

TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE : DES DISPOSITIFS FLEXIBLES POUR FRANCHIR LES OBSTACLES

Élisabeth Pié

Dans le champ conceptuel "des états de la matière et leurs transformations" à l'école élémentaire, plusieurs obstacles épistémologiques entravent la construction des concepts par les élèves. Après avoir analysé les caractéristiques de deux d'entre eux "l'eau s'évapore en air" et "l'air n'est pas de la matière", nous décrivons en prenant en exemple le traitement de ce dernier obstacle, une stratégie qui consiste à attaquer l'obstacle par ses différentes faces. Nous dégagons les caractéristiques de ce dispositif qualifié de flexible, qui sans perdre de vue le cap conceptuel fixé par l'objectif-obstacle, s'infléchit en permettant aux élèves de mettre en jeu leurs propres idées. Ces situations d'enseignement sont particulièrement exigeantes. Afin de déterminer les compétences pédagogiques qu'elles requièrent, nous analysons les difficultés rencontrées par deux enseignants en situation de reprise de ce dispositif à partir d'un scénario "clefs en main".

principes de
fonctionnement
d'un dispositif
flexible...

La prise en compte didactique des obstacles épistémologiques a donné lieu à de nombreuses recherches depuis plusieurs années. Une des modalités de travail de l'obstacle, par conflit cognitif ou socio-cognitif, séduisante *a priori*, se révèle assez difficile à mettre en œuvre (Bednarz, Garnier, 1989) et d'un effet non garanti pour contribuer au franchissement des obstacles. En vue de diversifier les stratégies de travail sur les obstacles, l'équipe sciences expérimentales de l'INRP, à travers la recherche "*Objectifs-obstacles et situations d'apprentissage*", a conçu, réalisé et analysé des stratégies diverses pour s'attaquer aux obstacles du champ conceptuel "transformation de la matière". Un de ces dispositifs, qualifié de flexible, tient compte des conditions pour que s'installe un réel conflit socio-cognitif contribuant au franchissement de l'obstacle. Dans le cadre de cet article, nous présenterons plus spécialement ce type de dispositif, mis en place au cycle 3 de l'école primaire, pour franchir des obstacles générés par le mode de pensée "primat de la perception" (1) : le sel disparaît dans l'eau, l'eau s'évapore en air, l'air n'est pas de la matière. En prenant pour exemple ce

- (1) Cette expression, adoptée par l'équipe de recherche, réfère à la fois aux aspects sensualistes de la pensée tels que les évoque Bachelard à propos de l'obstacle de l'expression première, et aux fonctions figuratives de la pensée (la perception et ses substituts), par opposition aux fonctions opératives (l'action et ses substituts) telles que les définit Piaget, et qui dominent la pensée pré-opératoire.

et faisabilité
didactique

dernier obstacle, nous présenterons comment ce dispositif s'intègre dans une stratégie globale qui consiste à attaquer l'obstacle par ses différentes faces et nous analyserons ses principes de fonctionnement. De plus, nous examinerons les difficultés liées à la gestion pédagogique d'un tel dispositif.

1. DES OBSTACLES GÉNÉRÉS PAR LE "PRIMAT DE LA PERCEPTION"

Le mode de pensée, que nous avons qualifié de "primat de la perception", c'est-à-dire "je ne conçois que ce que je perçois", est très prégnant chez les enfants de 9-11 ans. À travers le champ conceptuel "états de la matière et leurs transformations" restreint au cycle 3, ses manifestations sont nombreuses.

le sel disparaît
dans l'eau...

Ainsi, le sel, substance blanche et solide pour ces enfants, est difficilement concevable à l'état invisible sous forme dissoute dans l'eau. À cet âge, l'invariant du poids n'est pas construit (Piaget, Inhelder, 1978), et face au problème de la disparition du sel dans l'eau, les idées sont diverses : pour certains il n'y a que le goût qui subsiste, pour d'autres le sel est toujours là, d'autres enfin pensent qu'il n'y en a pas autant dans l'eau que ce qui a été introduit. Ceux-là concilient les tendances à la conservation avec le fait constaté de la non perception du sel.

l'air n'est pas
de la matière...

De même l'air, représente chez ces enfants quelque chose qui existe mais qui ne peut être ni vu, ni touché (Séré, 1985). Sa présence dans une enceinte n'est pas souvent reconnue, surtout si celle-ci est fermée. L'air n'est généralement perçu spontanément que lorsqu'il est en mouvement. Comment, dans ces conditions, le considérer comme une substance au même titre que les solides et les liquides ?...

l'eau s'évapore
en air

Enfin, l'eau, prototype du liquide pour l'enfant de cet âge, n'est pas pensée à l'état invisible. Pour lui, lors de l'évaporation ou de l'ébullition, "*l'eau s'évapore en air*". Nous verrons que cette idée-obstacle est confortée par d'autres modes de pensée que celui du "primat de la perception", ce qui en assure une cohérence encore plus grande. Pour cet obstacle, nous examinerons, à la lumière des différents essais pratiques dans des classes, l'origine de cette résistance et nous nous contenterons de proposer quelques éléments pour orienter d'éventuelles actions pour le franchir.

1.1. Caractéristiques de l'obstacle "l'air n'est pas de la matière"

La stratégie didactique, que nous décrirons par la suite, est centrée sur le franchissement de l'obstacle "l'air n'est pas de la matière", par des élèves de 10-11 ans. Si l'enfant de cet âge n'entend pas le terme matière dans son acception scientifique – ce mot évoque pour lui : la matière grasse, les

...un projet de construction pour l'enseignant

“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 de l'éducation. 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.”

C'est dans cet esprit qu'Astolfi et Peterfalvi suggèrent de traiter les obstacles, *“non pas négativement comme ce qui empêche l'apprentissage, mais plutôt de les considérer comme l'enjeu conceptuel”,* à condition bien sûr, *“de se donner les moyens de les penser d'une manière qui rende possible leur dépassement”.*

1.2. L'obstacle “l'eau s'évapore et donne de l'air”

• Ses caractéristiques

On peut définir, pour cette idée-obstacle, deux niveaux : un niveau d'existence de l'eau à l'état invisible, et un niveau de conservation de la substance. Mais ici, au mode de pensée “primat de la perception”, s'adjoignent d'autres obstacles générés soit par d'autres modes de pensée, pensée catégorielle, finalisme, ou par le langage commun. L'idée “l'eau donne de l'air” se situe donc au nœud d'un réseau d'obstacles qui se confortent l'un l'autre pour assurer la cohérence de cette idée.

- *“Quand on chauffe l'eau, elle donne de la vapeur, puis disparaît.”*
 - *“Dans la classe il n'y a pas d'eau puisqu'il y a de petits trous aux fenêtres et dans les portes. L'eau, elle part dans les nuages.”*

- *“De l'eau c'est liquide.”*
 - *“De la roche c'est solide.”*
 - *“Du gaz de ville c'est gazeux.”*

Primat de la perception	<i>L'eau donne de l'air</i>	Pensée catégorielle
Langage		Finaliste

- *“Quand on chauffe de l'eau, ça donne de la vapeur, puis de l'air.”*
 - *“De la glace ce n'est pas de l'eau solide, un glaçon ça casse, ça fond.”*

- *“L'eau ça donne l'air... parce qu'on respire l'air.”*

Document 2. Formulations d'enfants recueillies à travers diverses situations et caractéristiques des quatre “Pôles-Obstacles” du réseau

le langage
commun ...

- Dans le langage commun l'eau et l'air sont les prototypes respectivement du liquide et du gaz. La vapeur désigne un brouillard et le terme solide fait référence à une substance dure, consistante et non fragile.

la pensée
catégorielle...

- L'usage de la pensée catégorielle se manifeste ici par la conception de l'étanchéité des états de la matière : "*l'eau c'est liquide, la roche est solide, le gaz de ville est gazeux...*". Les enfants attribuent à la substance concernée, l'état dans lequel ils l'observent quotidiennement à température ambiante.

le finalisme....

- Le finalisme s'émousse certes avec l'âge, mais reste encore très présent chez certains enfants de 9-11 ans. C'est un obstacle sur lequel on a peu de prise : nos travaux ont montré, qu'après de multiples attaques pour déconstruire le réseau d'obstacles, c'est celui qui est le moins ébranlé. Ainsi certains enfants, minoritaires il est vrai, continueront à affirmer que "*l'eau donne de l'air*" en justifiant par l'argument "*parce que l'air, ça sert à respirer*".

le primat
de la perception

Les travaux menés pour tenter de franchir cet obstacle, nous ont permis d'affiner nos connaissances sur la résistance de cet obstacle. Si la conservation de la substance ne semble pas être mobilisée quand les enfants disent que "*l'eau donne de l'air*", elle est utilisée pour interpréter certains faits expérimentaux, en n'ébranlant aucunement l'obstacle. Ainsi, lorsque les enfants expliquent ce qui se passe quand on porte à ébullition l'eau contenue dans une casserole, ils disent que "*ça donne des petites fumées, ou de la vapeur, puis de l'air*". Le "primat de la perception" les conduit à nier la présence de l'eau dans la pièce. Pour eux, l'eau est forcément sous une forme visible, elle est maintenant dans le nuage. À la remarque de l'enseignant qui s'étonne que l'eau puisse sortir de la pièce, ils objectent qu'il y a "*des trous et des fentes, c'est par là que l'eau est sortie*"...

recupérer de
l'eau que l'on
a fait évaporer,
une opération
normale...

La forme générale du cycle de l'eau ne leur pose pas problème. L'eau, à la surface du sol (elle est alors visible), va s'évaporer. On la retrouvera sous une forme visible dans le nuage, et on pourra l'observer tombant du nuage vers le sol sous forme de pluie. Voilà une forme qui tourne bien et qui est bien conforme à l'observation. En revanche, l'existence de l'eau sous une forme invisible n'est pas conçue autrement qu'à l'état d'air, c'est-à-dire quelque chose qui existe mais invisible, donc doté pourquoi pas de pouvoir magique. L'air est là aussi utilisé (Piaget, 1927) pour expliquer des phénomènes impalpables. De même, le fait de récupérer de l'eau qui s'était vaporisée, en la faisant par exemple se recondenser avec un dispositif du type de celui dessiné par Lise sur le document 3 semble tout à fait normal pour les élèves, et ne contribue pas à un quelconque travail sur l'obstacle. Il est d'ailleurs remarquable de constater que certains enfants (doc. 3) utilisent ces deux exemples pour argumenter en faveur du fait que l'eau donne de l'air.

mais expliquer
"l'apparition
spontanée"
d'eau sur une
paroi, ça pose
des problèmes !

Par contre l'apparition d'eau, par condensation sur un objet froid, est difficilement explicable par les enfants autrement que "*c'est l'eau de la bouteille* (dans le cas où l'objet froid est une bouteille sortie du réfrigérateur) *qui sort*" ou bien, dans le cas d'un objet quelconque, "*le chaud et le froid, ça fait de l'eau*". En effet, comment imaginer que rien, ou si peu s'il s'agit de l'air, puisse donner de l'eau, c'est-à-dire de la matière ?...

• **Des éléments pour aider au franchissement de cet obstacle**

Le caractère protéiforme de cet obstacle lui confère une résistance particulière à toute tentative de travail : attaqué par l'un de ses pôles, il ressurgit, comme renforcé par les trois autres...

Cependant, sans avoir la prétention de le franchir totalement, ce qui n'est pas impossible, mais nécessite de mettre en place une stratégie élaborée et coûteuse en temps, on peut franchir, à moindre coût, le premier niveau, celui que nous avons qualifié d'existence d'une forme invisible d'eau.

mettre en
relation les
2 disparitions,
celle de l'eau,
celle du sel...

Ce premier niveau, tout comme l'obstacle de "la disparition du sel dans l'eau", est engendré par le primat de la perception. C'est avec le projet de faire, à terme identifier l'origine de ces deux idées que nous avons mis en place une activité fonctionnelle que nous avons appelée "dessaler l'eau". Celle-ci fonctionne sur le principe du dispositif flexible qui sera présenté par la suite. Les élèves sont mobilisés par le projet de réussite qu'ils ajustent par tâtonnements successifs, alors que l'enseignant oriente les actions et la réflexion par le travail sur l'obstacle. Ainsi les moments où on se pose les questions – y a-t-il du sel dans l'eau, tout le sel ? Pouvons-nous le vérifier ? Allons-nous récupérer tout le sel ? Vérifions-le. Pouvons-nous récupérer l'eau qui s'est évaporée ?... – sont-ils des moments-clés. Mais c'est la mise en relation des deux disparitions apparentes – celle du sel, qui ne fait plus problème après la "pesée discutée" et celle de l'eau dans l'air, que l'on récupère par condensation – qui est déterminante pour identifier l'obstacle (Peterfalvi, 1995) et contribuer ainsi à son franchissement. Des expressions du type "*comme pour le sel, on pensait que l'eau avait disparu, mais elle est toujours là, on ne la voit pas*" en sont le témoignage.

...pour identifier
l'obstacle

Aller plus loin dans le traitement de l'obstacle, c'est s'attaquer aux autres pôles-obstacles, en particulier ceux de la pensée catégorielle et du langage. L'eau et l'air étant considérés comme des substances prototypiques respectivement des liquides et des gaz, les attaques et les reconstructions nécessaires ne peuvent se faire sans l'usage de la comparaison des changements d'états de l'eau avec ceux d'autres substances. Mais c'est aussi dépasser le cadre actuellement tracé par les programmes qui ne suggèrent pas d'étudier le comportement d'autres matières que celle très familière, mais aussi très particulière qu'est l'eau...

2. LES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF DIDACTIQUE POUR ATTAQUER L'OBSTACLE "L'AIR N'EST PAS DE LA MATIÈRE"

2.1. Articuler déconstruction/reconstruction

Le passage d'un réseau d'idées confortables pour l'élève, à un autre, insoupçonné *a priori* par celui-ci, mais considéré comme plus performant pour l'enseignant, exige un double travail :

- une déconstruction des idées existantes ;
- une reconstruction de nouvelles conceptions qui devront, à terme, se révéler au moins aussi confortables que les premières pour l'élève.

La nécessité de prendre en compte les représentations des apprenants pour les faire évoluer, ayant été largement diffusée en formation des maîtres, les enseignants sont maintenant assez volontiers prêts à faire émerger ces conceptions par différentes techniques. Mais pour en faire quoi ? Les confronter à la "réalité" par le biais expérimental suffit-il pour fissurer l'obstacle et contribuer à sa déconstruction ? Les travaux réalisés dans ce domaine révèlent que la contradiction entre des idées et un fait expérimental n'entraîne pas un conflit cognitif automatique, et qu'à la limite plus la conviction des élèves est éloignée du nouveau modèle explicatif, plus le risque de fuite du conflit est grand. Ce qui fait dire à Johsua (1989) : *"tant que les sujets ne changent pas de paradigme interprétatif, l'expérience en elle-même ne suffit pas à ébranler leur conviction... Il n'y a pas de conflit cognitif, bref d'expérience cruciale"*. Faut-il pour autant abandonner le concept de conflit socio-cognitif ? Nous avons pris le parti d'en explorer les limites, c'est-à-dire d'examiner les causes de fuite du conflit cognitif (Astolfi, Peterfalvi, 1993) pour mettre en œuvre les conditions d'installation d'un réel conflit cognitif.

Par ailleurs, le pôle construction semble valorisé par une majorité d'enseignants. Ainsi, confrontés au problème de construire à terme le fait que l'air est de la matière, la plupart des enseignants observés dans des situations de formation préconisent de lister les attributs du concept de matière (*"il faut bien leur donner puisqu'ils ne savent pas ce qu'est la matière"* disent-ils) et de démontrer, preuves expérimentales à l'appui, que l'air possède bien ces propriétés.

Cette stratégie qui délaisse la déconstruction pour travailler d'emblée à une nouvelle construction néglige la notion d'obstacle ou plutôt ne considère de cette notion que l'écart entre le modèle explicatif de l'enfant et celui à construire. Si cette stratégie est efficiente dans bien des cas (Barth, 1987), elle ne semble pas opérante à long terme dans le traitement d'un obstacle car celui-ci *"n'est pas un vide, mais un trop plein de connaissances"* (Fabre, 1995)... qui risque de revenir au galop une fois le "vide" comblé.

une illusion
perdue : le conflit
cognitif ne naît
pas d'une simple
contradiction
logique

une conception
de l'obstacle
en creux pour
l'enseignant...

... alors que
l'obstacle est
un trop plein
de connaissances

Nous avons donc choisi de mettre en place des situations didactiques qui articulent déconstruction et reconstruction conceptuelles. Ces dispositifs ont été qualifiés de *"souple-dur"* dans la mesure où ils favorisent l'expression des idées des élèves en s'infléchissant en fonction des différentes propositions, tout en maintenant le cap conceptuel fixé. Ils sont particulièrement exigeants car ils mettent en œuvre des procédures qui sont habituellement antagonistes.

• **Objectif conceptuel et souplesse adaptative**

L'enseignant doit conjuguer deux logiques : celle du savoir à construire fixé par l'objectif-obstacle visé, et la logique de pensée des élèves. Pour prendre en compte cette dernière, l'enseignant doit être capable d'infléchir son dispositif pour permettre un véritable enrôlement (Bruner, 1983). La simple contradiction logique ne suffisant pas à amorcer le conflit, celui-ci ne sera effectif que si ces élèves se "prennent au jeu", s'ils peuvent s'investir affectivement dans un débat d'idées (Brousseau, 1986), si on les prend au sérieux, ou bien encore si on leur donne la possibilité de défendre leur point de vue en leur offrant la possibilité de résoudre un problème pour trancher entre différentes idées.

Ainsi le dispositif sera-t-il suffisamment rigide pour éviter les dérives, tout en laissant du jeu pour permettre un investissement des élèves.

• **Opposition par le conflit et coopération entre élèves**

La gestion d'un conflit socio-cognitif a ceci de paradoxal, c'est qu'elle oblige l'enseignant à créer une situation d'opposition, en rendant explicite les deux termes de la contradiction, tout en développant un climat favorable à la coopération entre élèves. L'enjeu social est déterminant : *"mais le problème à résoudre n'est cependant pas réductible à un problème individuel. C'est parce qu'il est social que les enfants sont conduits à coordonner leurs points de vue en un nouveau système qui permette un accord entre eux. La recherche d'un dépassement du déséquilibre cognitif inter-individuel provoque alors un dépassement du déséquilibre cognitif intra-individuel."* (Gilly, 1989 à partir de Doise et Mugny, 1981)

C'est en installant le droit à l'erreur, en dédramatisant la situation, ou encore, en accompagnant affectivement l'élève dans la défense de son point de vue, que l'enseignant contribue à installer ce climat favorable.

• **Déstabilisation et reconstruction conceptuelle**

Chacune des phases contribue à fissurer l'obstacle, c'est-à-dire à faire prendre conscience à l'élève que ses connaissances du moment ne sont pas opérantes pour résoudre le problème proposé. La fissuration est d'autant plus profonde que les élèves sont engagés dans un travail mettant en jeu

faire du
problème du
maître l'affaire
des élèves

installer le droit
à l'erreur

déconstruire
mais
pas anéantir

leurs idées personnelles tout en les confrontant à celles des autres. Elle sera d'autant plus efficace qu'elle amènera les enfants à reconsidérer leur savoir et à construire, à travers les différentes séquences, les attributs du concept de matière dans le cas de l'air, comme la seule alternative possible. L'ordre de construction des attributs et leur vitesse d'élaboration ne sont pas quelconques : l'attaque ne doit pas avoir un effet d'anéantissement qui créerait la peur du vide donc une fuite, ni un effet de surprise trop important engendrant une adhésion immédiate sans travail véritable sur l'obstacle. C'est ainsi que le fait que l'air est pesant sera le dernier attribut à construire.

le franchissement
de l'obstacle
suppose
des activités
de reconstruction

Le franchissement de l'obstacle ne sera effectif que si le nouveau modèle est intériorisé (Vygotski, 1985), ce qui nécessite des activités complémentaires d'appropriation pour utiliser le savoir nouvellement (re)construit.

2.2. Multiplier les angles d'attaque

des supports
variés

Le caractère résistant de cet obstacle ne laissant aucune illusion quant à son franchissement au cours d'une seule séance, nous avons adopté une stratégie didactique qui consiste à mettre successivement l'élève face à différentes situations (le verre vide, le tube à patates, la bouteille d'air de la cour, les moulinets...) qui n'ont pour lui, en apparence pas de relation. Les acquisitions nouvelles, systématisées de manière provisoire à chaque séance, sont remises à l'épreuve sur des problèmes nouveaux.

des enjeux
multiples

Pour éviter que l'élève se sente pris au piège dans un rituel de fonctionnement qui tourne à chaque fois à son désavantage – sa tâche consisterait alors à déjouer le piège –, l'attaque de l'obstacle ne se fait pas toujours avec les mêmes armes ; les entrées dans les situations à étudier sont variées :

- prévoir des résultats d'expériences proposées par le maître,
- résoudre un problème constaté par tous (faire monter l'eau),
- résoudre un problème en apparence saugrenu (aller chercher un litre d'air de la cour),
- donner son avis (est-ce que l'air pèse ?),
- comparer des propriétés.

des stratégies
diverses

Cela ne se fait pas toujours avec la même stratégie :

- logique de conflit cognitif ou socio-cognitif,
- résolution de problème,
- réinvestissement pour utiliser des acquis précédents.

2.3. L'écrit comme aide à l'installation d'un conflit

La production d'écrit intervient comme un des moyens pour favoriser l'installation d'un réel conflit (Vérin, 1996) et éviter la négation d'un des deux termes de la contradiction. Ses formes et ses fonctions sont diverses.

• **Lors de la prévision du résultat d'une expérience**

l'écrit
pour éviter
l'oubli...

Chaque élève est sollicité et formule par écrit son idée. C'est une manière d'engager personnellement chaque individu dans le débat scientifique qui en découlera. Ainsi, en empêchant l'oubli grâce à "la chose écrite", on évite le refuge vers une position consensuelle et confortable comme le génèrent souvent les sollicitations uniquement orales.

• **À l'occasion de la recherche d'un procédé pour résoudre un problème**

préciser
sa pensée
et favoriser
les échanges...

Cette procédure est organisée en deux temps : une recherche par groupe, où les élèves imaginent des solutions et doivent s'accorder pour les présenter aux autres sous forme de posters, suivie d'une mise en commun où les affiches sont examinées et critiquées par la classe entière.

Ce dispositif permet :

- d'organiser l'action prévue et d'éviter à l'avance certaines propositions qui, une fois précisées sur le papier et discutées, paraissent inadaptées au problème ;
- de favoriser les échanges entre les élèves : au-delà des désaccords dans le groupe, il faut élaborer une production commune à transmettre ; il permet ainsi de créer un climat de coopération positif à la gestion du conflit ;
- de contribuer à l'explicitation des idées de chacun, ce qui est propice au déclenchement de débats scientifiques et à l'investissement personnel.

Son usage ne peut cependant pas être systématique car les débats préalables risquent de démobiliser certains élèves qui ont besoin d'une expérimentation concrète.

• **Pour expliquer et tirer des conclusions**

faire le point

Ce type d'écrit, individuel présente une double fonction : pour l'élève, il est l'occasion d'explicitier sa pensée, de reformuler ses idées après coup, pour l'enseignant, c'est un moyen privilégié de savoir où en est l'obstacle pour chacun des élèves.

3. LE DÉROULEMENT DES ACTIVITÉS

3.1. Le verre vide/

L'air s'oppose à l'entrée de l'eau !

La première séance est centrée sur une activité expérimentale qui consiste à enfoncer un verre en plastique transparent, au fond duquel on a collé un sucre, dans un bac transparent rempli d'eau, tout en le maintenant bien verticalement, l'ouverture vers le bas. Cette expérience sera réalisée par l'enseignant, mais on demande aux élèves d'anticiper ce qui va, selon eux, se passer.

La présence du sucre donne à la situation un caractère inattendu, propice à la mobilisation des idées. Les réponses, dans une grande majorité, 19/23, prévoient que l'eau montera dans le verre :

- dans l'eau le sucre va fondre ;
- le sucre tombe en petits morceaux ;
- l'eau ira dans le pot et le sucre se décollera.

fuite du conflit
par les élèves

On réalise l'expérience, mais le fait *a priori* surprenant sur lequel l'enseignant espérait s'appuyer pour créer le conflit – l'eau ne monte effectivement pas dans le verre – est nié. Certains affirment voir monter l'eau, d'autres demandent de refaire l'expérience en enfonçant plus rapidement le verre, ou bien à l'inverse, plus lentement... L'argument de la non dissolution du sucre n'est pas pour eux une preuve pour montrer que l'eau ne monte pas ("*peut-être que l'eau monte à ras du sucre, sans le mouiller*"). La plupart affirment ne pas bien voir. Manifestement, la contradiction apportée par l'enseignant par l'intermédiaire de l'expérience n'est pas perçue comme telle : les élèves fuient le conflit cognitif, ils tiennent trop à leur représentation de départ et préfèrent mettre en doute le fait observé.

stratégie
d'évitement
de fuite
du conflit par
l'enseignant...

Face à cette situation, l'enseignant met au point une stratégie d'évitement de fuite du conflit : il entre dans le jeu des élèves et leur donne le droit au doute. "*C'est vrai on ne voit pas bien.*" Il les met alors au défi de trouver par eux-mêmes, en petits groupes, une expérience pour prouver que l'eau monte. Cette phase joue sur le mode de la dévolution du problème : l'imperfection de la situation qui n'est pas favorable au projet de l'enseignant est utilisée positivement pour enrôler les élèves. Sans perdre de vue le cap conceptuel fixé, l'enseignant permet une négociation entre son projet et les idées des enfants : il infléchit son projet en impliquant les élèves dans l'explicitation de leur arguments. Bien sûr, hélas pour eux, toutes les expériences qu'ils proposent (colorer l'eau, mettre un bouchon en liège comme flotteur, introduire un mouchoir en papier dans le verre..) vont à l'encontre de leur prévision (voir doc. 4). Cette réactivation du conflit amène les élèves à reconsidérer le problème et à accréditer le fait *a priori* inacceptable. Ils y sont d'autant plus disposés que ce sont eux qui ont conçu et réalisé les expériences pour le vérifier.

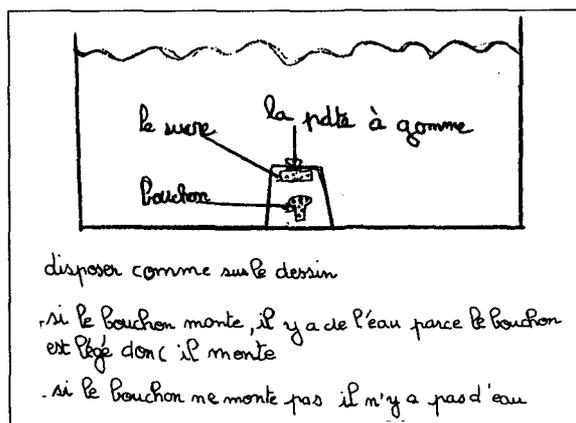
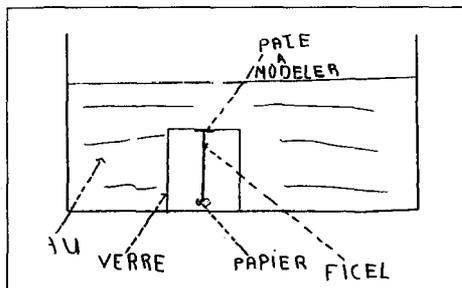
nouvelle
construction

Il faut bien admettre que ce "verre vide" contenait de l'air qui s'oppose à l'entrée de l'eau. Cette solution que les élèves formuleront individuellement par écrit dans des termes divers – "*parce qu'il y a de l'air dans le pot*", "*l'air met l'eau sur les côtés*", "*l'air forme un bouchon*" – est la seule alternative possible. Il a bien fallu se rendre à l'évidence !

On peut donc douter de la consistance de la nouvelle construction.

Le scénario de cette séance peut être découpé en actes, chacun jouant une fonction précise dans le traitement de l'obstacle.

Activités	Projet didactique de travail sur l'obstacle	Où en est l'obstacle ?
<ul style="list-style-type: none"> - Anticipation sur le résultat de l'expérience (écrit individuel) et prise de conscience des divergences (discussion collective). - Confrontation avec le fait observé (expérience réalisée par l'enseignant) et expression du doute. - Vérification du fait observé par expériences-tests proposées par les élèves. - Recherche d'explication (individuelle). 	<ul style="list-style-type: none"> - Engendrer un conflit. - Éviter l'évitement du conflit. Dévolution et investissement affectif des élèves. - Faire prendre en charge le problème par les élèves et activer le conflit par explication du second terme de la contradiction. - Construire une nouvelle représentation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Non conscience de l'existence de l'air dans la situation présentée. - Fissuration de l'obstacle et nouvelle construction.



Document 4. Propositions d'élèves pour prouver que l'eau monte ou non dans le verre

3.2. Faire monter l'eau/ C'est bien l'air qui empêche l'eau de monter !

Pour faire fonctionner la nouvelle idée, l'enseignant demande de proposer, par écrit et en groupe, des moyens pour faire entrer l'eau dans le gobelet (celui-ci étant toujours maintenu verticalement dans l'eau, l'ouverture vers le bas) (voir doc. 5).

Les résultats de chaque groupe sont communiqués à toute la classe au moyen de posters. Chaque groupe propose plusieurs solutions, dont faire des trous. Seul le groupe dont un des éléments avait prévu et expliqué, en faisant intervenir l'air, que l'eau ne monterait pas, propose un dispositif pour aspirer l'air. Un groupe propose de faire un trou sur une partie non immergée. L'explicitation de cette proposition par le groupe, à la demande de l'enseignant, déclenche une très vive réaction et relance le précédent conflit : *"Ça ne marchera pas, l'eau ne pourra pas entrer : quand un bateau est percé l'eau rentre, mais il faut que le trou soit dans l'eau, autrement ça ne fait rien."* Ils semblent penser que c'est seulement la paroi du verre qui empêche l'eau de rentrer et ne mobilisent plus l'idée formulée à la fin de la séance précédente. Ils n'attribuent pas à l'air assez d'existence pour s'opposer à l'eau.

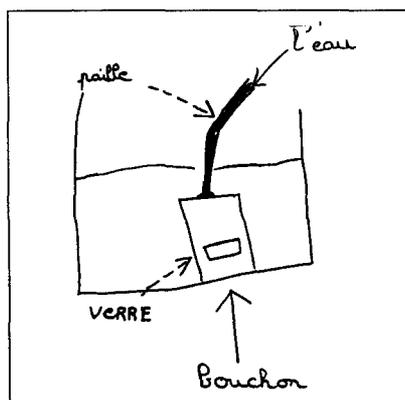
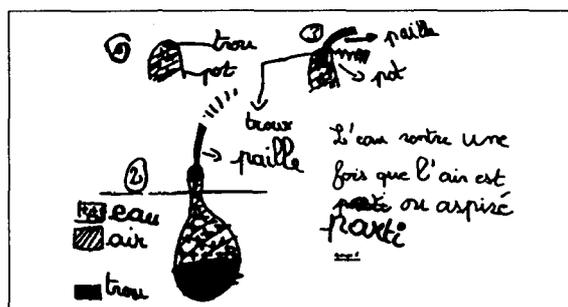
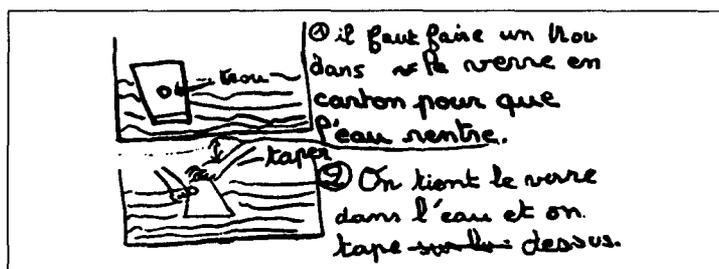
renforcer
la nouvelle
construction
en situation
de résolution
de problème

Après un vif débat, c'est l'expérience qui départagera les enfants. Leur attention se focalisera sur la sortie de l'air par le trou, que celui-ci soit immergé ou pas. Certains se pencheront même sur le gobelet pour sentir avec leur joue l'air sortir. Un nouveau travail d'écrit individuel stabilise le nouveau paradigme : l'air existe et peut résister à quelque chose reconnu implicitement comme de la matière : l'eau.

utiliser l'écrit pour
créer un conflit
socio-cognitif

Sans l'utilisation de l'écrit avant expérimentation, la réussite de la tâche : "faire monter l'eau", aurait bien sûr été tout aussi satisfaisante, mais sans travail sur l'obstacle. L'écrit joue ici un rôle déterminant comme support pour fixer l'idée autour de laquelle s'engagera le débat scientifique. L'enseignant, guidé par l'objectif-obstacle, a improvisé ce débat dans l'instant et a ainsi permis de réactiver le conflit socio-cognitif.

Activités	Projet didactique de travail sur l'obstacle	Où en est l'obstacle ?
<ul style="list-style-type: none"> - Conception d'expériences pour faire monter l'eau (par écrit). - Confrontations des propositions - Débat. - Expérimentation. 	Réactiver le conflit socio-cognitif autour des avis divergents.	<ul style="list-style-type: none"> - Réapparition des représentations de départ. - Renforcement du nouveau paradigme.



Document 5. Propositions d'élèves pour faire monter l'eau dans le verre

**3.3. Le tube à patates/
L'air peut pousser de la matière solide !**

tous les élèves
n'en sont pas
au même stade

On présente aux élèves un tube transparent fermé aux deux extrémités par des bouchons de pomme de terre, et on leur demande, individuellement et par écrit, de prévoir ce qui va se passer lorsqu'on appuie sur l'un des bouchons. Seuls sept enfants évoquent dans leur explication la présence d'air entre les deux bouchons (doc. 6).

Certains, comme Aurore n'évoquent pas la présence de l'air. D'autres, comme Damien pensent que l'air subit l'action, mais n'a pas la capacité de mettre en mouvement un solide. Émilie est représentative de ceux pour qui l'air a la capacité de transmettre un mouvement.

les événements
imprévus
sont exploités
pour travailler
l'obstacle

La réalisation de la manipulation remporte évidemment un grand succès, mais c'est un aspect, là aussi imprévu, qui est exploité par l'enseignant pour travailler l'obstacle. Certains canons ne fonctionnent pas : les élèves sont invités à rechercher la cause de la panne et à résoudre le problème :

- *"Peut-être que la pomme de terre est trop petite et que l'air part sur le côté."*
- *"Peut-être qu'il y a un trou dans la pomme de terre."*
- *"Il n'y a peut-être pas assez d'air pour pousser."*

Certains refusent d'adhérer à l'idée commune qui est en train de se construire et s'étonnent par exemple que l'air sorte du tube pour aller vers la classe et pas l'inverse. Cette résistance est encore un signe d'évitement du conflit : ces élèves avancent cette idée en apparence saugrenue car ils perçoivent qu'elle est à la limite du réfutable par l'enseignant.

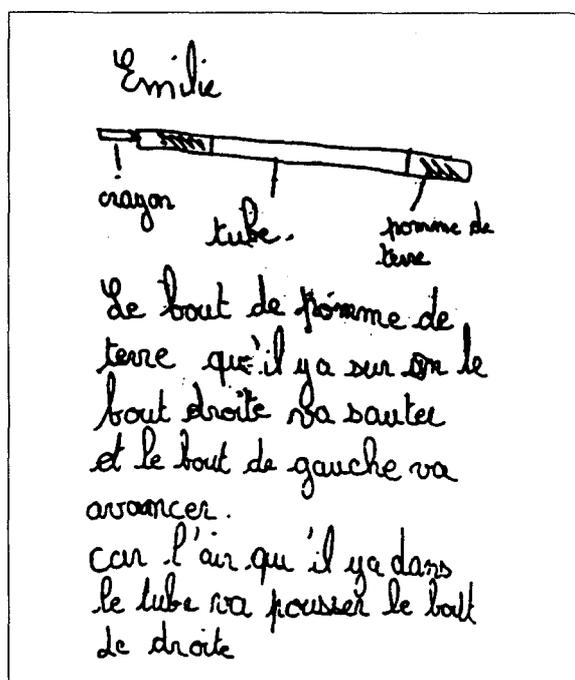
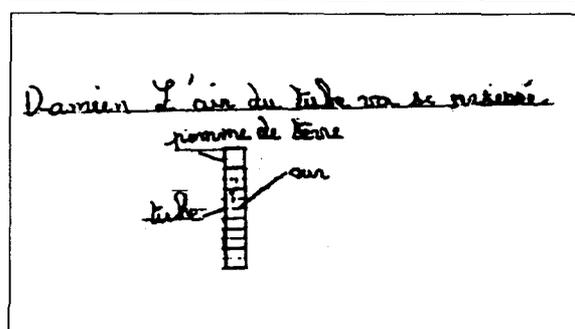
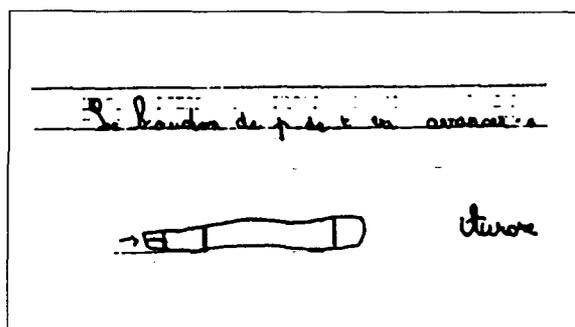
Enfin la nouvelle propriété – l'air peut pousser un solide – est discutée et généralisée à travers différentes situations pour lui faire acquérir le statut d'attribut du concept de matière.

Activités	Projet didactique de travail sur l'obstacle	Où en est l'obstacle ?
<ul style="list-style-type: none"> - Anticiper le résultat de l'expérience. - Expérimenter. Trouver la cause des pannes. - Donner une explication. - Généraliser. 	<p>Confronter les prévisions à la réalité et attribuer une nouvelle caractéristique à l'air</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fissuration de l'obstacle. - Nouvelle construction : " L'air peut pousser de la matière solide. "

3.4. L'air pèse !

fissuration
décisive
de l'obstacle

Le fait que l'air pèse sera un argument massue pour donner à l'air le statut de matière. Cette constatation arrive, d'une part après plusieurs phases de fissuration de l'obstacle qui ont déstabilisé les enfants, d'autre part, à un moment où les constructions nouvellement élaborées font s'interroger les enfants sur la nature de l'air.



Document 6. Prévisions d'élèves sur ce qui se passera quand on appuie sur un des bouchons de pomme de terre

intériorisation
du nouveau
modèle

Pour introduire ce problème, l'enseignant pose directement la question : *"est-ce que l'air pèse ?"*. Seuls deux sur 23 répondront affirmativement. La vérification expérimentale ne sera pas contestée, mais créera une franche surprise et des interrogations : *"mais alors, on en a lourd sur les épaules", "c'est bizarre qu'on ne le sente pas quand on bouge. Quand on saute dans l'eau de la piscine, on la sent, ça fait un plaqué..."*.

Une information complémentaire sera apportée par l'enseignant *"ce qui pèse s'appelle de la matière"*.

Activités	Projet didactique de travail sur l'obstacle	Où en est l'obstacle ?
- Interrogations sur la nature de l'air. - Question de l'enseignant <i>"est-ce que l'air pèse ?"</i> - Vérification expérimentale.	Utiliser un critère déterminant pour attribuer un caractère matériel à l'air.	- Fissuration décisive de l'obstacle. - Nouvelle construction : <i>l'air est pesant</i> .

3.5. L'air, qu'est-ce que c'est ?

structuration
des idées

L'interrogation des enfants sur la nature de l'air a été réactivée par l'activité précédente. Un élève dira *"oui mais l'air, c'est quoi ?"*, et une autre *"moi je crois que c'est un gaz solide"*... Cependant si l'air leur apparaît comme une matière bien surprenante, ils ne sont pas capables de définir spontanément ses caractéristiques. Un travail de réflexion est mené pour faire le point : *Que savons-nous sur l'air ? Comment le savons-nous ?* Cette activité de structuration permet de dépasser le fait expérimental, l'anecdotique, l'émotionnel, pour aller vers le conceptuel et déterminer les attributs du concept de matière dans le cas de l'air.

évaluation en
situation action
du franchissement
de l'obstacle

Pour évaluer les acquisitions, le maître demandera aux enfants de trouver une solution pour aller chercher une bouteille "d'air de la cour". Certes, les élèves jugeront la demande un peu saugrenue, mais proposeront tous des réponses satisfaisantes dont remplir la bouteille d'eau et la vider dans la cour... elle se remplira d'air de la cour.

Activités	Projet didactique de travail sur l'obstacle	Où en est l'obstacle ?
- Structuration des idées : + l'air pèse + l'air pousse l'eau + l'air se comprime, se tasse, pousse la pomme de terre. - Évaluation : aller chercher une bouteille d'air de la cour.	- Définir les attributs du concept de matière dans le cas de l'air. - Mettre à l'épreuve le nouveau paradigme.	- Vérification du franchissement de l'obstacle.

3.6. Comparer les propriétés de l'air à celles des solides et des liquides

Montrer que l'air a des propriétés communes aux solides et aux liquides est une des conditions de franchissement de l'obstacle (Piaget, 1971). La comparaison a commencé à se faire au cours des phases précédentes – l'air peut pousser un objet, l'air pèse, l'air occupe un volume, il peut être transvasé – mais elle demeure plus ou moins implicite. Pour l'exprimer clairement nous proposons aux enfants les deux problèmes suivants à résoudre :

- trouver toutes les solutions pour faire tourner un moulinet ;
- reprendre l'expérience de la pomme de terre en mettant autre chose que l'air entre les deux bouchons.

Au premier problème, les élèves proposeront diverses solutions : courir, souffler, le mettre au vent, faire couler de l'eau, faire tomber un stylo, le frotter par terre. Ils solutionneront le second en mettant de l'eau entre les deux bouchons de pomme de terre.

Là aussi, la manipulation seule n'est pas suffisante pour permettre un travail sur l'obstacle, si elle n'est suivie d'une phase de discussion, impliquant les élèves, pour mettre explicitement en relation les propriétés de l'air avec celles des solides et des liquides. L'enseignant pilote ce débat avec en tête son objectif-obstacle et invite les élèves à affiner leurs explications pour dégager le point commun.

La masse apparaît comme le critère déterminant pour définir la classe matière, mais la limite de cette classe reste floue. En effet, le franchissement de l'obstacle a demandé un tel effort aux enfants que ce qui a été reconstruit prend une valeur universelle. L'air devient le prototype de la matière et la nouvelle construction conforte un autre obstacle celui du substantialisme qui se manifeste quand ils sont prêts à tout considérer comme de la matière : *"alors tout est matière, les rêves, les sentiments, la lumière..., car comme l'air on ne peut pas les toucher"*. On retrouve là, le constat que faisait Piaget (1927) : les enfants de cet âge se servent de l'air pour expliquer la pensée, les rêves ou la mémoire. Il n'est donc pas étonnant que cette idée resurgisse ici. Mais, la démarche mise en place depuis le début a fait acquérir des compétences aux élèves qui leur permettent d'évacuer rapidement cette nouvelle idée : ils proposeront, et réaliseront une expérience pour *"voir si la lumière pèse"*(2)...

l'air devient le prototype de la matière

(2) Ils éclaireront fortement l'un des plateaux d'une balance dont le second est placé dans l'obscurité.

Activités	Projet didactique de travail sur l'obstacle	Où en est l'obstacle ?
- Recherche de divers moyens pour solutionner deux problèmes. - Discussion pour comparer les moyens trouvés. Trouver le point commun - Vérification expérimentale : la lumière est-elle de la matière ?	- Construire la classe matière pour consolider le franchissement de l'obstacle. Délimiter cette classe.	- Franchissement de l'obstacle. - Apparition d'un nouvel obstacle rapidement franchi sous sa forme locale.

fissuration ou franchissement, ça dépend des élèves...

Il est toujours difficile de qualifier une phase donnée de fissuration ou de franchissement. D'abord parce qu'on peut définir deux niveaux d'obstacle : un niveau d'existence, et un niveau de matérialité, ces deux niveaux n'ayant pas de valeur hiérarchique. Peut-être que l'existence est d'abord conçue comme matérielle, même si le concept de matière n'est pas totalement construit. Une même activité peut alors jouer comme phase de franchissement pour un niveau (existence) et fissuration pour un autre (nature matérielle). C'est le cas de l'activité "faire monter l'eau" ou encore "le tube à patates". Ensuite, parce que tous les élèves n'en sont pas au même stade. Pour les enfants qui prévoient que le bouchon de pomme de terre sera expulsé, il n'y a pas de conflit cognitif. Cette phase joue comme consolidation. Par contre, pour les autres, c'est bien une phase de fissuration de l'obstacle. Les élèves travaillent donc ensemble à des phases différentes du franchissement de l'obstacle.

4. DIFFICULTÉS DE GESTION D'UN DISPOSITIF FLEXIBLE

4.1. Variations sur un même scénario : étude de cas

Avec l'idée d'explorer la possibilité de reprise dans des classes différentes d'une même "invention didactique", celle décrite dans la "séquence du verre vide", des enseignants ont repris cette démarche en s'en tenant autant que possible au scénario initial. Nous analyserons deux cas de reprise de ce même scénario.

- **Cas n°1 : effet de leader non contrôlé**

Dans cette classe, les prévisions individuelles du résultat de l'expérience sont analogues à celles de la classe de référence : 4 élèves seulement sur 21 pensent que l'eau ne montera pas. Mais au cours de la phase de discussion, un élève, leader de la classe, propose cette réponse d'une manière argumentée. Celle-ci remporte l'adhésion d'un bon nombre d'élèves sans que leurs idées initiales soient réelle-

les élèves
adhèrent à l'idée
du leader
et fuient le conflit

ment remises en jeu et modifiées. Le conflit cognitif est ainsi occulté : certains élèves qui restent en désaccord ne s'expriment plus face au revirement de situation, d'autres, se réfugient vers une position confortable celle de l'avis de l'élève qui a peu de chance de se tromper. Cette explication faisant intervenir l'air, la phase de travail de groupe sur la montée ou non de l'eau est détournée vers un nouveau problème : l'air peut-il s'opposer à l'entrée de l'eau ? Le débat est vif et les élèves évoquent, à l'appui des idées qu'ils avancent, des situations variées (cloche des plongeurs, fusée à eau gonflée à l'air comprimé, lavage des verres...) où l'eau et l'air interviennent.

déphasage entre
le projet de
l'enseignant et le
projet des élèves

L'enseignant tout mobilisé qu'il est par l'idée de tenir son scénario n'a pas pris la mesure de ce déplacement et a proposé, comme c'était prévu, de réaliser des expériences pour mettre en évidence la montée ou non de l'eau. Cette proposition, qui reste dans le registre du perceptif, est déphasée par rapport au projet majoritairement exprimé par la classe, qui a basculé vers l'explicatif : il s'agit de comprendre le rôle de l'air. Il n'est pas étonnant de constater que les élèves résistent à l'invitation. Et on voit l'enseignant réajuster à plusieurs reprises la consigne de travail et invoquer le doute sur la réalité du fait surprenant, pour tenter d'entraîner, en vain, les élèves vers des procédures de vérification.

Heureusement pour le traitement de l'obstacle, cette phase fait malgré tout l'objet de vifs débats à l'intérieur des groupes sur la capacité de l'air à s'opposer à l'eau et permet aux élèves de progresser dans la connaissance de l'air. Pourtant elle modifie considérablement la dynamique escomptée par le scénario, du fait du déphasage entre le projet de l'enseignant et ce qui se passe effectivement dans la classe. De plus elle débouche sur une impasse et une partition de la classe : d'un côté les convaincus mais sans preuve expérimentale, de l'autre les irréductibles qui ne se sont pas rangés à la position du leader et continuent à penser que l'eau monte, totalement ou partiellement. Pour ces derniers l'expérience-test sera la preuve qu'ils avaient tort, alors que dans le dispositif de référence, elle fonctionnait comme un jeu, où bien sûr le risque de perdre n'était pas absent mais où personne n'était mis en position d'être disqualifié. Dans ces conditions, ce n'est pas étonnant si les élèves se démobilisent dès la deuxième séance, car ce dispositif "souple-dur" leur paraît décidément bien dur et difficilement infléchissable en fonction de leurs idées.

• **Cas n°2 : stratégie pédagogique hésitante par survalorisation de la construction conceptuelle**

Si dans le cas précédent, on aboutit à une démobilisation de la classe par déphasage entre le projet de l'enseignant et celui des élèves, dans celui-ci, la non mobilisation est due à l'absence de problème pour les élèves : la maîtresse de la classe, survalorisant la construction conceptuelle au détri-

ment d'une logique de conflit cognitif, doit faire des marches arrière pour tenir le déroulement du scénario prévu.

Après avoir demandé aux élèves d'exprimer individuellement et par écrit leurs prévisions, l'enseignant les écrit au tableau sous leur dictée : "le sucre ne tombe pas", "le sucre va fondre", "le sucre et la pâte à modeler vont tomber dans l'eau", "il va y avoir une bulle d'air et le sucre ne va pas fondre". On pourrait penser que son intention est de renforcer le conflit cognitif visé en donnant plus de poids aux idées initiales des élèves avant l'apport de la contradiction expérimentale, de façon à éviter qu'elles ne soient trop rapidement abandonnées, comme cela s'est produit dans l'exemple précédent. Cependant, la suite montre que son projet est orienté par la rectification des idées fausses. Elle réalise l'expérience sous les yeux des élèves, puis les invite à reconsidérer les prévisions émises et raye au fur et à mesure les propositions non conformes à la réalité. Cette stratégie de démonstration ne laisse bien sûr aucune place au doute et les élèves qui n'avaient pas prévu "la bonne réponse" (ils sont majoritaires) n'ont plus voix au chapitre.

confrontation
logique sans
investissement
des élèves

Le conflit existe, mais reste intra-personnel et ne peut s'exprimer car la solution a été institutionnalisée par l'enseignante. Pour tenir son scénario, la maîtresse est obligée de créer la contestation.

M - *Qu'est-ce que vous avez vu ?*

E - *Une bulle d'air.*

M - *Mais est-ce que l'eau monte ou ne monte pas ? Je refais l'expérience.*

E - *Il faut aller plus vite.*

E - *C'est un trucage, vous êtes magicienne...*

l'enseignant est
contraint à
suppléer à la
contradiction
manquante

Après cette phase où les élèves tentent malgré tout de mettre en question la réalité du phénomène surprenant, et commencent à s'investir, l'enseignante reprend les commandes :

M - *Alors tout le monde est d'accord maintenant ?*

Comme personne n'ose contester, elle ajoute : "Toi, tu n'as pas l'air d'accord. Alors vous allez essayer de trouver une expérience pour me prouver que l'eau monte ou pas."

Évidemment, le problème posé n'a maintenant plus de sens pour les enfants : pourquoi vérifier expérimentalement ce que la maîtresse a validé en l'écrivant au tableau ? À quoi bon se dévaloriser un peu plus en prouvant expérimentalement qu'on avait tort ? Ainsi, seul le groupe qui avait prévu que l'eau ne monterait pas propose des expériences.

démobilisation
des élèves

4.2. Difficultés de reprise d'un dispositif flexible

Ces exemples montrent à quel point le scénario en lui-même n'a pas d'efficacité garantie. Il ne joue son rôle que si toutes les décisions de l'enseignant concourent à créer un climat de construction collective de connaissances. La même histoire, la même succession des tâches correspond, dans la

séquence de référence et dans ces deux cas de reprise, à des faits didactiques différents (Brousseau, 1986), et les effets différent également.

être capable
de prendre
des décisions
sur le champ

Dans le premier cas, c'est l'objet du débat qui change au cours de la séance, sans que l'enseignant soit conscient du dérapage. Le scénario est centré sur le problème "*est-ce que l'eau monte ou pas dans le verre ?*" alors que les élèves débattent du problème "*l'air peut-il s'opposer à l'eau ?*". Face à cet événement, la prise de décision doit se faire sur le champ (Charlier, 1989). Elle nécessite, d'une part, que l'enseignant prenne conscience du dérapage, d'autre part, qu'il soit capable d'imaginer des réponses alternatives possibles et d'en évaluer les conséquences. Faire en sorte que le leader n'occupe pas le "devant de la scène" en minimisant son intervention pour permettre un investissement des autres sans stériliser le débat nécessite de sérieuses compétences dans la conduite de discussions. Infléchir le scénario et se centrer sur le deuxième problème aurait favorisé la dévolution, mais il faut être en mesure d'imaginer d'autres moyens pour faire ressurgir les idées-obstacles et les travailler dans ce nouveau contexte.

être capable
d'adapter le
mode d'activité
didactique en
fonction de
l'objectif fixé

Dans le deuxième cas, les interventions de l'enseignant sont tiraillées dans deux directions contradictoires : la logique de conflit cognitif, qui est le moteur sur lequel joue le scénario suivi par l'enseignant ; la logique de la construction conceptuelle par démonstration, qui est probablement son mode de fonctionnement habituel et qu'il adopte sans en avoir conscience et surtout sans se rendre compte qu'il annule la tentative de mise en jeu des idées propres des élèves.

Un point commun à ces deux cas : face à l'occultation du conflit les "*enseignants sont contraints à suppléer à la contradiction manquante*" (Dupin, Johsua, 1991). Cette stratégie ne se révèle pas efficace ici, car elle intervient trop tardivement, comme une solution pour sauver la suite du déroulement prévu. Ces enseignants sont peut-être trop convaincus du succès automatique du scénario qui leur a été présenté, de sorte qu'ils ne se l'approprient pas suffisamment. Or l'investissement personnel du professeur est certainement une des conditions indispensables pour que fonctionne la négociation didactique dans les dispositifs flexibles.

EN CONCLUSION

l'enseignement
des sciences
n'est pas une
course
d'obstacles

Ces situations d'enseignement, centrées sur le franchissement d'obstacles, ne représentent qu'un mode d'activités didactiques parmi beaucoup d'autres possibles dans le cadre de l'enseignement des sciences. C'est un choix à faire pour l'enseignant s'il estime nécessaire de traiter un *nœud de difficulté*. Ce traitement est certes délicat, mais il

des situations exigeantes

conduira l'élève à un progrès intellectuel décisif. On peut même faire le pari que cette transformation intellectuelle rendra bien plus faciles des acquisitions qui pourront se faire ensuite de manière plus classique.

Elles sont cependant exigeantes. Leur conception demande de maîtriser et de combiner des savoirs relevant de domaines différents, épistémologiques, psychologiques, sociologiques, didactiques, pour :

- analyser les caractéristiques de l'obstacle, et envisager les *conditions de possibilité* à créer pour que la représentation évolue, pour que l'obstacle soit franchi ;
- connaître les processus mentaux mis en œuvre par les élèves ;
- élaborer des stratégies pour déconstruire l'obstacle en mettant en jeu tous les élèves d'une classe ;
- planifier son action dans le temps.

le franchissement d'obstacle, un progrès intellectuel décisif pour l'élève

Leur gestion exige une bonne maîtrise de compétences pédagogiques : gérer le groupe classe, le travail en groupe, faire utiliser l'écrit et l'oral à bon escient, alterner les formes de travail, animer des débats scientifiques... Cette mise en œuvre est particulièrement délicate car elle mobilise des procédures qui sont habituellement antagonistes :

- objectif conceptuel et souplesse adaptative ;
- opposition par le conflit et coopération entre élèves ;
- déstabilisation et reconstruction conceptuelle.

apporter des outils, bien sûr

Bien sûr, ce ne sont pas des situations au quotidien, et elles méritent probablement un traitement particulier. Fournir aux enseignants des "aides didactiques" sous forme de scénario pédagogique faisant part de "l'invention didactique", et accompagné de différents outils informatifs et prescriptifs, semble une idée séduisante. Son efficacité est loin d'être garantie ! Si l'on se réfère aux deux cas que nous avons présentés, qui certes se situent dans un contexte particulier puisque les enseignants ont pour mission de tester la faisabilité du dispositif, nous constatons que les dérives sont nombreuses et que l'écart entre les intentions des concepteurs du scénario et l'usage qui en est effectivement fait, est grand. Alors, pour reprendre le questionnement de Brousseau (1986) ; "*le maître doit-il refaire chaque fois un texte autour d'un canevas comme dans la commedia dell'arte, ou doit-il s'en tenir à un texte bien éprouvé ?*" Ce qui semble acquis c'est que les enseignants "lisent" et "jouent" le "texte" avec leur propre *habitus* (Bourdieu, 1972) c'est-à-dire cette "*grammaire génératrice de nos pratiques*" (Perrenoud, 1996). Transformer l'*habitus* des enseignants c'est développer de nouvelles compétences professionnelles. Cette entreprise nécessite, non pas d'injecter des doses de savoir didactique, mais d'élaborer de véritables dispositifs de formation qui prennent en compte, eux aussi, les obstacles à la modification des pratiques des enseignants. Quels sont ces obstacles que rencontrent les enseignants en formation initiale et continue ? Sont-ils franchissables ? Quelles sont

mais l'occasion
de repenser
la formation
professionnelle

les stratégies de formation les plus efficaces à mettre en œuvre pour les franchir ? Quelle contribution peut avoir la formation générale des professeurs d'école (qui sont, comme le souligne Martinand (1995), des *spécialistes de l'éducation à l'école* et non des spécialistes des disciplines) au développement des compétences pour gérer de tels dispositifs ? À l'inverse, en quoi ce type de formation en didactique peut-il contribuer au développement de compétences générales ? Voilà bien des problèmes à résoudre pour les formateurs et didacticiens, si toutefois ils estiment que "le jeu en vaut la chandelle" ! Mais, tout comme le franchissement des obstacles par les élèves facilite la tâche pour les autres activités, on peut faire l'hypothèse que le franchissement de ces obstacles par les enseignants aiderait à leur formation. Essayer, c'est peut-être l'occasion de donner du relief à la formation des maîtres !...

Élisabeth PLÉ,
IUFM de Reims. Centre de Troyes.
Équipe sciences expérimentales
de l'INRP.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASTOLFI, J.-P. (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF.
- ASTOLFI, J.-P. & PETERFALVI, B. (1993). "Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales", in *Modèles pédagogiques 1*, Aster n° 16. Paris : INRP.
- AUMONT, B. & MESNIER, P.-M. (1992). *L'acte d'apprendre*. Paris : PUF.
- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : PUF.
- BARTH, B.M. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris : Retz.
- BEDNARZ, N. & GARNIER, C. (dir.) (1989). *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa : Cirade, Ed. Agence d'Arc Inc.
- BOURDIEU, P. (1972). *Esquisse d'une théorie de la pratique*. Genève : Droz.
- BROUSSEAU, G. (1986). *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques*. Thèse de doctorat d'état, Université de Bordeaux 1.
- BRUNER, J. (1983). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Paris : PUF.

CHARLIER, E. (1989). *Planifier un cours c'est prendre des décisions*. Bruxelles : De Boeck.

DEVELAY, M. (1994). *Peut-on former les enseignants ?* Paris : ESF.

DOISE, W. & MUGNY, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : Inter Éditions.

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

FABRE, M. (1995). *Bachelard éducateur*. Paris : PUF.

GILLY, M. (1989). "À propos de la théorie du conflit socio-cognitif et des mécanismes psycho-sociaux des constructions cognitives : perspectives actuelles et modèles explicatifs", in N. Bednarz & C. Garnier, *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa : Cirade, Ed. Agence d'Arc Inc.

JOHSUA, S. (1989). "Les conditions d'évolution de conceptions d'élèves", in N. Bednarz, C. Garnier, *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa : Cirade, Ed. Agence d'Arc Inc.

JOHSUA, S. & DUPIN, J.-J. (1991). "Démarches de modélisation et interactions sociales en classe : un exemple en physique", in C. Garnier, N. Bednarz, I. Ulanovskaya, *Après Vygotski et Piaget*. Bruxelles : De Boeck.

MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

MARTINAND, J.-L. (coord.) (1995). *Découverte de la matière et de la technique*. Paris : Hachette Éducation.

PERRENOUD, P. (1996). *Enseigner, agir dans l'urgence, décider dans l'incertitude*. Paris : ESF.

PERRET-CLERMONT, A.-N. (1979). *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*. Berne : Peter Lang.

PETERFALVI, B. (coord.) (1992). *Recherche ROOSA, documents n° 1 et n° 2*. Paris : INRP (documents internes).

PETERFALVI, B. (1995). "Activités réflexives d'élèves en classe de sciences : des compétences méthodologiques au travail sur les obstacles", in A. Giordan, J.-L. Martinand et D. Raichvarg (Éds), *Actes des 17èmes Journées Internationales sur la Communication, l'Éducation et la culture Scientifiques et Industrielles*. Université de Paris 7.

PIAGET, J. (1926/1993). *La représentation du monde chez l'enfant*, Paris : PUF, coll. Bibliothèque de philosophie contemporaine.

- PIAGET, J. (1967). *Le jugement et le raisonnement chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- PIAGET, J. & GARCIA, R. (1971). *Les explications causales*. Paris : PUF, coll. Études d'épistémologie génétique.
- PIAGET, J & INHELDER, B. (1978). *Le développement des quantités physiques chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- PLÉ, E. (1995). "Attaquer un obstacle par ses différentes faces à l'école primaire : l'air n'est pas de la matière", in A. Giordan, J.-L. Martinand et D. Raichvarg (Éds), *Actes des 17èmes Journées Internationales sur la Communication, l'Éducation et la culture Scientifiques et Industrielles*. Université de Paris 7.
- PLÉ, E. (1995). "Objectif-Obstacle et gestion du conflit socio-cognitif : difficultés liées à la reprise d'un dispositif flexible", in *Actes du 5ème séminaire national de recherche en didactique de la physique*. Reims.
- SÉRÉ, M.-G. (1986). *Analyse des conceptions de l'état gazeux qu'ont les enfants de 11 et 13 ans, en liaison avec la notion de pression, et propositions de stratégies pédagogiques pour en faciliter l'évolution*. Thèse de doctorat d'état. Paris 6.
- VÉRIN, A. (1996). "Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences", in *Repères* n° 12. Paris : INRP.
- VYGOTSKI, L. (1934/1985). *Pensée et langage*. Éditions sociales.