne (1992). Document interne de la recherche en cours, intitulée *Objectifs-obstacles et situations d'apprentissage (ROOSA) autour du concept de construction de matière*. Paris : INRP. Ronéoté.
- BALACHEFF Nicolas (1988). «Le contrat et la coutume, deux registres des interactions didactiques», in : LABORDE Colette (dir.). *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique (Lumigny)*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- BEDNARZ Nadine, GARNIER Catherine (éds.) (1989). *Construction des savoirs. Obstacles et conflits*, Actes du Colloque de Montréal sur les obstacles épistémologiques et les conflits socio-cognitifs. Ottawa : Cirade / Ed. Agence d'Arc Inc.
- CANAL Jean-Louis (1979), in : HOST Victor, MARTINAND Jean-Louis (dir.). *Effets de l'introduction des activités d'éveil physico-technologiques sur les apprentissages instrumentaux au CP*. Rapport de recherche INRP / ENS Fontenay. 1979. Ronéoté.
- GIORDAN André, DE VECCHI Gérard (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel, Paris : Delachaux et Niestlé.
- GOHAU Gabriel (1987). *Histoire de la géologie*. Paris : La Découverte.
- JOHNSA Samuel, DUPIN Jean-Jacques (1989). *Représentations et modélisations : le «débat» scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.
- JONNAERT Philippe (1988). *Conflits de savoirs et didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- MARTINAND Jean-Louis (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- RUMELHARD Guy (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne : Peter Lang.
- SCRIVEN Michael (1967). «The methodology of evaluation», in : TYLER Ralph W., GAGNÉ Robert M., SCRIVEN Michael. *Perspectives of curriculum evaluation (AERA Monograph series on curriculum evaluation, 1)*. Chicago : Rand McNally.
- TIBERGHIEEN Andrée (1985). «Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique», in : *Revue Française de Pédagogie*, n° 72. Paris INRP.
- VIENNOT Laurence (1979). *Raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris : Hermann.
- VIENNOT Laurence (dir.) (1989). «L'enseignement des sciences physiques, objet de recherche», in : *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716.