



HAL
open science

Enseigner la matérialité de l'air au cycle 3 : analyse d'une démarche pour tenter de faire évoluer les conceptions des élèves

Marie-Lise Abidi-Rosay, Johanne Masson

► To cite this version:

Marie-Lise Abidi-Rosay, Johanne Masson. Enseigner la matérialité de l'air au cycle 3 : analyse d'une démarche pour tenter de faire évoluer les conceptions des élèves. Education. 2012. dumas-00762610

HAL Id: dumas-00762610

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00762610v1>

Submitted on 7 Dec 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Année universitaire 2011-2012

**Master Métiers de l'enseignement scolaire
Mémoire professionnel de deuxième année**

Enseigner la matérialité de l'air au cycle 3

**Analyse d'une démarche pour tenter de faire
évoluer les conceptions des élèves**

Présenté par : ABIDI ROSAY Marie-Lise et MASSON Johanne

Discipline : Sciences physiques

Responsable du mémoire : ROLANDO Jean-Michel

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
I. Quelles références théoriques pour un travail sur l'air en cycle 3 ?.....	4
A. Ces conceptions qui font obstacle aux apprentissages.....	4
B. Que sait-on des conceptions des élèves sur l'air ?.....	5
C. Par quelles démarches peut-on faire évoluer les conceptions ?.....	6
D. Par quelles situations peut-on faire évoluer les conceptions des élèves sur l'air ?.....	9
II. La séquence mise en place et la problématique de notre mémoire.....	10
A. Description de la séquence.....	10
B. Nos axes d'analyse.....	16
III. Du côté de la démarche : difficultés et réussites dans la conduite de notre séquence.....	16
A. Faire face aux représentations des élèves : pas si simple.....	17
1. Des erreurs déstabilisantes.....	18
2. Quand les expériences ne suffisent pas.....	20
3. Quand les bonnes réponses nous déstabilisent.....	22
B. Aux commandes d'une démarche d'investigation.....	24
1. Quelques réussites tout de même.....	24
2. Apprendre par résolution de problèmes : mais quels problèmes ?.....	25
3. Faire émettre des hypothèses aux élèves : pas si simple.....	28
IV. Du côté des apprentissages : finalement, les élèves ont-ils appris ?.....	30
A. La nécessité d'une évaluation à l'issue de la séquence.....	30
B. Que peut-on dire des résultats de l'évaluation différée ? Un bilan mitigé lié à des difficultés d'interprétation.....	31
CONCLUSION.....	36
BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES.....	37

INTRODUCTION

Les sciences à l'école : voilà une discipline qui pourrait être perçue comme un terrain glissant pour bon nombre d'enseignants qui débutent dans la profession. Et pourtant, le rôle de l'école est d'apporter une « *culture équilibrée, incluant une éducation scientifique et technique au même titre que l'éducation physique, artistique, littéraire, etc.* » (J.-M. Rolando, 1998). Les programmes de 2008 abordent les sciences comme suit :

« Les sciences expérimentales et les technologies ont pour objectif de comprendre et de décrire le monde réel, (...). Leur étude contribue à faire saisir aux élèves la distinction entre faits et hypothèses vérifiables d'une part, opinions et croyances d'autre part. Observation, questionnement, expérimentation et argumentation, (...) sont essentiels pour atteindre ces buts ; c'est pourquoi les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation (...) » (B.O. hors-série n° 3 du 19 juin 2008, cycle des approfondissements - programme du CE2, du CM1 et du CM2).

Nous avons effectué notre stage en pratique accompagnée au sein d'une école primaire d'Annecy (Haute-Savoie) dans une classe de CE2-CM1, à raison de deux jours par semaine pendant 4 semaines en novembre et décembre 2011. Nous avons décidé de mener une séquence en sciences physiques sur la matérialité de l'air. Si nous avons envisagé d'enseigner cette discipline, c'est essentiellement parce que cette dernière ne correspond en aucun cas à notre formation universitaire. Concrètement, enseigner les sciences relevait du défi. C'était un moyen de nous rendre compte des tenants et des aboutissants d'une démarche d'investigation à l'école. En effet, comme le souligne André Giordan (2006) « *la priorité de l'école n'est donc plus de faire accumuler des savoirs, mais au travers des connaissances d'introduire une disponibilité : l'envie de chercher à comprendre en permanence, c'est-à-dire une curiosité d'aller vers ce qui n'est pas évident ou familier. S'approprier des démarches d'investigation tient donc une place prépondérante.* »

Les démarches d'investigation reposent sur le questionnement. L'enseignant propose un problème concret pour les élèves qui, de là, vont émettre des hypothèses pour le résoudre en utilisant leurs conceptions.

Lors de la mise en place de notre séquence, nos préoccupations étaient dans un premier temps de tenter de mettre en place une telle démarche mais nos lectures étaient alors bien moins approfondies qu'elles ne le sont maintenant. De ce fait, nous n'avions pas réellement conscience de tous les paramètres à maîtriser. Aujourd'hui, après l'imprégnation de différentes

lectures en didactique des sciences, nous nous rendons compte que le travail réalisé en amont ne permettait pas de faire face à toutes les contraintes que nous avons rencontrées.

Ainsi, nous avons tenté dans ce mémoire de nous positionner autour d'une analyse *a posteriori*. Nous orienterons notre réflexion dans les deux directions suivantes.

- Quels regards portons-nous sur la démarche que nous avons conçue et sur la manière dont nous l'avons conduite ?

- Notre séquence a-t-elle permis aux élèves de progresser dans leurs conceptions ?

Nous présenterons dans un premier temps les principales lectures qui nous ont inspirées dans la conception de notre séquence (parties I et II). Nous analyserons ensuite les difficultés que nous avons rencontrées (partie III). Enfin, en partie IV, nous tenterons d'évaluer l'impact de nos enseignements sur l'apprentissage des élèves.

I. Quelles références théoriques pour un travail sur l'air en cycle 3 ?

En choisissant le thème de la matérialité de l'air nous nous attendions à être confrontées à certaines conceptions chez les élèves. Cela s'est avéré exact et c'est pour cela qu'une étude approfondie sur celles-ci ainsi que sur les moyens de les surmonter s'est révélée pertinente.

A. Ces conceptions qui font obstacle aux apprentissages...

« Quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune. Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés » (Bachelard, 1938).

C'est en s'intéressant aux difficultés et aux erreurs commises parfois de manière récurrente par les élèves que les didacticiens ont contribué à l'élaboration de ce concept que l'on nomme « conception ». Chaque personne essaie de comprendre et d'expliquer le monde qui l'entoure, et c'est particulièrement le cas des élèves qui arrivent à l'école avec certaines idées, certaines conceptions non scientifiques. D'après Robardet et Guillaud (1995) les conceptions sont « *des stratégies cognitives que l'apprenant utilise pour appréhender et décoder le monde qui l'entoure, en particulier les situations scolaires qui lui sont proposées* ». Ils précisent : « *Les conceptions correspondent à des connaissances qui fonctionnent comme des théories naïves* ». Astolfi et Develay (1989) viennent ajouter que « *tout apprentissage vient interférer avec un « déjà là », conceptuel, qui, même s'il est faux sur le plan scientifique, sert de système d'explication efficace et fonctionnel pour l'apprenant* ». Ainsi, les conceptions, souvent tirées

du sens commun, d'expériences personnelles, ou encore d'apparences, peuvent devenir de véritables obstacles à l'apprentissage. Elles constituent une résistance au niveau de l'esprit de l'apprenant qui pense connaître et qui, de ce fait, n'est pas réceptif à l'enseignement. Ce que l'élève croit connaître cache en fait ce qu'il devrait savoir. Pour aller dans le sens de Bachelard (1938), son esprit est comme rempli de préjugés qu'il faut ainsi l'aider à surmonter.

Les conceptions des élèves sont d'une part très personnelles. Elles sont influencées par leurs idées, leurs attentes, leur vécu. D'une certaine façon, les élèves reconstruisent un monde à leur façon. Ainsi, les conceptions appartiennent au sujet lui-même - il y tient - ce qui explique partiellement leur permanence et même leur résistance. Mais les conceptions sont aussi, parfois, la conséquence d'obstacles appelés obstacles épistémologiques. Dans la langue française, le terme *obstacle* rappelle quelque chose qui vient s'interposer entre deux éléments, qui gêne, et donc ici qui viendrait se placer entre le désir de connaître et l'objet étudié – et le terme *épistémologique* signifie que l'obstacle est lié à l'esprit scientifique lui-même.

Toujours selon le philosophe Bachelard, pour parvenir à la réelle connaissance « *l'esprit doit donc se défaire de ses illusions* » ; et de là intervient le concept de rupture épistémologique correspondant au passage de la simple connaissance, étant en faite une conception primaire erronée, à la réelle connaissance scientifique. Afin que cette connaissance scientifique s'installe il faut donc détruire la connaissance antérieure qui était fausse et qui fait obstacle, faute de quoi elle va revenir de manière récurrente chez les élèves, qui pourront toujours commettre la même erreur jusqu'au bout de leur scolarité, voir même ultérieurement encore comme l'ont montré de nombreux didacticiens (par exemple De Vecchi et Giordan, 1987, 2002).

B. Que sait-on des conceptions des élèves sur l'air ?

« L'élève n'abandonne pas facilement son idée au profit de celle qui lui est enseignée. Par exemple : l'idée que la matière est quelque chose de visible, de lourd, qui oppose une certaine résistance. Renoncer à cette idée est difficile, puisqu'elle structure toute la perception du monde : si l'on accepte trop facilement l'idée que les gaz sont de la matière, alors pourquoi pas la chaleur, l'électricité, l'énergie... ? » (Astolfi, 1992).

Les difficultés des élèves sur l'acquisition de la matérialité de l'air proviennent essentiellement de deux obstacles (Plé, 1997) :

- Le premier est un obstacle cognitif : chez l'élève la perception prime avant tout. Or l'air est invisible, impalpable, et incolore ; il se laisse donc très peu percevoir. Par l'utilisation de ses sens, l'élève peut distinguer un solide d'un liquide (les deux états de la matière qu'il connaît à ce stade de ses apprentissages). Ces deux états possèdent diverses caractéristiques (visibilité,

résistance, possibilité d'être manipulés) qui ne se retrouvent pas dans les caractéristiques de l'air. L'air n'est donc pas spontanément assimilé à une matière au même titre que les autres matières déjà connues par les élèves.

- Toujours selon E. Plé (1997), le deuxième obstacle est d'ordre langagier. Le mot matière est connu des élèves mais son sens est très différent de celui que lui donne la science. Il est donc rare que les élèves connaissent la définition scientifique de ce mot et sachent que la matière occupe de la place, se déplace, se conserve et possède une masse. Pour eux ce mot renvoie à différentes acceptions employées dans le langage courant : « matières grasses », « matières premières », ou encore « matière » en tant que discipline scolaire. Tout cela crée des confusions lorsque l'élève entend parler de matière en sciences.

De plus, le langage courant manipule également le terme « air » parfois à mauvais escient, ce qui contribue à ajouter à la confusion : « aller prendre l'air » voudrait dire qu'il n'y a pas d'air à l'endroit où l'on se situe ; « un courant d'air » soulignerait le fait qu'il n'y avait pas d'air avant ce souffle qui est passé ; une bouteille peut être qualifiée de « vide » lorsqu'elle ne contient pas de liquide à l'intérieur, alors qu'elle est en réalité pleine d'air ; etc.

C. Par quelles démarches peut-on faire évoluer les conceptions ?

« Du questionnement à la connaissance en passant par une investigation expérimentale » (documents d'application des programmes, 2002).

À ses débuts, la didactique des sciences s'est beaucoup intéressée aux conceptions des élèves dans le but de les caractériser. Puis, de plus en plus, la question centrale est devenue "que faire des conceptions initiales des élèves ?". Bachelard disait qu'il fallait détruire ces idées premières pour asseoir la connaissance scientifique. Mais les didacticiens actuels ont apporté des nuances : faut-il directement les détruire, ou au contraire les utiliser pour aller contre elles ?

Il a donc fallu imaginer des démarches pour que l'enseignement soit le plus efficace possible et permette de prendre en compte les conceptions des élèves. J.P. Astolfi et M. Develay (1989), ont mis en place la démarche par investigation-structuration où l'enseignant anime et présente un problème à résoudre, tout en laissant une certaine autonomie aux élèves et en incitant aux échanges entre groupes. Cela provoque une décentration de l'élève ainsi que certains conflits socio-cognitifs, propices à la déstabilisation de l'élève dans ses idées premières. L'enseignant provoque des moments de confrontation, d'explication, de communication, et de vérification. Ces moments sont propices à l'émergence des conceptions et à leur discussion, il est nécessaire de toujours faire agir les élèves de manière productive, plutôt que de manière réceptive.

Astolfi et ses collaborateurs (1997) récapitulent quelques pistes pour prendre en compte les conceptions des élèves :

- Les comprendre en postulant que les erreurs ne sont pas dues au hasard et qu'elles méritent donc d'être analysées pour en comprendre l'origine.
- Faire comparer les diverses conceptions des élèves, les discuter, ce qui favorise la décentration et montre la diversité d'explications que peut recouvrir un même phénomène, et est ainsi susceptible de provoquer des conflits socio-cognitifs.
- Mettre en place des situations problèmes permettant de « travailler » ces conceptions et conduisant l'élève à modifier son système explicatif.

Dans tous les cas, comme le soulignent Robardet et Guillaud (1995), « *il faut les faire fonctionner et s'en servir pour les dépasser* ».

De leur côté De Vecchi et Giordan (2002) ont développé cette logique de prise en compte des conceptions des élèves en allant plus loin : ils ont proposé de transformer progressivement les conceptions des élèves à travers cinq phases.

- 1) Utiliser les conceptions des élèves, puisque ils ne disposent que de cela pour comprendre le problème dans un premier temps.
- 2) Laisser évoluer les conceptions jusqu'à ce qu'elles posent problème aux élèves.
- 3) Aider les élèves à élaborer une autre conception plus adaptée et efficace.
- 4) Donner des modèles pour aider les élèves dans l'élaboration de cette nouvelle conception.
- 5) Mettre en œuvre des approfondissements pour asseoir le nouveau savoir ou même l'enrichir.

Ainsi les conceptions initiales peuvent peut-être évoluer et, à terme, faire place à une connaissance plus juste de l'objet d'étude.

Cette démarche par « investigation-structuration » s'est ensuite approfondie avec les démarches « hypothético-déductives ». Guy Robardet (1989) énonce : « *La réception d'un message, l'analyse d'un fait ne peut être effectuée par l'élève qu'à travers son propre système de représentations. C'est ce système et lui seul qui lui permet de décoder l'information qu'il reçoit. C'est en fonction de l'évolution de celui-ci qu'il construira, révisera ou affinera son savoir* ». La construction du savoir suppose donc la prise en compte des représentations initiales de l'élève. Alors qu'un enseignement plutôt classique des sciences a souvent recours à une démarche plutôt inductive (une expérience est supposée mettre en évidence des concepts), la démarche hypothético-déductive est construite pour valider ou non des hypothèses répondant à une situation problème. L'enseignant propose donc un problème concret pour les élèves qui, de là, vont émettre des hypothèses pour le résoudre. L'élève n'est ainsi plus spectateur d'un raisonnement qu'on déroule devant lui, mais c'est en fonction de ses

hypothèses qu'il va tenter de résoudre le problème. Ses conceptions vont se retrouver dans ses hypothèses qui, si elles sont erronées, seront invalidées par l'expérience. Le savoir à acquérir n'est donc pas présenté dès le début, il est construit à la place des conceptions. « *Le problème se situe en amont de l'apprentissage, son rôle est de susciter des questions et des actions dans le but de construire un savoir nouveau. L'expérience est ici le moyen de valider ou d'invalidier les anticipations des étudiants* » (Robardet, 1989). En prenant en compte les conceptions des élèves l'enseignant les fera évoluer jusqu'à les remettre complètement en question. C'est lorsque l'élève se rendra compte que sa conception initiale ne permet pas de résoudre tous les problèmes qui se posent à lui, qu'il cherchera donc d'autres solutions.

Pour résumer cela, la situation problème peut être décrite suivant ces caractéristiques essentielles (d'après Astolfi et al., 1997) :

- Un obstacle concret est identifié par l'enseignant et nécessite d'être étudié afin d'être franchi par ses élèves.
- Cet obstacle doit pouvoir être franchissable par les élèves. Pour cela l'enseignant met en place une activité qui est à leur portée (qui doit donc rester dans la zone proximale de développement de l'élève), mais qui présente également une énigme motivante à résoudre pour les élèves.
- Les élèves formulent des hypothèses quant à l'énigme soulevée précédemment. Cela permet de révéler leurs connaissances antérieures et conceptions. De là, sont engagés de vrais débats scientifiques qui vont engendrer des conflits socio-cognitifs chez les élèves.
- Une ou plusieurs expériences vont être réalisées et le résultat de celles-ci permettra la validation ou l'invalidation de ces hypothèses.
- Les conclusions de ces diverses expériences conduiront à une nouvelle connaissance.

Ainsi, les élèves peuvent analyser les différences obtenues entre leurs hypothèses et leurs résultats, y remédier, et de là mettre en place des stratégies pour résoudre correctement le problème étudié. Ils deviennent ainsi de plus en plus autonomes face aux obstacles qu'ils peuvent rencontrer.

En confrontant régulièrement les élèves à des situations problèmes ils développeront progressivement leurs capacités à les comprendre et à les résoudre. Cela contribue à les rendre de plus en plus autonomes face à ces situations. « *L'autonomie intellectuelle qui constitue, selon notre conception de l'éducation scientifique, la finalité principale, nécessite que l'élève apprenne à contrôler sa pensée par lui-même et non en recourant au verdict de l'enseignant* » (J.-M. Rolando, 1996).

C'est donc en prolongement de tous ces travaux de recherche, qu'un groupe d'experts chargé d'élaborer les programmes de l'école de 2002 a instauré la démarche d'investigation. Celle-ci

reprend à son compte les idées fortes développées ci-dessus : importance d'un problème à résoudre, importance des hypothèses faisant émerger les conceptions des élèves, vérification expérimentale, résolution du problème amenant une nouvelle connaissance.

D. Par quelles situations peut-on faire évoluer les conceptions des élèves sur l'air ?

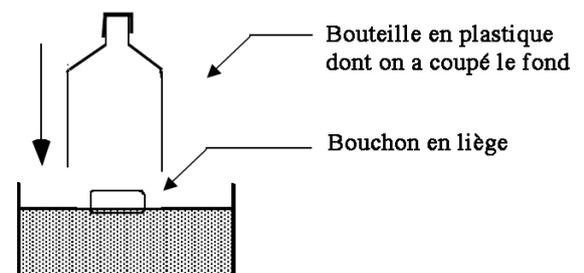
« Montrer que l'air a des propriétés communes aux solides et liquides est une des conditions de franchissement de l'obstacle » (Piaget, Garcia, 1971).

Comme nous l'avons énoncé précédemment, l'air est invisible, impalpable, et incolore ; il se laisse donc très peu percevoir. Pour les élèves, l'air n'est pas de la matière. Le but d'un enseignement sur ce sujet serait de montrer justement qu'il possède toutes les propriétés de la matière.

Le déplacement de l'air, son transvasement, sont des activités propices à cela. Au cours de celles-ci l'objectif serait que l'élève ait compris le fait que l'air, comme toute matière, obéit à une loi de conservation.

Au cours de notre séquence, nous avons donc mis l'accent sur trois expériences principales.

- L'une d'elles consistait à plonger une bouteille coupée en son milieu au fond de l'eau en piégeant à l'intérieur un bouchon. En émettant des hypothèses sur le devenir du bouchon les élèves devaient prendre conscience que l'air, comme les solides et les liquides, prend de la place, et qu'en



descendant la bouteille dans l'eau, l'air allait lui aussi descendre, prendre la place de l'eau, et faire ainsi descendre le bouchon. Nous avons conclu cette expérience en disant aux élèves que « l'air occupe de l'espace ». Nous avons volontairement été quelque peu évasives en ne parlant pas de volume et en passant sous silence la compressibilité de l'air qui peut amener ce volume à varier. Ce phénomène ne se produisant pas dans le cadre des expériences utilisées, nous ne l'avons donc pas envisagé avec les élèves.

- Afin d'asseoir la connaissance sur la conservation de l'air, une expérience de transvasement a aussi été mise en place. Durant une première phase il avait été rappelé et montré que la matière « eau » pouvait aisément se transvaser ; les élèves devaient à la suite de cela tenter de savoir s'il était possible de faire de même avec la matière « air ».

- Une autre expérience a également mis en évidence une des propriétés de la matière : son caractère pesant. Grâce à la pesée d'un ballon dégonflé et celle d'un ballon gonflé, les élèves ont pu constater la différence de masse entre ces deux ballons, prouvant ainsi le caractère pesant de l'air.

À travers cette séquence, nous espérons aider les élèves à bâtir des savoirs intégrateurs (De Vecchi, Giordan, 1987). Ce sont des savoirs de base qui permettent l'intégration continue de nouveaux savoirs et donc l'enrichissement du système cognitif – ce sont « *le ciment intellectuel* » du système de pensée de l'élève (Rolando, 2006). Cela permet de relier plus facilement différents savoirs entre eux et donc de ne pas posséder uniquement des îlots de savoirs non connectés les uns aux autres (Rolando, 1996).

Bâtie autour de ces situations expérimentales, nous avons pensé que cette séquence allait aider les élèves à « intégrer » l'air parmi l'ensemble des matières qu'ils connaissent déjà. Pour construire ce savoir intégrateur (l'air est une matière) l'élève a donc besoin de connaître les propriétés de l'air, précisément celles qui sont les mêmes que les propriétés générales de la matière.

II. La séquence mise en place et la problématique de notre mémoire

Suite à ces éléments théoriques sur les conceptions des élèves et sur les moyens pour tenter d'y remédier, voici une brève présentation de la séquence mise en œuvre dans une classe de CE2/CM1.

A. Description de la séquence

Séance 1

Intentions

- Faire une synthèse des connaissances des élèves.
- Prendre conscience de la présence de l'air.

Déroulement

Dans un premier temps, afin d'amorcer la séquence, la question suivante a été posée aux élèves : « *qu'est-ce que l'air ?* ». Celle-ci a donné lieu à diverses réponses telles que « *c'est du CO₂* », « *ça nous permet de respirer* », « *ça nous rafraîchit* », « *c'est invisible* ».... Face à ces réponses, nous nous sommes rendu compte que la question posée n'était peut-être pas assez précise, et nous éloignait ainsi du sujet que nous voulions développer.

N'excluant aucune réponse, nous nous sommes cependant davantage intéressées à la réponse « *c'est invisible* ». Nous avons donc enchaîné avec la présentation aux élèves d'images permettant de repérer s'ils avaient conscience de l'existence de l'air (à titre d'exemple : une image montrant une armoire ouverte, une autre une armoire fermée). La question posée était la suivante : *A votre avis est-ce que ces objets contiennent de l'air ?* Suivant les images les réponses pouvaient varier, mais de manière prépondérante, les élèves indiquaient la présence d'air dans chaque image.

Ensuite, nous sommes entrées plus précisément dans un exemple d'image ambiguë : celle d'une bouteille vide sans bouchon. La question posée a été la suivante : *à votre avis, comment prouver que cette bouteille contient ou ne contient pas d'air ?* Les élèves ont écrit individuellement leurs hypothèses. Ils avaient à disposition du matériel que nous leur avions fourni, celui-ci pouvant être utile ou non, afin de ne pas orienter leurs idées.

Le type d'expérience imaginé par les élèves était varié et plus ou moins pertinent :

- Un groupe propose de gonfler un ballon, puis, en pressant ensuite dessus, de vider l'air du ballon à l'intérieur de la bouteille.
- D'autres pensent qu'en plongeant la bouteille dans la bassine d'eau des bulles ressortent. Ils ne savent cependant pas toujours expliquer si cela prouve la présence d'air.
- D'autres veulent utiliser tout le matériel disponible sans intention précise.

Séance 2

Intention

- Réaliser les expériences puis en rendre compte oralement.

Déroulement

Une phase de rappel a permis de repreciser l'objectif de ces expériences.

Chaque groupe a ensuite exposé son hypothèse et réalisé son expérience. Puis il y a eu discussion :

- sur la pertinence de l'expérience,
- sur la validation ou non des hypothèses censées répondre à la question de la présence d'air dans la bouteille.

Au cours de la synthèse, nous avons proposé trois solutions pour prouver la présence d'air dans la bouteille (les deux premières avaient été trouvées par des élèves) :

- en plongeant la bouteille dans l'eau on remarque que des bulles s'échappent, ce qui prouve qu'il y avait de l'air dans la bouteille.

- en accrochant un sac en plastique sur le haut de la bouteille, on remarque que lorsqu'on appuie sur cette dernière le sac se gonfle.

- en appuyant sur la bouteille proche de sa joue on peut sentir un souffle d'air.

En cette fin de synthèse, les élèves ont ainsi pu tester cette dernière expérience.

À la fin de cette séance, nous avons repris les images initiales, et nous avons reposé la même question : *A votre avis est-ce que ces objets contiennent de l'air ?* Tous les élèves se sont accordés pour dire qu'il y avait de l'air sur chaque image.

Enfin, la trace écrite a été effectuée collectivement : *Même si on ne le voit pas, il y a de l'air partout autour de nous.*

Séance 3

Intentions

- Etablir un règlement que les élèves devront respecter lors des prochaines séances en science.
- Dégager les différentes étapes nécessaires à la résolution d'une situation-problème : quelle est la question à partir de laquelle différentes hypothèses seront émises ? Comment ces hypothèses vont-elles être testées à travers différentes expériences ? Quelle en est la conclusion, par rapport à l'expérience et surtout par rapport à la question initiale ? Enfin, que retenir de tout cela ?

Déroulement

Lors de la séance précédente nous avons remarqué que les élèves avaient été vite dissipés dès qu'il s'agissait de faire une séance de sciences. Ainsi nous avons décidé d'établir collectivement un règlement à appliquer à chaque fois qu'une situation expérimentale serait mise en place.

Puis un retour sur la séance précédente a été effectué afin de voir ce que les élèves avaient retenu, et afin de souligner les différentes étapes de la démarche vécue. Ces différentes étapes (question, hypothèse, expérience, résultat et conclusion) allaient être par la suite à appliquer à chaque situation problème, en espérant que ce cheminement allait s'automatiser au fil de la séquence.

Les élèves ont donc pris en note sur la feuille où ils avaient réalisé leur première expérience:

- *hypothèse : ce que je cherche à démontrer.*

- *expérience : schéma ou court texte montrant ce que j'ai fait.*

Séance 4

Intentions

- Comprendre que l'air prend de la place comme n'importe quelle autre matière.

- Appliquer la démarche d'investigation récemment formalisée.

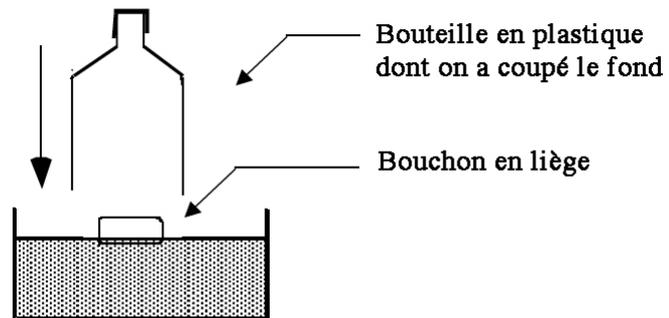
Déroulement

L'enseignante présente une expérience mais ne la réalise pas afin que les élèves ne voient pas son résultat : *Si je fais descendre la bouteille dans le bac, que va faire le niveau de l'eau ?*

Un bouchon est utilisé pour mieux visualiser ce niveau. Les élèves émettent leurs prévisions par écrit puis réalisent concrètement l'expérience. A partir de

là, ils écrivent ce qu'ils ont pu observer durant l'expérience, réalisent un schéma et tentent d'interpréter par écrit leurs prévisions.

Collectivement la trace écrite a été notée afin d'être retenue par les élèves : *le niveau de l'eau descend au fond du bac car l'air prend de la place.*



Séance 5

Objectif

- Comprendre que l'air est pesant (comme n'importe quelle matière).

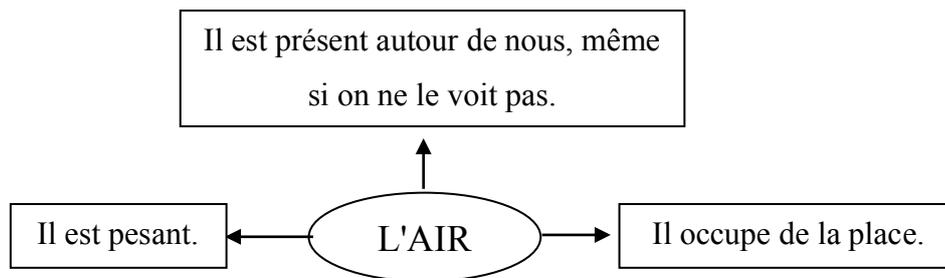
Déroulement

Après avoir rappelé brièvement ce que nous avons déjà appris lors des séances précédentes (l'air est partout, il prend de la place), nous traitons une nouvelle caractéristique de l'air, à savoir qu'il est pesant. Pour amener cette nouvelle propriété, deux ballons de basket sont présentés aux élèves : un gonflé, puis un autre dégonflé. La question suivante leur a été ensuite posée : *A votre avis, le ballon gonflé est-il moins lourd, aussi lourd ou plus lourd que le ballon dégonflé ?*

Un recueil des réponses a été effectué et noté au tableau, puis il leur a été demandé de trouver un moyen de connaître la réponse, ou de vérifier leurs prévisions. Un élève a suggéré de peser chacun des ballons puis ensuite de comparer leur poids respectifs. C'est ce que nous avons donc fait.

Les élèves ont pu constater que le ballon gonflé était légèrement plus lourd. Ce qu'il y avait en plus dans le ballon gonflé et qui faisait augmenter le poids sur la balance étant la présence d'air dans le ballon, les élèves ont donc pu constater que l'air était pesant.

Un récapitulatif est noté sous forme de schéma :



Séance 6

Objectif

- Mettre en évidence que l'air peut se transvaser (conservation de la matière).
- Mettre en œuvre un protocole expérimental comme cela a été appris lors de précédentes expériences.

Déroulement

A partir d'une démonstration devant les élèves montrant que l'on peut transvaser l'eau d'un endroit à un autre, la situation problème suivante est posée aux élèves : *l'air peut-il se déplacer d'un endroit à un autre (se transvaser) comme l'eau par exemple ?*



Suivant le cheminement de la résolution d'une situation expérimentale, les élèves ont ensuite

émis des hypothèses par groupes et par écrit. Beaucoup pensaient qu'il n'était pas possible de transvaser l'air puisque celui-ci est déjà présent partout.

Afin de tester leurs hypothèses, nous leur avons proposé le matériel suivant : sacs de congélation, ficelles, pailles ou tuyaux. En s'aidant de celui-ci, les élèves ont tenté de trouver un moyen pour transvaser l'air d'un sac à l'autre.

La majorité des groupes ayant trouvé la solution, un groupe a montré l'expérience pour valider l'hypothèse selon laquelle l'air peut se transvaser.

Cette propriété a pu être ajoutée au schéma récapitulatif : *l'air peut se transvaser (se déplacer d'un endroit à un autre).*

Séance 7

Intentions

- Réaliser des affiches mettant en avant les propriétés de l'air vues tout au long des séances.
- Retrouver les différentes étapes de résolution d'une situation problème.

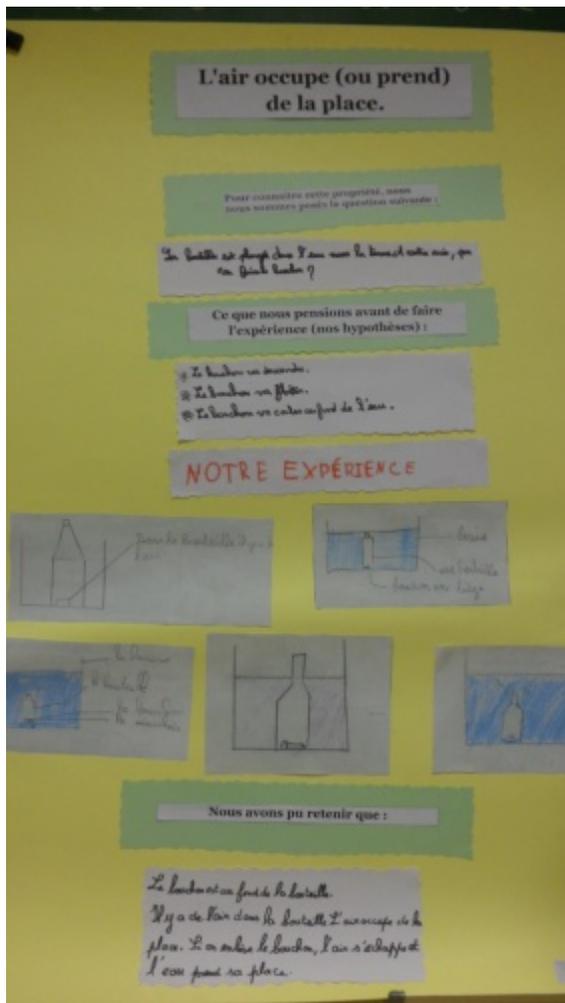
Déroulement

Cette dernière séance avait pour objectif de retrouver, et ainsi récapituler, toutes les propriétés de l'air étudiées lors des séances effectuées sur ce thème. Les élèves étaient en groupes de trois ou quatre, et une seule propriété de l'air était attribuée à chaque groupe. Le groupe d'élève disposait de bandelettes de papier sur lesquelles étaient inscrites les étapes de la résolution d'une situation problème en fonction d'une propriété de l'air. Par exemple, un groupe avait dans le désordre les bandelettes correspondant à la caractéristique « *l'air est pesant* », et devait ranger ces bandelettes en respectant l'ordre dans lequel est résolue une situation problème.

Chaque situation expérimentale à remettre dans l'ordre correspondait aux expériences réalisées en classe lors des séances précédentes.

Après validation de l'enseignant sur l'ordre proposé, les élèves ont ensuite pu réaliser leur propre affiche en ajoutant les schémas correspondant à l'expérience mise en place.

A la fin de la séance, un bilan du travail a été mené en observant les différentes affiches (cf. figure ci-après).



L'air occupe (ou prend) de la place.

Pour connaître cette propriété nous nous sommes posés la question suivante :

La bouteille est plongée dans l'eau, nous la tenons. A votre avis, que va faire le bouchon ?

Ce que nous pensions avant de faire l'expérience (nos hypothèses)

- le bouchon va descendre.
- le bouchon va flotter.
- le bouchon va couler au fond de l'eau.

NOTRE EXPERIENCE

SCHEMAS

Nous avons pu retenir que :

- le bouchon est au fond de la bouteille.
- Il y a de l'air dans la bouteille. L'air occupe de la place.
- Si on enlève le bouchon, l'air s'échappe et l'eau prend sa place.

B. Nos axes d'analyse

Les références théoriques que nous avons rappelées ont permis d'explicitier l'importance des conceptions dans les apprentissages des élèves et d'expliquer notamment pourquoi elles sont si résistantes. Elles ont permis de faire le point sur les démarches jugées actuellement pertinentes par les didacticiens pour faire évoluer ces conceptions.

La séquence mise en œuvre tente de respecter les grands principes de ces démarches. Elle comporte sans doute des maladresses de conception ou de conduite que nous analyserons. Elle paraît toutefois, *a priori*, propice aux apprentissages et devrait donc permettre d'observer une évolution dans la compréhension, par les élèves, de la matérialité de l'air, malgré leurs conceptions probablement très fortes.

Notre questionnement s'oriente donc dans les deux directions suivantes.

- Quelle analyse faisons nous, *a posteriori*, de la démarche que nous avons proposée et de la manière dont nous l'avons conduite ?
- Cette démarche a-t-elle vraiment permis aux élèves de faire évoluer leurs conceptions, donc d'apprendre ?

Ce sont ces deux questions que nous allons examiner dans les deux parties qui suivent.

III. Du côté de la démarche : difficultés et réussites dans la conduite de notre séquence

Plusieurs axes sont à analyser. Avec le recul nous nous rendons compte que de nombreux aspects, inhérents à l'enseignement des sciences, n'ont pas été assez approfondis avant de débiter notre séquence. Notre questionnement autour des sciences fut certainement lacunaire. Pour le choix des expériences, il est vrai que nous avons fait confiance à nos lectures sans toujours percevoir la logique d'ensemble qui pouvait guider la séquence.

Se centrer sur les conceptions des élèves est une étape indispensable à prévoir pour procéder à un état des lieux. Mais il ne suffit pas de savoir que les élèves ont des conceptions pour être capable, en tant qu'enseignant, de les faire évoluer vers des savoirs scientifiques. Et de manière plus pédagogique, il ne suffit pas de le savoir pour être capable de réagir devant celles-ci. Connaître les grandes lignes d'une démarche d'investigation n'est pas suffisant pour maîtriser chaque étape et pour être capable de la conduire en situation réelle. Ce qu'on comprend « sur le papier » est certes important. Mais c'est différent lorsqu'on passe « aux actes », devant une classe.

La conception et la mise en œuvre de notre séquence a été guidée par des lectures préalables. Mais au moment de mener les séances, d'autres préoccupations ont fait que nous nous sommes déviées de nos objectifs : par exemple, maintenir un bon cadre de travail dans une classe partagée en groupes et assurer une continuité motivationnelle.

Bref, les lectures préalables ont été un appui mais elles ne suffisent pas. Les analyses qui vont suivre vont montrer d'une part les limites auxquelles nous avons été confrontées mais surtout comment en approchant certains aspects théoriques, cela nous permet de mieux les comprendre et, peut-être, de mieux les utiliser dans des expériences futures.

A. Faire face aux représentations des élèves : pas si simple...

Il est nécessaire « *d'identifier les représentations des élèves et, plus généralement, les modes de raisonnement qu'ils emploient afin d'être en mesure de les transformer. On oublie trop que l'apprentissage s'effectue toujours contre ce qu'on sait déjà.* » (Jean-Pierre Astolfi, 1992) .

Cette partie présente la manière dont nous nous sommes comportées face aux conceptions des élèves. Les années 1970 sont une période charnière pour la didactique des sciences, notamment avec la parution d'ouvrages spécifiques qui introduisent la nécessité et l'intérêt d'offrir aux élèves l'opportunité d'exprimer leurs représentations. Il faut leur laisser le temps de prendre conscience de ces dernières, de les mettre à l'épreuve pour qu'ils s'aperçoivent qu'elles sont inopérantes avant d'espérer installer un autre savoir (cf. partie I) : *"Les apprentissages sont en concurrence avec ce que les élèves savent ou croient déjà savoir, ce qui complique singulièrement la tâche de l'enseignant"*. Astolfi et Al. (1998). Ces auteurs mettent en évidence cette résistance cognitive à laquelle nous avons été confrontées. Lors de la préparation de nos séances, nous ne nous sommes pas raccrochées directement à ces aspects pourtant fondamentaux. D'autres préoccupations nous ont peut-être empêchées d'appréhender ces représentations de manière consciente et réfléchie, même si nous étions informées de celles-ci. Nous ne savions pas à quoi nous attendre concrètement. Le déroulement de nos séances n'a pas été en soi un problème. En revanche, ce qui paraît clair sur le papier ne l'est pas forcément dans l'action. L'analyse qui va suivre reprend trois passages de notre séquence qui témoignent de la fragilité pédagogique ressentie et de notre manque de recul face à ces fameuses représentations.

1. Des erreurs déstabilisantes...

Un première séance abordant la présence d'air : des erreurs déstabilisantes

Dès la première séance, nous avons voulu recueillir les conceptions des élèves à partir d'images (à vrai dire nous estimions que cette étape allait être rapide...). Nous leur avons demandé s'ils pensaient que quelques objets issus de la vie quotidienne contenaient de l'air. Très intéressés, ils se sont volontiers impliqués dans cette phase d'oral collectif. D'un point de vue très général, les élèves ont admis qu'il y avait de l'air dans les objets représentés. La plupart de ceux qui intervenaient étaient souvent les mêmes et c'est sans doute déjà une limite puisque nous nous sommes concentrées sur leurs remarques en délaissant peut-être un peu trop les autres. Ainsi, nous avons recueilli deux hypothèses contradictoires : il n'y a pas d'air dans l'armoire quand elle est fermée (la preuve, on risque de s'étouffer, de manquer d'air) ; il y a de l'air dans l'armoire (à cause des micro bulles qui circulent dans le bois...). Cependant, nous ne savons pas vraiment comment se situent les autres élèves, par rapport à ces deux hypothèses, même si certains d'entre eux se sont manifestés en admettant de manière plus spontanée la première d'entre elles (il n'y a pas d'air dans l'armoire). Le fonctionnement en oral collectif n'a pas permis de recueillir plus d'hypothèses et les élèves se sont contentés de valider l'idée de leur camarade (il n'y a pas d'air dans l'armoire). Comment aurions-nous dû réagir ? Peut-être, tout simplement, en ne cherchant pas à trancher sur l'existence possible de micro-bulles, mais en demandant comment on pourrait le prouver. Une hypothèse qui ne peut pas être soumise à vérification n'est rien de plus qu'une opinion et non pas une hypothèse scientifique comme le précisent les programmes actuels de l'école : l'étude des sciences « contribue à faire saisir aux élèves la distinction entre faits et hypothèses vérifiables d'une part, opinions et croyances d'autre part ». (Programmes de 2008, p. 24).

Pour cette toute première expérience en tant qu'enseignant, nous reconnaissons que ça n'a pas été évident et ce fut, on peut le dire, un moment très déstabilisant. Il est relativement délicat de recentrer la classe et d'évaluer à bon escient les remarques. Au final, nous ne savions plus trop quoi faire de ces idées. La question que nous nous posons avec le recul est : comment prendre en compte ces représentations et les faire évoluer ? Dans ce cas de figure, nous avons été obligées de les orienter vers la réponse car nous ne pouvions nous enfoncer dans des idées préconçues ; idées qui nous auraient certainement désavantagées pour la suite de notre séance. Guy Brousseau (cité par Astolfi, 1996) parle de l'effet Topaze : les élèves ne parviennent plus à trouver des éléments de réponses. Dans la façon d'intervenir et de questionner ces derniers, l'enseignant oriente les réponses en apportant des indices pour obtenir plus rapidement ce qu'il veut entendre.

Que retenir de nos difficultés ? Il est très facile, sur une fiche de préparation, de proposer un moment de travail autour des représentations des élèves. Cependant, nous avons constaté à nos dépens qu'il nous a été très difficile d'adopter une attitude efficace devant celles-ci. C'est d'autant plus difficile que nous sommes dans l'urgence de l'oral collectif. Il faut ajouter à cela que nous ne disposions pas suffisamment de temps pour nous attarder sur la phase émission d'hypothèses ce qui a donc aussi eu un impact sur la manière dont nous avons réagi.

Le ballon de baudruche dégonflé : un autre moment de flottement en tant qu'enseignant

Les élèves ont volontiers admis qu'il y avait de l'air dans les autres objets présentés sauf pour un ballon de baudruche bien dégonflé. Leur explication se limitait au fait qu'il était dégonflé donc dépourvu d'air. Un élève a ajouté que cet objet en contenait, très peu selon lui, même s'il était quand même "bien à plat". En réalité, si cet élève a donné cet argument, c'est certainement parce que nous les avons bien orientés. « *Les autres vous en pensez quoi ? Vous êtes d'accord avec X ? Peut-on vraiment dire que ce ballon est vide d'air ?* ». Nous souhaitions conserver le contrôle de la conversation et engager le débat. Il fallait donc des partisans pour les deux hypothèses. On peut interpréter ce moment de classe en faisant référence à ce que Merieu (cité par Astolfi, 1992) appelle « la stratégie du sourcil » : les élèves ne cherchent pas à réfléchir à la question posée mais cherchent à décoder les signes envoyés par l'enseignant. A la place des élèves, nous nous serions dit : « *Ouh la ! Elle attend autre chose de nous la maîtresse là... on a dit que le ballon ne contient pas d'air mais si elle insiste comme ça c'est qu'en fait il doit y en avoir...* ». Et en effet, nous attendions autre chose d'eux... et en plus le temps passait. On peut donc parler de deux exigences contradictoires : nous devons avancer pour suivre les objectifs et la stratégie fixés et, en parallèle, être sûres qu'un certain nombre d'élèves les suivent. Nous n'avons pas su estimer la durée nécessaire à cette séance. Nous avons envisagé de passer ensuite à une phase expérimentale... une maladresse pédagogique qui a fait que nous avons pressé les élèves vers les hypothèses que nous souhaitions entendre : il y a de l'air partout... et maintenant il va falloir le prouver !

Même si, au moment des faits, nous n'en avons pas du tout conscience, nous pouvons maintenant reconnaître que cette phase, qu'on pourrait qualifier d'état des lieux, a été ratée. Et pourtant elle est indispensable pour impliquer les élèves dans les activités à venir et pour maintenir leur investissement face aux questions que nous leur posons. Car la passivité de certains lors de ces moments peut certainement provenir du fait qu'ils ne comprennent pas où l'enseignant souhaite les emmener. Les obstacles et les représentations ne doivent pas être

occultés. Ils sont essentiels pour permettre à l'élève de construire son savoir. Selon Astolfi, (1998) « *l'apprentissage s'effectue toujours contre ce qu'on sait déjà* ». Au cours de cette première séance nous nous sommes contentées d'entendre ce que nous voulions entendre et c'était pour nous l'essentiel... Nous nous sentions rassurées car nous avions l'impression d'avoir suivi tout le cheminement d'une démarche d'investigation : question, hypothèse, observation-expérience, compte-rendu, interprétation et résultat... le tout en une séance ! Finalement, notre dispositif n'était pas en cohérence avec les obstacles que nous aurions dû franchir. En orientant trop souvent nos élèves, nous sommes passées au pas de course sur cette étape fondamentale. Les conceptions étaient bel et bien présentes mais nous n'étions pas en mesure de les recevoir. Tel élève propose une idée. Nous ne disposons pas de plus de cinq secondes pour décider ce que nous en faisons : l'ignorer et tourner le regard vers un autre élève qui énoncera une autre idée ? Lui dire gentiment qu'il n'y a pas d'air qui circule dans le bois mort ou qu'il y a peut-être de l'air dans le ballon dégonflé ? Ou accepter son idée au même titre que les autres, sans la valoriser mais sans la dévaloriser non plus ?

Pour avancer, nous retenons une idée qui nous a été suggérée au cours de notre formation. Il faudrait la confronter à la réalité des classes et du temps scolaire qui fait toujours défaut. C'est de prévoir un recueil personnel des représentations et de séparer dans le temps ce moment de recueil (réalisé au cours d'une séance) du moment de son exploitation (au cours de la séance qui suit). Cela nous évite alors de réagir dans l'urgence, au moins tant que nous sommes débutantes.

La prise en compte des représentations, certes essentielles, a été une étape haletante, c'est certain, mais c'est sans compter ce qui allait suivre : le passage à la phase expérimentale.

2. Quand les expériences ne suffisent pas...

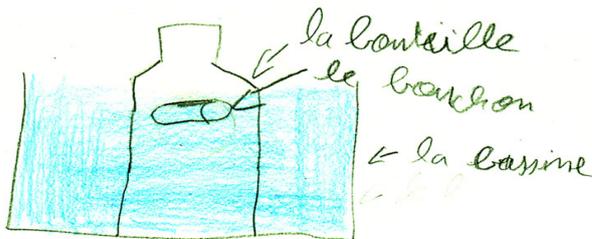
« Il est exceptionnel qu'une expérience, unique et isolée, ne soit pas ré-interprétable dans la représentation de l'élève, laquelle est apte à assimiler beaucoup plus de nouvelles données qu'on ne le croit en général. Il n'y a pas de conflit cognitif, bref, d'expérience cruciale. » (Johsua, 1989).

La séance n°4 qui mettait en évidence que l'air prend de la place nous a confortées dans l'idée que les élèves arrivaient avec des représentations. Fort de nos connaissances didactiques naissantes, nous envisagions de les déstabiliser par une expérience qui allait les réfuter, ce qui aurait permis aux élèves de les dépasser. Pour cette séance, nous avons pris le soin de reformuler notre consigne afin qu'elle soit plus significative. La question était la

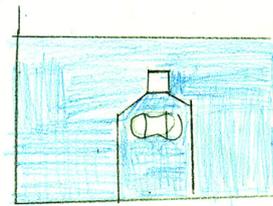
suivante : *la bouteille est plongée dans l'eau, que va-t-il se passer ?* Nous avons, pour ce cas de figure, mimé l'action afin d'éviter des débordements avec le matériel qui impliquait la manipulation de l'eau. A partir de cette question, les élèves ont individuellement proposé des hypothèses sur une feuille, celle-là même où étaient retranscrites les différentes étapes nécessaires pour s'inscrire dans une démarche d'investigation.

Voici les résultats que nous avons pu relever : sur les vingt sept élèves, dix neuf ont pensé que le niveau de l'eau allait rester inchangé comme l'illustrent les deux reproductions suivantes.

Ce que je pense (avant de faire l'expérience) = hypothèse.



Ce que je pense (avant de faire l'expérience) = hypothèse.

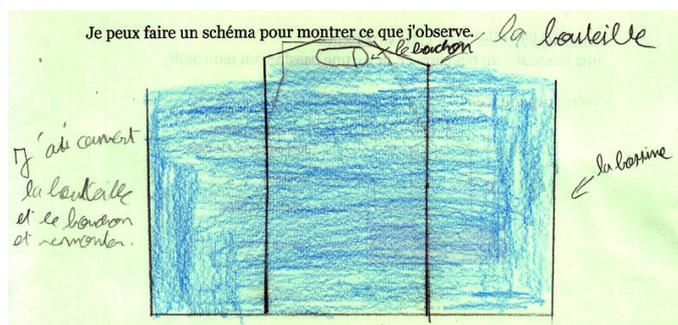


Seuls cinq élèves ont indiqué que le niveau allait descendre.

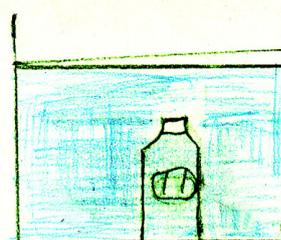
Les articles que nous avons lus présentait l'obstacle de la non matérialité de l'air. Cette situation était donc prévisible, voire même réconfortante puisque nous pouvions enchaîner avec l'expérience. Grâce à celle-ci, nous allons pouvoir confronter nos élèves à leurs conceptions initiales.

Cependant, les résultats obtenus **après expérience** n'ont pas été à la hauteur de nos attentes. Le fait que l'air prenne de la place n'a pas été correctement observé par tous les élèves. Ceux-là même qui avaient pensé que l'eau resterait au même niveau, étaient persuadés qu'ils avaient raison.

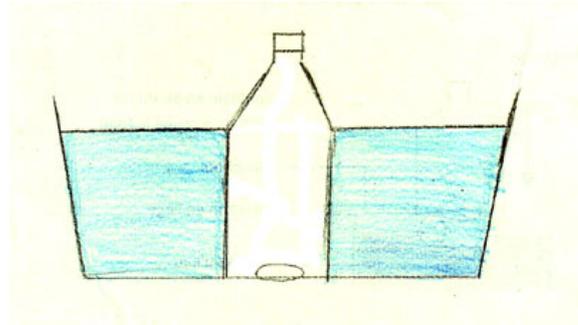
En fait, ces élèves n'ont pas su distinguer le fait que le bouchon se trouvait au fond, tout en flottant sur l'eau, parce que l'air avait pris la place de l'eau. En réalité, et on le voit bien dans leurs représentations graphiques, ils ont malgré tout dessiné l'eau dans la bouteille.



Je peux faire un schéma pour montrer ce que j'observe.



Il semble bien, et c'est ce qui nous a troublées, que de nombreux élèves ont donc persisté dans leurs conceptions **après avoir réalisé l'expérience**. Face à cela, nous avons décidé de refaire un schéma pour qu'ils distinguent bien la nuance en espérant que ça leur permettrait de rectifier leur représentation. A cet instant, difficile cependant de le savoir. Nous espérons qu'ils en ont déduit que l'air occupait de la place et que, de ce fait, l'eau ne pouvait se trouver dans la bouteille.



Comment peut-on interpréter cela ? Ces expériences étaient en effet censées forcer la compréhension et l'adhésion de la classe. Or finalement les élèves ont-ils pu dépasser leurs représentations ? La phase expérimentale a-t-elle été pertinente pour apporter de nouvelles connaissances ? Toutes ces questions nous nous les sommes posées et nous n'avons pas aujourd'hui les réponses. Cependant, nos lectures nous plongent dans un certain doute... Astolfi (1998) fait référence au fait que « *les élèves contestent le "fait" expérimental (...) ils peuvent aussi ne pas voir comme tels les "faits surprenants" qu'on leur présente.* » Quant à André GIORDAN¹, il écrit : « *L'illusion est de croire que l'on peut accéder directement au savoir parce que l'on voit. (...) Une expérience, si elle reste isolée, ne convainc jamais ; elle n'acquiert son sens qu'en fonction des conceptions mobilisées par l'apprenant. Le maître doit en tenir compte pour faciliter l'élaboration du savoir par les élèves* ». Nous apporterons quelques éclairages supplémentaires sur cette discussion dans la quatrième partie.

3. Quand les bonnes réponses nous déstabilisent...

« *Certaines idées se trouvent "interdites" de façon indirecte et d'autres sont privilégiées sans que les élèves aient les moyens de maîtriser la signification de ce choix* ». Astolfi (1998).

Pour ce qui est de la propriété *l'air est pesant*, les élèves nous ont encore démontré que leurs conceptions sont bien présentes. Une fois de plus, il était intéressant de partir de ces dernières pour espérer une certaine confrontation. Lorsque nous avons demandé si un ballon gonflé est moins lourd, aussi lourd ou plus lourd que le ballon dégonflé, nous avons été surprises de constater, chez un élève, la réponse suivante : « *le ballon gonflé est plus lourd car l'air occupe de la place* ». Nous sommes ici étonnées car nous ne savons pas comment interpréter cette hypothèse. L'élève peut comprendre qu'il y a plus d'air dans le ballon gonflé.

¹ - <http://www.andregiordan.com/articles/apprendre/agirfaire.html>

Et comme il vient d'apprendre que l'air occupe de la place, il peut identifier de manière confuse le fait de prendre de la place avec celui d'être lourd. Bref, cette hypothèse peut révéler une conception allant dans le bon sens. A l'inverse, il s'agit peut-être d'un simple effet de contrat : l'élève répond un peu au hasard et se justifie en récitant ce qu'il a appris et noté sur son cahier (l'air occupe de la place). Bref, cette réponse nous n'étions pas suffisamment prêtes à l'envisager : ce fameux contrat didactique, celui qui nous lie aux élèves, permet de le comprendre. Guy Brousseau (cité par Astolfi, 1986) le définit comme suit : c'est « *l'ensemble des comportements de l'enseignant qui sont attendus de l'élève, et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus de l'enseignant.* » Nous avons reposé des questions pour orienter nos élèves tout en tenant compte de la remarque proposée juste avant. Mais cette dernière il fallait quand même indirectement l'occulter. En les questionnant à nouveau, nous voulions qu'ils nous disent que le ballon dégonflé est plus lourd que le ballon gonflé. Pourquoi ? Parce que notre orientation pédagogique était de les déstabiliser voire même certainement parce que nous avions préparé notre séance en imaginant devoir surmonter cette conception. D'où notre relance à la classe : « *En êtes-vous sûr ?* » En fait, nous estimions que si des élèves pensaient que le ballon gonflé était plus lourd, le résultat n'aurait pas la même portée. Nous craignons qu'une remarque du genre : « *eh bien vous voyez je vous l'avais bien dit que le ballon gonflé était plus lourd* » placerait un obstacle supplémentaire, d'autant plus que nous n'arrivions pas à évaluer la pertinence de la remarque de cet élève. Ainsi, nous avons sciemment semé le doute dans la classe et là heureusement pour nous, cette configuration a fonctionné. C'est certainement incroyable à lire mais pourtant quel soulagement. Nous avons réussi à leur faire dire que le ballon dégonflé était plus lourd ! L'enseignant titulaire nous a conseillé d'utiliser deux ballons et de les faire rebondir côte à côte devant les élèves (alors qu'un seul aurait été préférable pour rester scientifiquement rigoureux). Mais cela nous a permis d'arriver à l'idée que le ballon gonflé était moins lourd car il rebondissait mieux que le ballon dégonflé qui restait plus à terre. Il est donc plus lourd, cela va de soi... Après ce constat, les élèves ont émis comme hypothèse que ce dernier est plus lourd, hypothèse qui a fait l'adhésion de l'ensemble de la classe. Dès lors, nous avons pu envisager l'expérience qui permettrait d'infirmer cette hypothèse acquise de haute lutte... Cette séance a été menée en oral collectif, les élèves ont été d'une part influencés par leurs enseignantes et d'autres part par deux ou trois camarades. Il aurait été judicieux (comme nous l'avons déjà précisé dans le paragraphe 1-A de cette partie III) de faire un recueil individuel des hypothèses. Même si nous étions restées sur notre choix d'oral collectif, il aurait fallu écrire l'hypothèse au tableau, rester neutres et demander aux élèves de la classe s'ils étaient du

même avis ou pas. A ce moment, il aurait été intéressant, et pas plus difficile, de laisser débattre avant de lancer la vérification expérimentale.

Il est toujours difficile de se retrouver face à des conceptions erronées, mais il est d'autant plus décontenançant de ne pas retrouver immédiatement la conception attendue, celle sur laquelle on avait bâti tout l'édifice de notre séance. Finalement, nous retenons que même si la première hypothèse émise était pour nous déstabilisante, elle nous a permis de vite nous rendre compte que la plupart des élèves étaient hésitants. La quasi-totalité d'entre eux a bel et bien eu en tête cette conception d'un ballon bien gonflé plus léger qu'un ballon mal gonflé, et ce avec les arguments que l'on retrouve dans les écrits des didacticiens : l'air c'est léger, plus il y a de l'air, plus c'est léger.

B. Aux commandes d'une démarche d'investigation

1. Quelques réussites tout de même...

«Les situations pédagogiques sont "motivantes" si elles présentent de la nouveauté plutôt que de l'habitude, si elles donnent l'occasion de faire des choix, si elles conduisent à des questions plutôt qu'à des réponses ou si elles permettent à l'individu de se fixer sur un projet à atteindre.» (A. GIORDAN, 2006)

Lors de la conception des séances, nous avons à chaque fois établi un cheminement que nous trouvions systématiquement dans les ouvrages ou manuels pédagogiques pour le maître. Il est certain que tout n'a pas été une réussite mais nous ne pouvons faire abstraction de certains moments satisfaisants. Déjà, avec le temps qui nous était imparti et avec les contraintes institutionnelles, notre volonté d'établir une démarche d'investigation en partant d'une situation problème est assez intéressante pour être mentionnée. Nous nous sommes inspirées de nombreuses situations dans lesquelles nous avons prélevé ici et là des propriétés qui nous semblaient pertinentes. Nous avons pris des risques, certes, mais ces risques aujourd'hui nous les confrontons à une analyse qui permet de nous rendre compte de certaines limites, ce qui est déjà, en soi, formateur.

Nous avons su prévoir et conduire un schéma général en partant d'un questionnement, pour aller vers l'émission des hypothèses, leur vérification par une expérience, la conduite d'une mise en commun, l'élaboration d'une conclusion. Au fur et à mesure de notre progression, les élèves semblent avoir assimilé les différentes étapes nécessaires pour résoudre une situation-problème. Ce ne fut pas évident au départ, mais progressivement il s'est installé des habitudes

et les élèves semblaient de plus en plus impliqués. Était-ce parce que, de notre côté, nous semblions plus à l'aise ? Peut-être... Quoi qu'il en soit c'était assez agréable de constater une certaine forme de motivation, qu'on pourrait à ce stade qualifier d'externe. En effet, le côté attractif des manipulations a joué en notre faveur... Cependant nous avons pu relever des formes de motivation intrinsèque. Certains élèves développaient des aptitudes d'enquêteurs. Leur engouement a permis d'instaurer dans le groupe des échanges souvent intéressants et animés, avec des remises en questions. Tant que les confrontations étaient productives (et tant qu'elles n'allaient pas dans une direction qui nous déstabilisait...) nous ne sommes pas intervenues, leur laissant leur liberté de pensée.

Parallèlement à cela, il est nécessaire de mentionner l'activité des élèves en groupes, qui les incite à développer des capacités organisationnelles, à se répartir les tâches, à entrevoir des moments d'échanges. Nous avons constaté que les groupes entre eux fonctionnaient plutôt bien. Chacun s'impliquait à sa manière, tentant de trouver des solutions. Ces moments se sont révélés favorables dans l'écoute de l'autre. C'était également un bon moyen de découvrir qu'il peut y avoir différentes approches pour un même problème. Ce genre de situation force le respect de chacun.

En ce qui concerne la gestion de la classe, et malgré des expérimentations exigeantes au plan matériel, nous n'avons pas rencontré de débordements qui auraient pu générer des soucis d'ordre organisationnels.

2. Apprendre par résolution de problèmes : mais quels problèmes ?

« Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. (...) Toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. » (G. BACHELARD, 1938).

Enseigner les sciences à l'école primaire sous-tend des connaissances spécifiques mais aussi une réflexion autour des objectifs d'apprentissages. Nous avons effectué des recherches en nous appuyant sur un certain nombre de ressources nous ayant permis de discerner l'objectif général de la séquence et de choisir des expériences que nous pensons adaptées. Mais quel(s) lien(s) y a-t-il entre l'objectif général et chaque expérience particulière ? Nous avons essayé de faire en sorte que chacune de ces dernières illustre une propriété de l'air (qui

se trouve être une propriété générale de la matière). Au cours de chaque séance ou presque, nous avons confronté les élèves à un problème ou à une question. Mais quels liens y avait-il entre tous ces problèmes, toutes ces questions ? Et surtout, les élèves les ont-ils perçus ? Ce sont ces réflexions que nous abordons ici.

Nous nous heurtons en premier lieu aux terminologies diverses et variées : question, questionnement, problème, problématique ? Cette profusion de termes ne nous a pas facilité la tâche, c'est certain. En nous appuyant sur des lectures de Michel Fabre (1997) nous pouvons lui emprunter ceci : « *l'étymologie du terme « problème » s'effectue sur trois réseaux sémantiques : celui de **l'initiative et du projet** (proballein : se jeter en avant) ; celui de **l'interposition ou de l'obstacle** (problema : ce qui est placé là devant, le bouclier) ; enfin celui de la « **saillance** » ou du **significatif** (problema : le promontoire, la saillie) ».* Il ajoute : « *c'est d'abord une tâche difficile qui se distingue d'une activité de simple exécution et qui exige l'invention d'une solution. (...) Le problème a d'abord une fonction de manifestation dans la mesure où il vise à motiver ou à « enrôler » l'élève dans l'apprentissage : on parlera selon les cas d'intérêt, de motivation.* » D'après ces éclaircissements, nous dirons que pour qu'il y ait problème il faut qu'il y ait un **projet** ; celui de se confronter à un aspect **significatif** qui fait **obstacle**. Nous pouvons alors distinguer au moins deux registres : celui du problème, général, parfois ouvert, qui engage dans un projet à long ou moyen terme (une séquence) ; celui des questions, de portée plus restreinte, dont la résolution s'opère sur le court terme (une voire deux séances).

Lors de la première séance nous avons posé le *problème* suivant : *qu'est ce que l'air ?* Il s'agit bien d'un problème, au sens défini plus haut, qui est d'une portée générale et qui résume à lui seul la problématique de toute notre séquence. Y répondre revient à atteindre l'objectif général : l'air c'est de la matière. Ce problème est donc, *a priori*, parfaitement pertinent. Rapidement, les réponses données sont parties tous azimuts : « *c'est du CO₂* », « *ça nous permet de respirer* », « *ça nous rafraîchit* », « *c'est invisible* »... Aucune des réponses obtenues ne permettait de nous raccrocher à notre objectif. Par exemple, la réponse fournie "*ça nous sert à respirer*" relevait d'une autre thématique et ne répondait pas sémantiquement à la question (« *qu'est-ce que...* » n'appelle pas comme réponse « *ça sert à...* »). Malgré tout, nous avons retenu ces propositions sans les approfondir. Nous aurions dû expliquer qu'elles ne pouvaient pas, pour le moment, être développées car elles ne s'inscrivaient pas dans les objectifs que nous avions établis.

Pour dire vrai, notre problème du départ aurait dû être *l'air est-il de la matière ?* Mais ce mot "matière" ne nous rassurait pas car il nous semblait bien trop difficile à définir et à aborder si tôt. Et quand bien même, il n'aurait pas forcément inspiré davantage les élèves.

Ainsi, nous pouvons en déduire que le questionnement de départ n'est pas évident à instaurer. Réfléchir sur celui-ci ne dépend pas que des objectifs de l'enseignant. Il faut qu'il ait du sens pour que l'élève s'implique dans sa résolution. Et donc, nous pouvons nous demander s'il était pertinent de poser ce problème général (qu'est-ce que l'air ?) dès la première séance. La réponse n'est pas tranchée. D'un côté, il peut être intéressant de poser la problématique générale dès le début de la séquence. Mais d'un autre côté on place les élèves devant la quasi-impossibilité de proposer des hypothèses appropriées.

Au cours des séances qui ont suivi, nos questions sont devenues moins générales. Elles ont orienté les élèves dans la recherche de propriétés attestant que l'air a les mêmes propriétés que la matière :

- l'air occupe de l'espace (séance 4)
- l'air est pesant (séance 5)
- l'air peut se transvaser (séance 6)

Ces questions, elles aussi, sont donc pertinentes. François Jacob² a souligné le fait que *«le début de la science moderne date du moment où aux questions générales se sont substituées des questions limitées. (...) Ce changement a eu un résultat surprenant. Alors que les questions générales ne recevaient que des réponses limitées, les questions limitées se trouvèrent conduire à des réponses de plus en plus générales.»*. Deux pôles sont donc à distinguer dans nos questions. Une question générale, peut-être mal amenée ou amenée trop vite. Puis un ensemble de questions dites "productives" (au sens des programmes de 2002) ou encore "fécondes" (W. Harlen, 2004). Ce sont des questions qui génèrent action et raisonnement, des questions qui trouveront réponse à l'issue de la séance (donc à court terme). Ces dernières débouchent rapidement sur des expériences réalisables par les élèves. Ainsi, grâce à nos lectures, nous pensons que nous avons *a priori* un questionnement plutôt satisfaisant voire même cohérent (même si nous n'en n'avions pas pleinement conscience), le tout fondé sur un problème général et sur une succession de questions fécondes adaptées. Si l'on transpose à l'enseignement la réflexion de François Jacob, on peut penser qu'en répondant aux questions fécondes limitées, les élèves construiront ce faisant une réponse au problème plus général qui constitue l'objectif général.

² JACOB François, *Le jeu des possibles*, éd. Fayard, 1981

Toutefois, la limite que nous pouvons soulever, c'est que ces liens n'ont pas été explicités aux élèves. Nous n'avons jamais pensé à leur montrer la relation entre notre problème général et nos questions "limitées". Le fait est que, finalement, on peut se demander s'ils ont décodé la logique de notre démarche. En analysant la situation aujourd'hui, nous ne saurions pas forcément améliorer cela. En fait, nous nous sommes fiées aux lectures et donc au cheminement qui était proposé, mais au bout du compte sans en saisir la portée.

A cela, on peut soulever une autre difficulté qu'ont certainement rencontrée les élèves et qui concernent les questions qui ont été directement posées aux cours des séances. Certaines sont de pure rhétorique (*que remarquez-vous ? que peut-on dire ? qui a une idée ? que peut-on faire maintenant ?*). On oblige les élèves à répondre à des questions dont certaines n'ont pas la moindre profondeur scientifique ni pédagogique. Astolfi (1992) parle de l'effet TGV. On souhaite faire parler un maximum d'élèves sur un temps restreint en les inondant de questions. En ce sens, nous pensons *a posteriori* que ce genre de questions aurait dû être limité au profit de questions plus productives et plus profondes. Encore faudrait-il aider les élèves, par des activités de structuration, à faire un lien entre la problématique générale de départ (*qu'est-ce que l'air ? Est-il une matière ?*) et les questions "fécondes" sous-jacentes.

3. Faire émettre des hypothèses aux élèves : pas si simple...

La notion d'hypothèse a été très difficilement saisie et, à chaque séance, nous sommes revenues sur cette étape fondamentale dans le déroulement d'une démarche d'investigation. Malgré nos efforts, nous pensons que cette terminologie est restée confuse tout au long de la séquence. Pour tenter de faire plus simple, nous rappelions à chaque fois aux élèves, qu'ils pouvaient associer le mot hypothèse à *ce qu'ils pensaient qu'il allait se passer...* Nous nous sommes cependant aperçues, au fil de notre séquence, que ce n'était pas clair pour eux.

A posteriori, l'interprétation que nous sommes à même de proposer pourrait reposer sur les réflexions suivantes.

Comme nous l'avons dit dans le paragraphe B.2 qui précède, la question générale de départ (*l'air est-il de la matière ?*), ne donnait pas facilement aux élèves les moyens d'émettre des hypothèses. Nous les avons dès le départ mis en échec, ou au moins en difficulté. Émettre des hypothèses face à une question de ce type n'est guère envisageable à ce niveau scolaire et en début de séquence. C'est une question scientifiquement profonde.

Au contraire, les élèves peuvent davantage émettre des hypothèses face à des questions productives. C'était *a priori* le cas au cours des séances suivantes.

- Séance 1 : « *A votre avis, comment prouver que cette bouteille contient ou ne contient pas d'air ?* »
- Séance 4 : « *Si je fais descendre la bouteille dans le bac, que va faire le niveau de l'eau ?* »
- Séance 5 : « *A votre avis, le ballon gonflé est-il moins lourd, aussi lourd ou plus lourd que le ballon dégonflé ?* »
- Séance 6 : « *trouver un moyen pour transvaser l'air d'un sac congélateur à l'autre.* »

Toutefois, ces différentes questions ne sont pas du même ordre. Par exemple, les élèves n'ont-ils pas associé hypothèse avec prévision ? Dans l'expérience de la bouteille qu'on enfonce (séance 4) ou dans la question sur la masse de l'air (séance 5), les élèves ont dû formuler des prévisions en réponse à nos sollicitations (« *je pense que le niveau de l'eau baissera ; je pense que tel ballon sera plus lourd* »). Certains ont peut-être assimilé cela à un jeu : on joue et on verra ensuite qui a gagné. Pour que ce soit une hypothèse, il faudrait demander à la justifier ce que nous n'avons pas fait, du moins pas systématiquement : « *tu penses que le niveau de l'eau changera ? Peux-tu justifier ce que tu penses ?* »

Autre point : en séances 1 et 6, nous ne demandons pas d'émettre une hypothèse mais de concevoir un dispositif expérimental. C'est une demande différente, faisant appel à d'autres capacités.

Ajoutons, le même effet TGV que celui que nous avons évoqué dans le paragraphe précédent : « *La maîtresse pose plein de questions. Je ne peux pas réfléchir à toutes, c'est trop fatigant, ça va trop vite. Comment puis-je savoir, moi élève, lesquelles autorisent une attitude attentiste et lesquelles sont vraiment importantes ? Lesquelles sont trop difficiles et lesquelles sont vraiment à ma portée ?... Attendons, la maîtresse va bien finir par répondre, c'est son métier...* ».

Enfin, dernier point, la définition du terme « hypothèse » que nous leur avons donnée n'était pas vraiment pertinente : *ce que je cherche à démontrer*. C'est discutable... Une hypothèse est une explication possible à une question scientifique (générale ou productive). Cette explication possible va être soumise à l'expérience.

De ce fait, nous pouvons en conclure que poser des questions aux élèves et leur demander d'y réfléchir, nécessite d'être au clair avec les intentions : ce que nous attendions d'eux n'était pas toujours de même nature. Parfois les élèves sont dans l'impasse face à un problème trop général ; d'autres fois ils font des prévisions (des paris) sans nécessairement percevoir qu'il y aurait une réflexion à avoir ; d'autres fois encore ils doivent imaginer une expérience ; et à d'autres moments, ils doivent simplement écouter des questions formelles sans portée scientifique. Il n'est pas étonnant qu'ils ne sachent donc pas forcément dans quelle direction

réfléchir. Ils sont finalement assez dépourvus au point de vite abandonner leur recherche, attendant tout simplement que nous passions à l'étape suivante et leur apportions nous-même des solutions. Avec le recul, il n'est pas tellement surprenant que cette étape ait posé problème de manière récurrente.

IV. Du côté des apprentissages : finalement, les élèves ont-ils appris ?

A. La nécessité d'une évaluation à l'issue de la séquence

Il semble évident que la finalité d'une démarche d'investigation est de permettre aux élèves d'acquérir de nouvelles connaissances. Toutes les phases de cette démarche sont importantes pour envisager une remise en question du système de pensée des élèves, d'autant plus que leurs conceptions, on l'a vu, étaient indéniablement présentes.

Que pouvons-nous dire, à l'issue de notre séquence, des apprentissages des élèves ? Ont-ils surmonté leurs conceptions ? Ont-ils acquis la matérialité de l'air ? Peut-on dire qu'ils ont construit de nouvelles connaissances ? Qu'est-ce qui nous permet à nous, enseignants, de nous rendre compte de ce qu'ils ont appris ? Les analyses de la partie qui précèdent ont mis en évidence un ensemble de maladresses qui laissent planer quelques doutes sur la pleine efficacité de nos séances. Malgré cela, rien ne prouve que les élèves ne puissent pas quand même tirer profit de celles-ci. Malheureusement, nous ne disposons pas de suffisamment d'éléments pour évaluer les acquisitions des élèves, comme nous allons le voir ici.

La conduite de nos séances a trop souvent reposé sur l'oral collectif. Dans une partie précédente, nous avons montré les limites de ce mode d'intervention pédagogique. Ajoutons ici que l'évaluation des acquis des élèves, de leurs difficultés ou de leurs réussites n'est pas possible en mode collectif. Finalement, nous n'avons pu recueillir des informations à peu près fiables qu'au cours de quelques moments que nous allons recenser.

En fin de séance 1, les élèves ont écrit individuellement leur hypothèse à la question « *comment prouver que cette bouteille contient de l'air ?* »

En séance 4, au cours de l'expérience de la bouteille à fond coupé qu'on enfonce dans l'eau, les élèves, par groupes de trois ont eu, d'une part à émettre leur prévision par écrit puis, après expérience, à rendre compte de leur observation (par groupes).

En séance 5, les élèves ont à faire des prévisions sur la masse de l'air (oral collectif).

En séance 6, les élèves doivent réfléchir à la possibilité de transvaser de l'air (par groupes de trois).

Que dire une fois cet inventaire effectué ?

En séance 1, les élèves font des propositions parfois pertinentes (faire des bulles, mettre en évidence un courant d'air). Mais le fait de penser à faire des bulles d'air dans l'eau n'atteste pas que les élèves maîtrisent la matérialité de l'air.

La séance 4 a été analysée en détail dans la partie précédente et les conclusions sont formelles : cette séance met en évidence des conceptions fortes qui tendent à demeurer après expérience. À ce stade de la séquence, il est clair que les élèves sont encore loin d'avoir acquis le simple fait que l'air occupe de l'espace.

En séance 5, malgré une phase d'oral collectif, les élèves ont admis que le ballon gonflé était plus lourd, et ce, après avoir l'avoir pesé. De cette observation, il en a été déduit que l'air est pesant. Il est un peu tôt, à ce stade de la séquence, pour savoir si c'est évident pour tous les élèves.

Pour ce qui est de la séance 6, *a priori* les élèves ne voient pas comment il serait possible de transvaser de l'air (puisque'il est partout). Puis, placés face au matériel, la majorité des groupes trouve la solution. C'est partiellement réconfortant. Mais la situation elle-même n'induisait-elle pas la bonne réponse de manière trop facile ? En effet, devant un sac gonflé, il paraît facile de penser à le presser pour le dégonfler. La conclusion est donc partiellement positive mais pas nécessairement très significative. Et, quoi qu'on puisse conclure, cette éventuelle réussite ne suffit pas à répondre à la question des apprentissages réalisés au cours de la séquence.

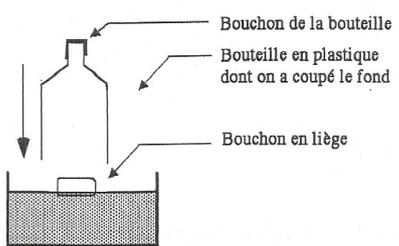
Trop d'incertitudes demeurent. C'est pourquoi, nous avons jugé nécessaire de procéder à une évaluation différée réalisée au mois de mars, donc trois mois après la fin de notre stage.

B. Que peut-on dire des résultats de l'évaluation différée ? Un bilan mitigé lié à des difficultés d'interprétation

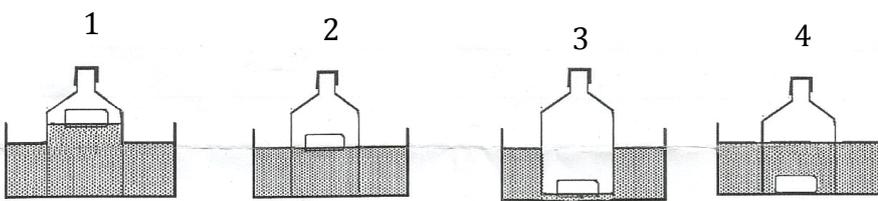
Nous allons présenter, dans un premier lieu, un récapitulatif question après question des résultats que nous avons relevés. Vingt sept élèves ont réalisé l'évaluation.

Question 1 :

Première question
Observe cette expérience que nous avons réalisée au mois de novembre (ou décembre ?)



On enfonce la bouteille vers le bas de la cuvette, comme l'indique la flèche.
Lorsque le bas de la bouteille est au fond de la cuvette, où se trouve le bouchon, où se trouve l'eau ?
Choisis l'un des quatre dessins en l'entourant. Ne fais rien si tu ne sais pas.



Quinze élèves ont donné une bonne réponse, ce qui représente plus de la moitié de la classe. Au niveau des erreurs, six élèves ont entouré le dessin n°2. C'est probablement une persistance des conceptions. Pourtant, nous nous demandons s'ils n'ont pas fait un lien avec le fait qu'il restait de l'eau au fond de la bouteille lorsque nous avons réalisé l'expérience (mauvaise découpe du fond des bouteilles, gestes maladroits qui penchent la bouteille d'un côté puis de l'autre). Ceci pourrait peut-être expliquer pourquoi ils se sont orientés vers cette réponse. D'ailleurs la remarque a été faite à plusieurs reprises lors de la séance : « *il y a quand même encore de l'eau au fond de la bouteille...* »

Question 2

Deuxième question
Lorsque le fond de la bouteille touche le fond de la cuvette, on dévisse le bouchon de la bouteille. Que se passe-t-il ? Choisis l'une des réponses suivantes :

- L'air de la pièce va entrer dans la bouteille
- L'air de la bouteille va sortir dans la pièce
- L'air de la bouteille ne va ni entrer, ni sortir
- Je ne sais pas

En revanche, dans cette question, vingt deux élèves nous ont donné la réponse juste : *l'air de la bouteille va sortir dans la pièce*. À l'inverse, deux ont coché la case *l'air de la pièce va*

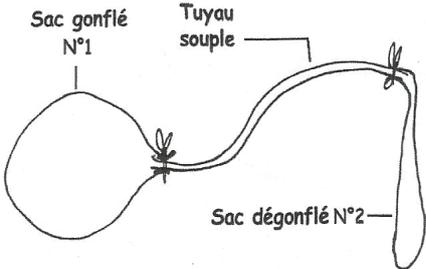
entrer dans la bouteille et trois autres ont coché la case *l'air de la bouteille ne va ni entrer ni sortir*.

Question 3

La question à ton avis, un ballon gonflé est-il moins lourd, aussi lourd ou plus lourd qu'un ballon dégonflé ? a réuni vingt deux réponses justes sur vingt sept. Toutefois, pour douze d'entre elles, aucune explication n'a été apportée.

Question 4.1

Quatrième question
Voici une expérience que tu as réalisée.



On appuie sur le sac gonflé. On s'aperçoit normalement que le sac n°1 se dégonfle et que le sac n°2 se gonfle. Explique pourquoi.

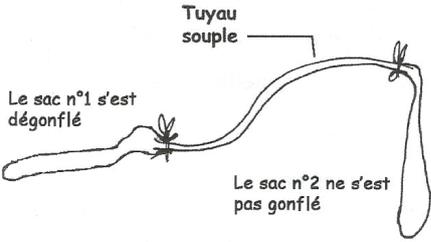
La dernière question sur le déplacement de l'air a donné les résultats suivants. La plupart des élèves se sont contentés de donner une réponse qui ressemble à celle ci : on appuie sur le sac n°1, l'air va directement dans le sac n°2. Cinq élèves ont rajouté l'air se transvase, l'air se déplace et l'air n'a pas disparu.

Question 4.2

Un jour, un élève réalise la même expérience. Il appuie sur le sac gonflé n°1. Ce sac se dégonfle. Mais il s'aperçoit que le sac n°2 ne se gonfle pas.

Où est passé l'air du sac n°1 ? Choisis l'une des réponses suivantes.

- L'air a été absorbé par le sac n°1
- L'air a été absorbé par le sac n°2
- L'air est parti dans la pièce
- L'air a disparu
- Je ne sais pas



A cette question, dix neuf élèves ont coché la bonne case, cinq élèves ont choisi la réponse *l'air a disparu*, deux indiquent que *l'air a été absorbé par le sac n°1* et un a répondu que *l'air a été absorbé par le sac n°2*.

Que retenons-nous de cette évaluation ? Il est déstabilisant de constater que certains élèves ont conservé leurs représentations initiales. C'est particulièrement important en question 1 mais au demeurant, toutes les questions sont concernées. Comment expliquer cela ? A vrai dire, les élèves peuvent tout d'abord réfuter le caractère qui leur est proposé, c'est à dire qu'ils n'admettent pas ce qu'ils ont observé en classe, voire même ce qui a été mis en évidence lors de la séance. Comme le soulignent Astolfi et Al. (1998), le concept de conflit sociocognitif, démontre qu'un élève doit se mettre en situation de conflit interindividuel pour qu'on observe des avancées. Ainsi, peut-être que les confrontations interindividuelles n'ont pas été suffisamment exploitées, au cours de notre séquence, pour que certains reconnaissent certaines situations plusieurs mois après.

Il est reconnu que des élèves qui se confrontent dans une situation donnée peuvent élaborer une réponse commune. Le fait qu'il y ait conflit sociocognitif génère un conflit cognitif chez chaque individu. Or les situations d'interaction ne sont pas forcément évidentes à mettre en place dans une classe et c'est peut-être aussi ce qui a manqué dans notre séquence. Car même si nous avons tenté d'engager des débats ou simplement des discussions, nous avons trop d'aspects à gérer et un timing trop serré à respecter pour être pleinement concentrées sur la qualité des débats entre élèves. En ce sens, pour reprendre la citation d'Astolfi (1998), il est même possible de penser que le « *conflit n'a vraisemblablement jamais existé pour les élèves parce que les conditions d'installation n'étaient pas réunies. Dans d'autre cas, le processus est amorcé, mais il est arrêté trop tôt pour que le conflit accomplisse son travail dynamogène.* »

De plus, à eux seuls, les moments de conflit socio-cognitifs ne suffisent pas à expliquer ce caractère de résistance conceptuelle de certains obstacles particulièrement forts. C'est le cas de la conservation de la matière qui est très souvent un problème lorsque l'on aborde la matérialité de l'air à l'école. Cela rejoint ce que nous avons mentionné auparavant avec l'expérience de la bouteille et du niveau de l'eau. La perception a tendance à primer sur le raisonnement (J.-M. Rolando, 2006). Et donc, il n'est pas étonnant de remarquer que le principe de conservation de l'air n'est toujours pas admis pour une petite moitié de la classe. Dans cette question, il aurait été intéressant de demander une justification. Nous aurions pu avoir plus de finesse dans l'interprétation des erreurs.

Nous retrouvons la solidité des conceptions dans la question 3 relative au caractère pesant de l'air. Mais dans ce cas, cela ne concerne qu'un petit nombre d'élèves. Parmi ceux qui ont prétendu que le ballon gonflé était moins lourd, deux élèves seulement ont justifié leur choix.

La première a répondu : « *le ballon dégonflé est plus lourd car un ballon gonflé rebondit car il est léger. Un ballon dégonflé ne rebondit pas, c'est qu'il est plus lourd.* » L'autre élève a donné cette explication : « *je pense que le ballon dégonflé est plus lourd car il ne rebondit pas.* » Les figures de résistance sont assez caractéristiques dans ce cas encore, même si elles nous surprennent toujours, et ce malgré les éléments d'interprétation que nous fournissons.

Malgré ces conceptions retrouvées trois mois après la fin de la séquence, les résultats obtenus à la question 3 sont plutôt positifs malgré l'absence de justification pour un certain nombre d'élèves. Bien sûr, on peut s'interroger sur la précision de la réponse. Est-ce parce que nous l'avons rappelée maintes fois lors de nos séances ? Nous pouvons avoir l'impression que cette réponse a été donnée comme si on avait demandé de réciter quelque chose par cœur. Mais d'un autre côté, on sait que les énoncés appris par cœur ne restent pas longtemps dans la mémoire des élèves s'ils ne sont pas enracinés par une compréhension plus profonde. Aussi, nous pouvons certainement considérer qu'un bon nombre d'élèves a admis le caractère pesant de l'air, même si l'absence de justification ne permet pas de plus fine analyse.

Le bilan n'est pas tranché, ni dans un sens, ni dans l'autre, d'autant qu'interpréter les réponses d'élèves n'est pas chose aisée... Finalement, le constat est assez mitigé. D'un côté, cette évaluation nous a permis de rendre compte de la persistance des représentations des élèves. Mais avec tout ce qui a été écrit sur ce sujet, il n'y a pas à s'en étonner et il ne pouvait pas en être autrement. Au risque de manifester un peu trop d'optimisme, on peut même se montrer satisfaites de constater que plus de la moitié de la classe a répondu correctement aux questions 1 et 2 qui révèlent les conceptions les plus ancrées. D'un autre côté, nous pensons que certaines propriétés ont été mieux assimilées que d'autres. Pour certains élèves, cette évaluation a été plutôt une réussite et cela nous rassure sur l'efficacité de notre enseignement au-delà des critiques que nous lui adressons. D'autres élèves ont certainement retenu des éléments, plus fragmentaires, sur la matérialité de l'air. La démarche d'investigation a été un levier non négligeable pour leur permettre de surmonter certaines conceptions. Aujourd'hui, nous estimons que les compte-rendu d'expériences, les conclusions n'ont certainement pas été très bien présentés. De ce fait, les élèves ne se sont peut-être fiés qu'à leurs observations ; d'où la résistance de certaines représentations.

CONCLUSION

La moitié de la classe a pu tirer profit de notre enseignement et ce certainement grâce à la mise en place d'une démarche globalement appropriée. C'est d'autant plus satisfaisant que l'évaluation était différée et que les conceptions sur ce sujet sont reconnues, dans la communauté didactique, comme très fortes. Un peu moins de la moitié de la classe a conservé ou est revenu sur certaines conceptions. Evidemment, une meilleure réussite nous aurait davantage satisfaites. Toutefois, par rapport aux recherches didactiques nous ne sommes pas surprises des résultats lorsqu'on sait que certaines représentations, sur certains sujets, demeurent ancrées depuis la maternelle jusqu'à l'âge adulte.

Que retenir de cette expérience ? Nous avons formulé de nombreuses critiques, mais les plus prégnantes semblent être celles qui concernent les questions et problèmes posés aux élèves. En effet, ces derniers conditionnent la suite (les hypothèses, par exemple) et sont donc déterminants pour la construction des connaissances.

Mais maintenant que ce mémoire se termine, qu'est ce qui est le plus essentiel pour nous ? Les questions que nous nous sommes posées lors de l'analyse de notre séquence nous ont permis de nous confronter à d'autres lectures plus approfondies. Elles ont aussi contribué à une meilleure compréhension des lectures initiales. Ainsi, nous sommes à même de mieux appréhender la complexité des situations d'enseignement en sciences. Evidemment, il serait ambitieux de dire qu'à l'heure actuelle nous avons pu résoudre tous les problèmes que nous avons rencontrés mais il nous semble que nous sommes mieux armées et qu'il nous serait donc moins difficile d'y faire face.

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

ASTOLFI, J.P. DEVELAY M., (1989). *La didactique des sciences*, Paris : PUF. Que sais-je ?

ASTOLFI, J.P., (1992), *L'école pour apprendre*, E.S.F.

ASTOLFI, J.P. et collaborateurs, (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies*. De Boeck Université.

ASTOLFI, J.P., PETERFALVI, B., VERIN, A., (1998), *Comment les élèves apprennent les sciences ?*, Paris : Retz

BACHELARD G., (1938). *La formation de l'esprit scientifique*, VRIN, Paris.

DE VECCHI G. (2006). *Enseigner l'expérimental en classe, pour une véritable éducation scientifique*, Hachette Education.

DE VECCHI, G., GIORDAN, A., (1987), *L'origine des savoirs*, Neuchâtel/Paris, Delachaux et Niestlé.

DE VECCHI, G., GIORDAN, A., (2002). *L'enseignement scientifique, Comment faire pour que "ça marche" ?*, Editions Delagrave.

FABRE, M., (1997). Pensée pédagogique et modèles philosophiques : le cas de la situation-problème. *Revue française de pédagogie, numéro 120*, pp. 49-58.

HARLEN, W., (2004). *Enseigner les sciences : comment faire ?*, éditions Le Pommier

JOHSUA S., (1989). *Les conditions d'évolution de conceptions d'élèves*, In : *Construction des savoirs, obstacles et conflits*, sous la direction de Bednartz Nadine et Garnier Catherine, CIRADE / Ed. Agence d'ARC Inc.

PIAGET, J., GARCIA, R. (1971). *Les explications causales*. Paris : PUF, coll. Etudes d'épistémologies génétiques.

PLE, E., (1997). *Transformation de la matière à l'école élémentaire : des dispositifs flexibles pour franchir les obstacles*, Aster n°24, obstacles : travail didactique, INRP.

ROBARDET, G., (1989). *Utiliser des situations problèmes pour enseigner les sciences physiques*, Petit x, n°23, Université Joseph Fourier, IREM de Grenoble.

ROBARDET, G., GUILLAUD, J.C., (1995). *Eléments d'épistémologie et de didactique des sciences physiques, de la recherche à la pratique*, publications de l'IUFM de Grenoble.

ROLANDO, J.M., (1996). *Activité scientifiques à l'école, quelles finalités? Quelles démarches ?*, Grand N, numéro spécial : sciences physiques et technologie cycle 3, Université Joseph Fourier, IREM de Grenoble.

ROLANDO, J.M., (2006). *L'air du cycle 1 au cycle 3*, Grand N numéro spécial : À l'école des sciences, Université Joseph Fourier, IREM de Grenoble.

Documents d'application des programmes, Découvrir le monde, cycle 2, (2003). DESCO SCEREN (CNDP).



MEMOIRE PROFESSIONNEL MASTER MES FICHE DESCRIPTIVE

AUTEUR(S) : ABIDI ROSAY Marie-Lise, MASSON Johanne

RESPONSABLE DU MEMOIRE : ROLANDO Jean-Michel

TITRE : Enseigner la matérialité de l'air au cycle 3. Analyse d'une démarche pour tenter de faire évoluer les conceptions des élèves.

RESUME :

Les élèves arrivent en classe avec leurs propres conceptions. Celles sur l'air sont bien connues et demeurent prégnantes. L'obstacle essentiel est de prendre conscience de sa matérialité. Les recherches actuelles estiment qu'amener un problème en suivant une démarche d'investigation est un bon moyen pour faire évoluer ces représentations. Après avoir élaboré et conduit une démarche orientée par ces recherches, notre analyse repose sur les progrès que les élèves ont pu réaliser, sur les difficultés que nous avons rencontrées et sur les solutions que nous envisageons *a posteriori*.

MOTS CLES :

Sciences physiques – Cycle 3 - Démarche d'investigation - Obstacle – Matérialité de l'air – Conception – Problème – Questionnement – Expérience test.