

Des chercheurs en culottes courtes à la découverte des sciences

La "Main à la pâte"

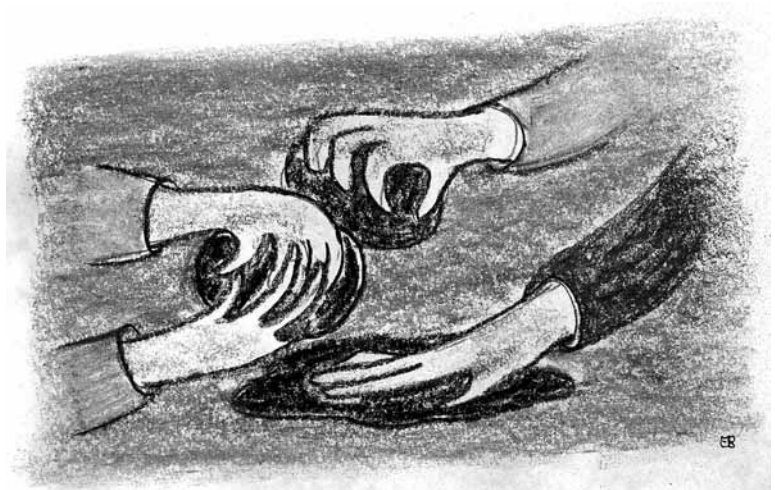
En 1996, La Loire-Atlantique a été un des cinq départements à se lancer dans l'opération "La main à la pâte". Une nouvelle méthode d'enseignement des sciences expérimentales médiatisée en France par Georges Charpak, qui avait été séduit par l'intérêt que suscitait chez les enfants l'opération "Hands on" aux Etats-Unis. Le but était de promouvoir l'enseignement des sciences en plaçant l'élève dans une situation de recherche quasi "naturelle" face à des phénomènes scientifiques quotidiens.

La main à la pâte... à modeler pour former des citoyens

La démarche pédagogique est organisée à partir d'une situation-problème proposée par l'enseignant. Un exemple : on place une boule de pâte à modeler dans une cuvette remplie d'eau. Elle coule. Le maître donne un objectif à atteindre : comment la faire flotter ? Ils disposent donc dans chaque groupe d'une cuvette et d'une boule de pâte à modeler. Les élèves sont répartis en groupes de quatre et observent le phénomène, puis ils échangent leurs idées, élaborent collectivement une hypothèse qu'ils vont vérifier en manipulant.

Ce sont eux qui créent le protocole expérimental. Il n'y a pas de fiche pour les guider au niveau de l'expérience. Ils sont libres de choisir la façon de parvenir à l'objectif. Et c'est ainsi que le tâtonnement prend toute sa place dans la méthode : essais, erreurs, réajustements, etc. Une première mise en commun collective est faite, puis chaque groupe effectue une nouvelle manipulation. Ensuite, les élèves consignent ce qu'ils ont fait, dans leur cahier d'expériences, avec leurs propres mots et leurs dessins. Ils y décrivent leur cheminement et leurs conclusions. La synthèse collective sera écrite ensuite sur ce même cahier.

Les sciences deviennent accessibles et sont le support d'une démarche qui dépasse le champ scientifique. Développer son sens de l'observation, son sens critique, confronter ses idées avec celles des autres, avec la réalité, c'est déjà se préparer à son futur statut de citoyen, c'est apprendre à



répondre de manière raisonnée aux problèmes que l'on rencontrera.

Où en est-on deux ans après le début de l'opération ?

En formation initiale, à l'IUFM, pratiquement 60% des professeurs d'école prennent l'option sciences physiques... L'opération *La main à la pâte*, du moins la démarche qu'elle induit, n'est pas étrangère à cet "engouement". Les futurs professeurs d'école, même s'ils sont de formation littéraire, sont séduits par son intérêt pédagogique et la possibilité de transfert qu'elle offre sur les autres apprentissages.

Quant à la formation continue, elle a recruté la première année (en juin 96) les enseignants les plus intéressés par l'opération. Il est donc logique

que, par la suite, un certain tassement des demandes de formations soit perçu.

Et puis, il y a aussi l'accent mis sur d'autres objectifs en primaire, comme lire-écrire-compter. Les enseignants ne peuvent couvrir tous les domaines. Mais ce n'est pas seulement par la formation que l'opération se développe : cooptation, présence d'un enseignant dans une école peuvent faire tâche d'huile. Un site *Main à la Pâte* (<http://www.inrp.fr/Lamap>) permet aussi d'échanger les expériences. Depuis la rentrée 97, l'opération s'est développée : en janvier 98, 300 classes en Loire-Atlantique s'inspiraient de l'esprit *La Main à la pâte* pour faire accéder les enfants aux sciences. Mais sa généralisation a été plus lente que prévue : des freins existent et ils ne datent pas d'hier.

Les freins

Si l'opération *La Main à la Pâte* a été lancée, c'était pour redynamiser l'enseignement des sciences, en particulier celui des sciences physiques, longtemps oubliées à l'école primaire et même perçues négativement, peut-être parce que les souvenirs scolaires qui leur sont liés sont douloureux. Et, malgré l'attrait de l'opération, elle ne s'est pas aussi facilement étendue qu'on ne le pensait en 96. Mais le malaise que certains enseignants pourraient partager avec la population par rapport à la science n'est pas le seul responsable : les dotations en matériel, importantes en 97, ont diminué dès l'année suivante, vu le nombre croissant de classes impliquées et demandeuses. Cependant, des écoles ont contourné le problème en mettant en commun leur matériel, en échangeant. De plus, une cuvette et de la pâte à modeler ne requièrent pas des moyens financiers énormes... L'obstacle le plus grand vient des effectifs et de l'espace-classe. Pour concevoir ces travaux de groupe, il est nécessaire de dédoubler la classe surtout si son effectif est surchargé. Un groupe effectuera les manipulations tandis que l'autre pourra par exemple faire une recherche documentaire liée aux phénomènes observés. Ce dispositif implique donc deux salles et deux adultes. Cette situation n'est pas celle habituelle dans les écoles. Un dernier obstacle : la méthode n'est pas sécurisante. Bruit, disposition éclatée dans la classe peuvent effrayer certains. Le travail sur fiches ou sur livres offre un cadre plus serein.

Une grande efficacité pour faire évoluer les savoirs

Nous sommes loin de l'enseignement frontal où le but est de faire passer un maximum d'informations en un minimum de temps... mais seulement à condition d'avoir un public motivé et capable de comprendre.

Mais quelle différence entre la méthode *La main à la pâte* et les T.P. ? Dans le cheminement, les étapes théoriques, apparemment, rien : on

observe un phénomène, on part de ce que l'on sait, on se pose des questions, on émet des hypothèses, on cherche pour les vérifier et on conclut. Mais, ici, on tâtonne beaucoup plus, on échange davantage, on se trompe, on arrive à des voies sans issue, on fait marche arrière. Mais on sait pourquoi, on sait où on veut aller car c'est le chemin qu'on a soi-même décidé de prendre, de choisir.

Dans les modules de type *La main à la pâte*, l'élève est peu guidé. Après une phase de questionnement, il va construire ses propres hypothèses, les confronter à celles des autres, les vérifier en manipulant, en expérimentant. Ses tâtonnements et ses échecs ne sont pas évacués mais au contraire se révèlent et sont la source de son apprentissage. Ici, on est loin des T.P. où l'expérience est là pour appuyer une théorie déjà connue. Dans *La main à la pâte*, l'expérience permet de se construire la science, à partir d'un questionnement préalable amené par une situation-problème judicieuse.

La situation dans laquelle l'enseignant place l'élève amène celui-ci à corriger ses représentations : l'élève confronte ses idées à celles de ses pairs et, dans l'échange, son point de vue se transforme. De plus, le maître lui propose des situations, des objets ou des manipulations où il ne peut pas faire fonctionner son modèle explicatif. Il lui sera donc nécessaire de transformer ce modèle. Et peu à peu, son savoir évolue. Il n'est pas, bien sûr, question de lui faire maîtriser des concepts scientifiques complexes, mais plutôt des théories intermédiaires entre ses représentations et les concepts qu'il découvrira plus tard.

La trace écrite, témoin de l'itinéraire de chacun

La démarche de la *La main à la pâte* favorise la verbalisation et donc la prise de conscience : des phases d'écriture sont prévues, bien séparées des phases de manipulation. Graphisme, schéma, traces écrites rédigées permettent de structurer les observations. L'enfant les note, apprend ainsi à maîtriser un vocabulaire scientifique. Dans ce domaine, la différence avec les T.P. se situera au niveau de la trace écrite individuelle : ce sont leurs mots, leurs propres dessins que les élèves couchent sur le papier. L'enfant est donc bien là l'acteur essentiel, ce qui explique son implication et sa motivation. Le cahier d'expériences est le témoin de son cheminement, reflète ses tâtonnements, ses échecs. La présentation du cahier — cahier au sens large : il peut être un classeur, un dossier, un fichier informatique — varie. Le support de l'écriture peut être déjà préparé avec ses rubriques (*voir p. 18*). L'élève peut aussi écrire et présenter librement ses notes (*voir encadré page suivante*).

**Savoir où
on va parce
qu'on a
choisi son
chemin**

La main à la pâte en Mayenne

L'extension de l'expérimentation

L'expérience commence en Mayenne dans quelques écoles à la rentrée 97, et en 1998 ce sont 66 écoles et 129 classes qui sont engagées officiellement dans l'opération. (Plus de 300 classes dans la Loire-Atlantique, département pilote en la matière qui travaille en collaboration avec l'université, **l'École des mines** et l'I.U.T. de Saint-Nazaire !) les tutelles scientifiques sont moins nombreuses sur le département, cependant un partenariat est engagé avec le CCSTI (Centre de Culture Scientifique Technique et Industriel) et une école d'ingénieur, **l'École Supérieure d'Informatique Electronique Automatique**. Un groupe de pilotage départemental a été constitué sous la direction d'un IEN.

Pour monter des expériences dans les classes, il faut disposer de tout un matériel que les petites écoles n'ont pas. Aussi un dispositif d'accompagnement est mis en place sous forme de malles pédagogiques diverses comprenant le matériel spécifique, l'outillage, une fiche pédagogique, une bibliographie et la liste du petit matériel annexe que l'école peut se procurer. Le contenu de chacune a été déterminé par les étudiants ingénieurs de l'ESIEA et porte sur des thèmes différents : magnétisme, poussée d'Archimède, mise en évidence de l'air, phénomène de pression.

Les principes

Les principes constitutifs de la démarche pédagogique La main à la pâte ont été définis par l'Académie des Sciences en septembre 98 :

1. Les enfants observent un objet ou un phénomène du monde réel, proche et sensible et expérimentent sur lui.
2. Au cours de leurs investigations, les enfants argumentent et raisonnent, mettent en commun et discutent leurs idées et leurs résultats, construisent leurs connaissances, une activité purement manuelle ne suffisant pas.
3. Les activités proposées aux élèves par le maître sont organisées en séquences en vue d'une progression des apprentissages. Elles relèvent des programmes et laissent une large part à l'autonomie des élèves.
4. Un volume minimum de deux heures par semaine est consacré à un même thème pendant plusieurs semaines. Une continuité des activités et des méthodes pédagogiques est assurée sur l'ensemble de la scolarité.
5. Les enfants tiennent chacun un cahier d'expériences avec leurs mots à eux.
6. L'objectif majeur est une appropriation progressive, par les élèves, de concepts scientifiques et techniques opératoires, accompagnée d'une consolidation de l'expression écrite et orale.
7. Les familles et/ou le quartier sont sollicités pour le travail réalisé en classe.
8. Localement, des partenaires scientifiques (universités, grandes écoles) accompagnent le travail de la classe en mettant leurs compétences à disposition.
9. Localement, les IUFM mettent leur expérience pédagogique et didactique au service de l'enseignant.
10. L'enseignant peut obtenir auprès du site Internet (<http://www.inrp.fr/Lamap>) des modules à mettre en œuvre, des idées d'activités, des réponses à ses questions ; il peut aussi participer à un travail coopératif en dialoguant avec des collègues, des formateurs, des scientifiques.

Les "bulles d'eau" !

La mise en place de ces séances commence dès la maternelle. Voici l'exemple d'une séquence qui s'est déroulée sur six séances (compte rendu d'un professeur des écoles stagiaire).

Séance n°1 :

Expérience pour mettre en évidence la présence de l'air : L'expérience du mouchoir.

Je coince un mouchoir en papier au fond d'un verre et je plonge le verre dans l'eau. Les enfants constatent l'immersion totale du verre. Ils émettent leur hypothèse : le mouchoir sera mouillé quand on ressortira le verre.

Ils constatent qu'en fait le mouchoir est resté sec. Après avoir refait l'expérience plusieurs fois, un enfant constate que si le mouchoir n'est pas mouillé c'est que l'eau n'est pas entrée dans le verre.

"Pourquoi l'eau n'est-elle pas entrée dans le verre ?". Les enfants n'émettent aucune hypothèse. Ils n'arrivent pas à la conclusion que quelque chose "d'invisible" empêche l'eau d'entrer dans le verre. Je demande donc à un enfant de venir refaire l'expérience et d'incliner le verre une fois qu'il est dans l'eau. Ils constatent que des bulles s'échappent, mais pour eux ce sont des bulles d'eau ! Ils ne font aucune relation entre les bulles et ce qui empêche l'eau de monter dans le verre. Aucun enfant ne parle d'air. Je décide donc d'en rester là pour cette séance et de partir sur une autre piste.

Séance n°2 :

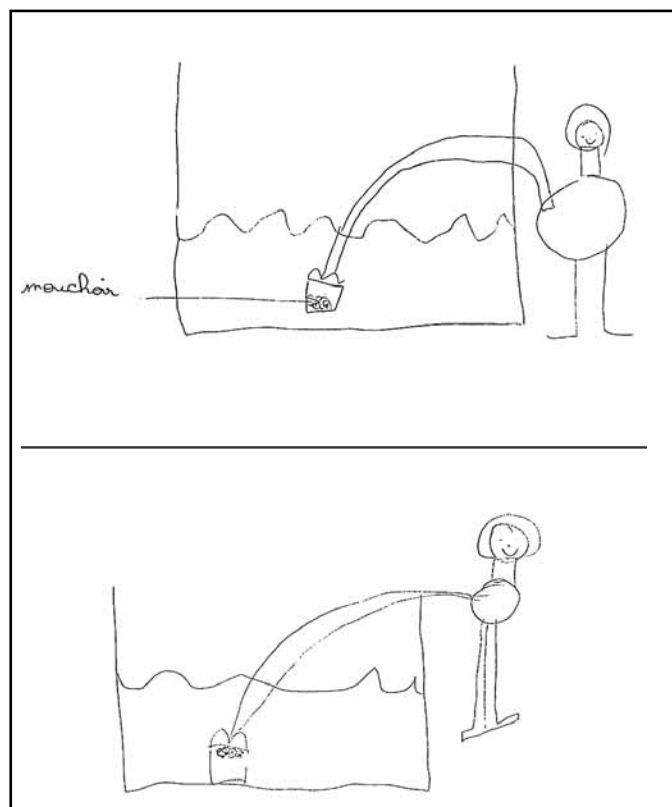
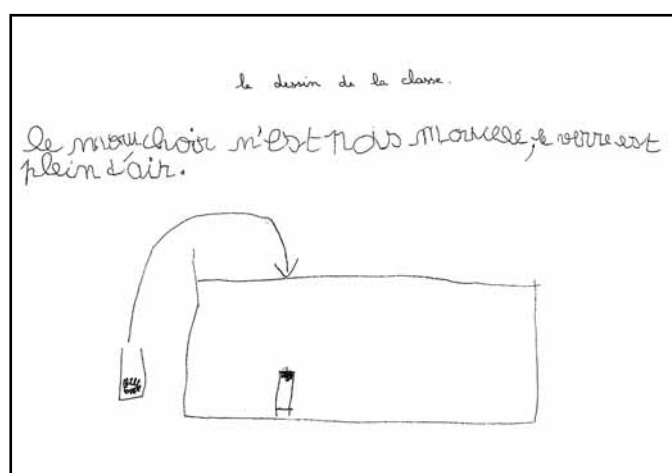
Objectif : prendre conscience qu'il existe de l'air en expirant.

Je dispose sur la table des ballons de baudruche, des balles de ping-pong et je demande aux enfants de déplacer ces objets sans les toucher.

Les enfants trouvent très rapidement que la solution est de souffler sur les objets. Cette fois, quand je leur demande ce qui a fait bouger les objets ils me disent sans hésiter que c'est l'air.

Le cahier de l'élève (proposition d'utilisation)

Partie individuelle (page de gauche)	Partie collective (page de droite)	⇒ ce que nous retenons :
<ul style="list-style-type: none"> la situation dont nous nous occupons les questions que je me pose mes hypothèses les expériences que je pense réaliser ce que, à mon avis, je vais observer au cours des expériences ce que je fais et ce que j'observe ce que je peux en conclure 	<ul style="list-style-type: none"> la situation-problème les questions que nous nous posons les hypothèses de la classe Synthèse collective des travaux de groupe (éventuellement) 	



L'AIR T8

Je dessine ce que je vois et j'entoure le bon résultat.

expériences.	☺ ☹	résultats.
<p>1</p> <p>Je place un mouchoir au fond du verre. Je plonge le verre au fond du récipient rempli d'eau.</p>	<p>l'eau n'entre pas dans le verre car elle est repoussée par l'air.</p>	<p>le mouchoir est mouillé.</p> <p>le mouchoir est sec.</p>
<p>2</p> <p>Un bouchon repose sur l'eau du récipient. Je place le verre au-dessus et je l'enfonce au fond du récipient.</p>	<p>le bouchon va au fond du récipient et l'eau n'entre pas dans le verre.</p>	<p>dessus, le bouchon est mouillé.</p> <p>dessus, le bouchon est sec.</p>

Défi n°1

Origine Equipe "Main à la pâte" (Mayenne)

Le matériel	Une bouteille d'eau vide en plastique munie de son bouchon. Un aquarium rempli d'eau froide (facultatif)	
La manipulation	Verser dans la bouteille un peu d'eau chaude. Vider immédiatement cette eau et boucher la bouteille avec son bouchon. Plonger la bouteille dans l'eau froide.	
Les questions	Que se passe-t-il ? Pourquoi ?	

La consigne Envoyez sur le bulletin-réponse un bref compte-rendu d'expérimentation, des hypothèses et des propositions d'expériences pour les vérifier.

Sommaire Netd@vs Sommaire défis

Puisque nous allons à la piscine, j'ai demandé aux enfants lors de la séance de natation suivante de souffler dans l'eau. Cette fois, ils ont immédiatement fait la relation entre "l'air qui sort de notre corps quand on souffle" et les bulles qu'ils produisaient en soufflant dans l'eau. Ils en sont arrivés à la conclusion que "l'air sortait dans les bulles" et donc que ce n'était pas des bulles d'eau mais des bulles d'air.

Séance n°3 :

Objectifs : faire la relation entre ce qui s'est passé à la piscine et les bulles d'air lors de l'expérience du mouchoir. Dessiner l'expérience.

Rappel de ce qui s'est passé lorsque nous avons soufflé dans l'eau à la piscine : "nous avons vu des bulles d'air".

Reprise de l'expérience du mouchoir. Les enfants constatent à nouveau que le mouchoir n'est pas mouillé. Un enfant incline le verre. Les bulles s'échappent et un enfant remarque que c'est "comme à la piscine". Cette fois la plupart des enfants me parlent de bulles d'air et me disent qu'elles viennent du verre. Nous arrivons à la conclusion que même si on ne le voit pas au départ, le verre est "plein d'air" et que c'est l'air qui empêche l'eau d'entrer dans le verre. Chaque enfant manipule pour refaire l'expérience. Je demande ensuite à chaque enfant de dessiner ce qu'il vient d'observer.

Séance n°4 :

Objectifs :

- Etablir un code pour une meilleure compréhension des dessins.
- Appliquer ce code pour redessiner l'expérience du mouchoir.

"Voici des dessins d'enfants de la classe, ce ne sont pas des dessins libres. Est-ce que vous reconnaissez ce qui est dessiné ?" Les enfants reconnaissent que ce sont les dessins de l'expérience. Ils reconnaissent l'aquarium mais pas forcément le verre, et le mouchoir. Après une discussion nous établissons que l'expérience est la même quel que soit l'enfant qui la fait et qu'il n'est pas toujours évident de reconnaître les dessins. Je propose aux enfants d'établir un code pour se donner une seule façon de dessiner un verre, un mouchoir... Je leur précise que lorsqu'on dessine une expérience, il est inutile de dessiner la personne qui l'effectue.

Après établissement du code avec les enfants nous refaisons l'expérience du mouchoir et je demande à chacun de la dessiner en utilisant le code.

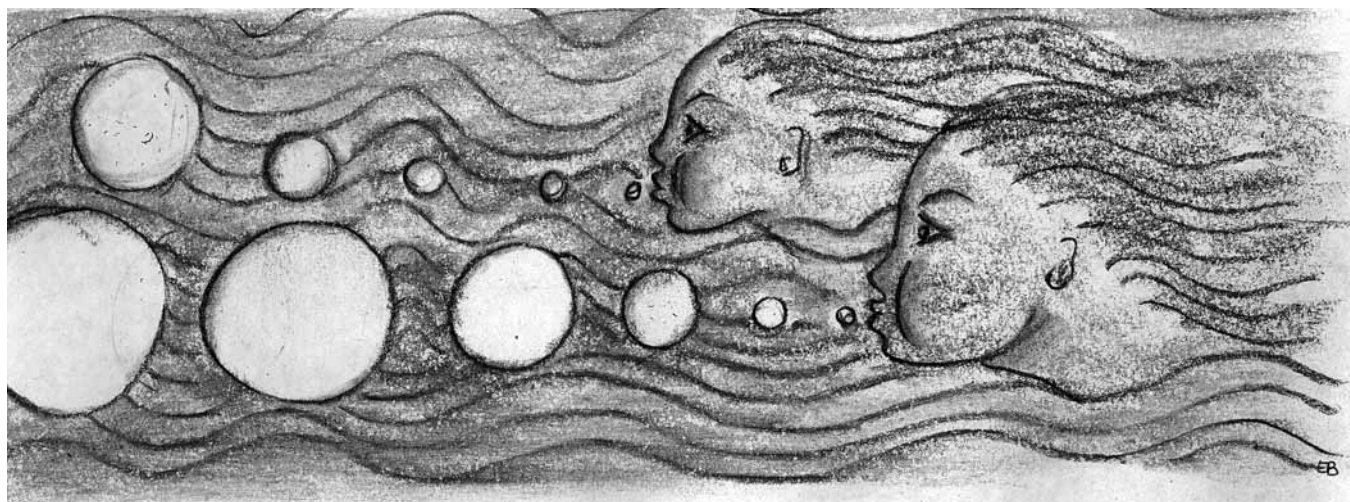
Mise en commun des dessins. Observation de différents dessins et établissement d'un dessin commun que tout le monde va recopier. Nous établissons une phrase de conclusion de l'expérience que les enfants recopient : "Le mouchoir n'est pas mouillé. Le verre est plein d'air" (voir dessins ci-contre) .

La même expérience du mouchoir au fond du verre aboutit dans une autre classe de maternelle à la représentation des résultats sous forme de tableau à double entrée (voir ci-contre).

Des défis scientifiques par internet

Lors des Netdays, opération de quatre jours patronnée par France Télécom, les équipes Main à la pâte des écoles de Laval, qui disposent du matériel informatique, et de quelques écoles de campagne équipées, momentanément, par la firme téléphonique se sont lancés des défis scientifiques. Une équipe proposait une situation : matériel nécessaire, manipulation à effectuer et problème à résoudre. Les autres renvoyaient leurs hypothèses, les compte rendus des expériences réalisées par les groupes d'élèves de la classe, puis leurs conclusions. Les classes ont pu ainsi confronter leurs expériences et les formulations de leurs conclusions.

Informations recueillies par M. LE BIHAN auprès de J.-P. FEVRIER, I.E.N.
S. POUSSON, C. BODINEAU,
E. GUILBAUD, professeurs des écoles



Le plaisir de l'apprentissage

Si Georges Charpak a défendu cette méthode d'enseignement des sciences, c'est parce qu'aux Etats-Unis, en observant les élèves dans le cadre de l'opération *Hands on*, il avait été "frappé par le plaisir qu'éprouvaient les enfants à pratiquer les sciences physiques : ils étaient gais, enthousiastes, leurs yeux brillaient et les instituteurs étaient ravis de l'ambiance qui régnait dans la classe."

Et en effet, les situations proposées provoquent l'étonnement, l'intérêt voire l'émerveillement. Ce passage par l'émotion favorise la mémorisation. De plus, les manipulations font appel aux sens : vue, odorat, toucher, ouïe et parfois goût sont sollicités. Cette entrée par les sens s'ajoute au plaisir de la découverte dans laquelle l'élève se sent concerné. En effet, les problèmes abordés font partie de son

environnement quotidien. Leur approche est globale et donc l'enfant perçoit tout de suite le sens du problème. La situation interactive est également source de plaisir : échanger ses idées, argumenter, chercher à convaincre l'autre ont pour lui un objectif "concret", "immédiat" et donc motivant.

Très souvent, l'enfant perçoit ces activités comme un jeu : elles lui paraissent gratuites, les contraintes se sont effacées au profit de l'envie de trouver et cela lui permet cependant des expériences qui vont modifier son rapport au monde. Cet aspect ludique n'est pas négligeable chez l'enfant qui se construit affectivement et culturellement par le jeu. On peut développer l'aspect ludique en terminant le module par une réalisation technologique — réalisation matérielle d'un objet qui permettra de mettre en application sa découverte — ou par une expérience plus spectaculaire.

**La
"scientific
attitude" :
une envie
de com-
prendre,
de prouver,
et de s'en
donner les
moyens**



Les sciences physiques, discipline privilégiée pour l'expérimentation

L'enfant aime manipuler. Il ne faut donc pas négliger la manipulation quand c'est possible. Et c'est souvent possible, surtout en sciences physiques où la compréhension est facilitée. En effet, les conclusions y sont immédiates : on voit aussitôt si un montage électrique fonctionne ou non. De même, très souvent l'élève y observe le phénomène de visu : pas besoin de fiche papier qui forme un écran entre le réel et lui. Mais, tout ne se prête pas aux manipulations. D'autres approches bien sûr sont possibles : lectures, exposés, fiches, compte rendus, etc. La démarche reste la même : l'élève émet des hypothèses qui devront être confirmées par des documents si l'expérience n'est pas possible.

La démarche scientifique, c'est avant tout une attitude, une envie de comprendre, de prouver et de s'en donner les moyens (expérimentaux ou autres).

Si la démarche trouve dans les sciences physiques un terrain favorable (pour stimuler le sens de l'observation, la construction de l'argumentation et la structuration du raisonnement), elle rejoint dans son esprit les approches de toutes les disciplines. On retrouve les mêmes principes qu'ailleurs : implication de l'élève dans son apprentissage, approche globale, induction. *La main à la pâte* va néanmoins plus loin dans la mesure où elle laisse l'enfant intervenir plus longuement avec son propre mode de pensée et de fonctionnement. Le maître l'accompagne le plus légèrement possible.

Mais, et c'est sans doute l'atout des sciences physiques, il est plus facile de s'étonner, voire de s'émerveiller devant des fusées à eau qui s'élèvent "haut dans le ciel" que devant l'accord du participe passé...

Informations recueillies par M. NOUVIALE
auprès de P. BURBAN,
formateur à l'IUFM de Nantes