

UN NOUVEAU DÉPART POUR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES À L'ÉCOLE ?

LA MAIN À LA PÂTE

ISABELLE CATALA
EDITH SALTIEL

Toutes les enquêtes menées avant 1995 vont dans le même sens : il y a très peu d'enseignants du primaire qui enseignent les sciences à l'école, les enseignants invoquant essentiellement leur absence de formation scientifique et leur peur de ne pas "savoir". Les récentes évaluations internationales indiquent par ailleurs que les élèves français, à la sortie de l'enseignement secondaire, obtiennent des résultats très médiocres par rapport à leurs camarades étrangers. De plus, l'image qu'ont les lycéens de la science n'est guère positive.

Parallèlement à ce constat, Georges Charpak, prix Nobel en 1992, a découvert aux États-Unis qu'il était possible d'enseigner des sciences à l'école primaire dans de bonnes conditions : un enseignement vivant et motivant, un enseignement qui participe à la structuration intellectuelle de l'enfant ainsi qu'à sa maîtrise du langage. Il a impulsé, avec l'aide de l'Académie des sciences, une dynamique pour favoriser un enseignement des sciences à l'école depuis la maternelle jusqu'à la fin du primaire.

Il y a maintenant presque trois ans que l'opération appelée *La main à la pâte* a été officiellement

lancée en France. Initiée par Georges Charpak et deux autres académiciens, Pierre Léna et Yves Quéré, cette opération a pour objectif de relancer l'enseignement des sciences à l'école primaire par le développement de l'observation, de l'expérimentation et du raisonnement. En 1996, à titre expérimental, trois cent quarante-quatre classes, réparties dans cinq départements, ont été concernées par cette opération. Puis l'année suivante, après un appel national à candidatures, d'autres écoles réparties dans 48 départements ont aussi mis la main à la pâte. Enfin, durant l'année 1998-1999, ce sont trente-trois écoles d'un même département,

la Seine-Saint-Denis, qui sont venues rejoindre l'opération. Actuellement près de 4 000 enseignants se sont officiellement portés volontaires pour enseigner des sciences selon une démarche de type *La main à la pâte* ; d'autres enseignants pratiquent cette démarche hors label institutionnel.

LA DÉMARCHE PÉDAGOGIQUE ET LES PRINCIPES DE "LA MAIN À LA PÂTE"

En 1996, le petit livre *La main à la pâte* esquisse le cadre dans lequel l'opération souhaite se développer. Puis en 1998, l'Académie des sciences rédige les dix principes de *La main à la pâte*, principes qui se trouvent plus loin. Ces principes ne surprendront pas grand monde, certains y retrouveront une partie de ce que préconisait Freinet, d'autres trouvent des points communs avec les activités d'éveil des années 70, etc. Un texte de cadrage a été élaboré par la Direction des Enseignements Scolaires (DESCO) et remis à l'ensemble des participants du Colloque National de janvier 1999 intitulé "A propos de *La main à la pâte*, les sciences et l'école primaire", en voici quelques extraits.

"Les maîtres qui se réclament de la démarche dite La main à la pâte privilégient l'aspect expérimental de leur enseignement. Les élèves sont placés en situation de recherche et on les aide à développer une investigation raisonnée s'appuyant sur l'expérimentation, l'observation, le raisonnement et l'argumentation.

L'expérimentation est naturellement l'un des points essentiels de la démarche. Conformément au deuxième principe de la charte La main à la pâte, il ne convient cependant pas de confondre "activité manuelle" et "expérimentation". Les enfants pratiquent eux-mêmes des expériences, expériences pensées et construites par eux. Certes, il importe de transmettre une pratique de la science comme action, interrogation, investigation, expérimentation et non pas comme somme de résultats figés à apprendre par cœur. Mais il importe aussi de réfléchir et de construire intellectuellement, par le langage, ce qu'on fait des expériences. Les enfants

observent, interrogent, construisent un problème, se lancent dans des expérimentations pour résoudre ces problèmes (exemple, pourquoi met-on du sel sur les routes en hiver ?)

On apprend par l'action, en s'impliquant ; on apprend progressivement en se trompant ; on apprend en interagissant avec ses pairs et avec de plus experts, en exposant son point de vue, en le confrontant à d'autres points de vue et aux résultats expérimentaux pour en tester la pertinence et la validité.

Les situations qui sont proposées aux élèves dans la classe les conduisent à des activités de classement, de mise en relation, reposant sur une observation sous-tendue par une question, des activités de prévision, à condition de ne pas confondre prévision scientifique et réponse au hasard, des activités d'exploration où l'expérimentation s'organise autour d'hypothèses qu'il faut tester ou bien de représentations du mode de fonctionnement d'objets fonctionnels.

Ces activités participent d'une démarche scientifique ou d'une démarche technologique.

Les séances de classe sont organisées de telle sorte que les progrès soient possibles à la fois sur l'acquisition de connaissances et sur l'acquisition de démarches. Un temps suffisamment long doit être consacré à chaque thème pour permettre les reprises, les reformulations, la stabilisation des acquis.

Le rôle de l'enseignant n'est pas de proposer des énoncés bien rédigés à apprendre, mais de proposer des situations permettant l'investigation raisonnée, de guider les élèves, de faire expliciter et discuter les points de vue, de faire énoncer des conclusions valides par rapport aux résultats obtenus, de les confronter au savoir scientifique.

Le rôle de l'enseignant c'est aussi de gérer des apprentissages sur la durée : durée d'une séance, durée d'un ensemble de séances, durée de l'année scolaire, durée d'un cycle...

Dix principes ont été retenus comme constitutifs de la démarche La main à la pâte.

- 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 de 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 des questions ; il peut aussi participer à un travail coopératif en dialoguant avec ses collègues, des formateurs, des scientifiques.

Si ces principes constituent la charte de *La main à la pâte*, on aura soin cependant de distinguer les principes 1 à 6 qui caractérisent la démarche pédagogique, et les principes 7 à 10 qui caractérisent un dispositif reposant sur des aides extrêmement utiles sans lesquelles, cependant, il est possible de commencer une telle action dans les classes. C'est ainsi d'ailleurs que ces aides, fort souhaitables et qu'il convient d'organiser dans les départements, ne doivent jamais être perçues et conçues comme se substituant à la responsabilité pédagogique des maîtres qui, dans leurs écoles, conservent la totale maîtrise de cet

enseignement qui s'inscrit dans le cadre de leur polyvalence.

On vise la construction progressive des concepts et des démarches scientifiques en sachant que cette construction est longue et laborieuse et qu'il faut donc la commencer précocement avec des objectifs d'acquisition adaptés.

Il s'agit de tisser des liens entre le monde de l'école et le monde extérieur, de faire percevoir que ce qu'on apprend à l'école n'est pas qu'un savoir de l'école et du maître mais un savoir partagé dont chacun ne maîtrise qu'une partie. Le maître ne sait pas tout, chaque partenaire peut apporter des connaissances utiles."

LE LIEN AVEC L'ACQUISITION DU LANGAGE

Une des caractéristiques de *La main à la pâte* est de créer un lien fort avec les apprentissages fondamentaux : apprendre à lire, écrire et compter tout en aidant l'enfant à structurer sa pensée.

1. L'ÉCRIT : LE CAHIER D'EXPÉRIENCES

Depuis le début de cette opération, il est demandé aux enseignants de faire tenir, à chaque élève, un cahier d'expériences, cahier qui suit l'enfant tout au long de sa scolarité primaire et qui comprend deux parties assez différentes l'une de l'autre : l'une correspond à un *écrit personnel* dans laquelle l'élève **écrit avec ses mots à lui**, l'autre correspond à un *écrit collectif*. Cette catégorisation se heurte à la catégorisation habituelle : cahier de brouillon / cahier de cours. En effet, la *partie personnelle* du cahier d'expériences, non soumise aux exigences syntaxiques et grammaticales, est cependant plus qu'un cahier de brouillon sur certains points : l'élève doit y inscrire ce qu'il a observé, les expériences qu'il a réalisées, les résultats qu'il a obtenus (qu'ils soient ou non ultérieurement validés), ses explications, sa démarche, ses questions, en utilisant des phrases, des dessins et des tableaux. En ce sens, ce cahier est un outil de structuration de la pensée, un outil de travail sur sa propre pensée. Il

est difficile pour les élèves de faire deux choses en même temps : écrire d'un côté dans un bon français, sans aucune faute d'orthographe et de l'autre être capable d'explicitement sa pensée, son raisonnement, son argumentation. L'objectif est bien sûr que, plus tard, les élèves soient à même de maîtriser les deux en même temps. L'enseignant met de côté provisoirement ses exigences linguistiques pour permettre aux élèves d'exprimer et donc d'approfondir leur pensée. Ce cahier, au contraire d'un cahier de brouillon, doit être gardé non pas en souvenir mais comme un outil de travail où l'élève recherche des informations sur ce qu'il a déjà fait, sur ce qu'il pensait et aussi sur ce que la classe pensait, ce qui nous amène à parler de l'écrit collectif. A côté, et en interaction avec cette partie personnelle, le cahier d'expériences comporte une *partie collective*. Résultant d'une discussion collective (soit à l'intérieur d'un groupe, soit au sein de la classe entière) sur la base des écrits personnels, cette partie est rédigée en travaillant sur le contenu et sur la forme, sur ce qui doit être gardé comme trace du travail collectif et de ses résultats, sur ce qui peut être compréhensible par d'autres élèves. Cet écrit collectif, résultat d'un travail de discussion sur la validité des résultats, les arguments, les formulations, le choix des mots, assume cette fois les contraintes linguistiques, la langue devenant un outil de communication. Ces séances de communication avec les autres peuvent se produire à différents moments. Par exemple, imaginons que les élèves travaillent en groupe, chacun réalisant dans le groupe une expérience qui lui soit propre. Chaque élève communique à l'intérieur du groupe (en général, cela se passe oralement) ; mais ensuite le groupe présente ses résultats à toute la classe, et, pour cela, écrit une synthèse de ce que le groupe a fait, vu et discuté. De même, lorsque tous les groupes se sont exprimés, il peut y avoir élaboration par la classe entière d'une synthèse écrite qui doit obéir à des contraintes différentes de celle de l'écrit personnel.

L'interaction entre ces deux parties est assurée puisque l'écrit collectif, élaboré à partir des écrits personnels, permet aux élèves de situer leurs écrits

personnels en les validant ou les infirmant. Ainsi, l'écrit personnel est plus qu'une mémoire : il permet aussi de mesurer les progrès.

Cette partie écrite collective du cahier d'expériences peut être appuyée par la tenue d'un cahier de classe, la réalisation par les différents groupes d'affiches et par l'élaboration par toute la classe d'un journal de classe.

Les témoignages entendus lors du Colloque National de janvier indiquent que cet écrit collectif joue un rôle important et très complémentaire de l'écrit personnel. De plus, il permet d'avoir un écrit "correct" qui peut être perçu par tous comme le savoir institutionnalisé.

2. L'ORAL

L'expression orale au sein d'un petit groupe ou devant la classe entière est un aspect du travail scientifique valorisé par la démarche *La main à la pâte*. Cette incitation aux échanges verbaux entre élèves d'une part et entre groupes d'élèves d'autre part vise à l'élaboration des connaissances scientifiques par leur formalisation linguistique, en exprimant son point de vue, en essayant de comprendre celui de l'autre, en se mettant d'accord sur une façon de dire ce que l'on a fait, ce que l'on a obtenu, etc. Ces échanges verbaux aident chaque élève à expliciter sa pensée et son raisonnement, tout en lui permettant d'arriver à une certaine maîtrise de la langue. Ainsi, chaque élève acquiert des compétences qui peuvent être réinvestissables dans d'autres domaines.

Quelles que soient ses compétences langagières initiales, chacun s'appropriera des mots nouveaux (exemple dilatation), sera amené à préciser le sens de certains mots, tout en en modifiant l'usage qu'il en faisait (exemple gaz, vapeur d'eau ou fondre, évaporer), bref à maîtriser la langue française.

Cet aspect est également un aspect important de *La main à la pâte* (il n'est pas nouveau, mais est ici beaucoup plus systématique). Il permet aux enfants de s'exprimer et d'essayer de comprendre l'autre. L'enseignement des sciences, de ce point de vue, fait parfois des merveilles, comme l'indiquent :

■ Cet extrait du texte de la DESCO :

“On rencontre nombre d’élèves qui, connaissant des difficultés langagières importantes en “cours de français”, s’expriment plus volontiers dans un domaine pédagogique perçu comme plus concret et surtout très universel”.

■ Ce témoignage de Nathalie Legaignoux (école Courcelles, Vaulx-en-Velin) concernant deux élèves :

“Aziza était alors une petite fille très effucée. En difficulté scolaire, elle ne prenait jamais la parole et n’osait pas entreprendre. Mais au fil des semaines, au fil des séquences de sciences, son comportement a très favorablement évolué. L’enthousiasme, la jubilation l’ont emporté sur la crainte. Et Aziza a osé faire et dire, avec beaucoup de feu.”

“Mohamed est un petit garçon au bord de l’exclusion. Lisant peu et avec difficulté, refusant d’écrire, il était, ou s’était mis dans la situation d’être classé par ses pairs comme “le mauvais élève”. Mais au cours des différents travaux de groupe, il a pu faire preuve de toute l’ingéniosité qu’il portait en lui. Plein de questions et d’imagination, il s’est peu à peu imposé comme un référent, obtenant ainsi la reconnaissance, voire le respect, des autres élèves. Moteur au sein de son groupe, tout s’est passé comme s’il ne voulait pas se laisser déposséder de l’impulsion qu’il donnait. Alors, il s’est mis à participer activement aux comptes rendus écrits qu’il fallait établir en vue de communication et d’échanges avec l’ensemble du groupe classe. En quelques mois, il est entré dans le monde de l’écrit, lecture et écriture, et ce, même en dehors de la pratique des sciences. Si des lacunes subsistaient évidemment, ses progrès ont été remarquables et surtout ses relations à l’écrit, à l’école, à la construction des savoirs ont été profondément modifiées. Cela semblait presque magique. Bien sûr, cela ne l’était pas. Mais l’aspect spectaculaire ne pouvait passer inaperçu. Alors, que s’était-il passé ?

Ce témoignage parle de lui-même et illustre bien le fait que le type de travail effectué dans les classes *La main à la pâte* participe aux apprentissages fondamentaux : les élèves lisent, écrivent, parlent et sont aussi très souvent amenés à compter (comme par exemple, au cours d’une expérience, ils doivent

compter combien de poids supporte un bateau en aluminium qu’ils ont construit).

L’ACCOMPAGNEMENT DES MAÎTRES

Une des particularités de l’opération est un accompagnement des maîtres par différents partenaires. Parmi ces accompagnateurs, on trouve non seulement les partenaires “habituels” (IMF, CP, IEN, IA, IG), mais aussi des formateurs IUFM (qui ont traditionnellement plus vocation à former qu’à accompagner), des scientifiques de différents niveaux et un site Internet. Ce souci de vouloir accompagner le maître répond, comme l’a montré un bilan partiel de l’opération établi un an après son démarrage, à une demande de la part des enseignants du primaire.

1. LE SITE INTERNET - LES OUTILS ÉLECTRONIQUES DE COMMUNICATION

En avril 1998, sous la responsabilité de l’Académie des sciences et de l’INRP, avec l’aide financière de la Délégation Interministérielle à la Ville a été ouvert un site Internet pour accompagner les enseignants dans le développement d’activités scientifiques en classe en relation avec toute une communauté de scientifiques, didacticiens et formateurs qui se mobilisent pour proposer leur aide en complément des compétences professionnelles des enseignants.

Ce site a un objectif principal, celui de répondre aux besoins des enseignants. Pour cela, trois fonctions différentes sont assurées par le site :

- Informer sur l’opération (par exemple, l’information sur la charte, sur le prix *La main à la pâte* décerné sous l’égide de l’Académie des sciences, sur les colloques et autres journées scientifiques en relation avec l’école primaire, etc.).
- Proposer des ressources et des actualités scientifiques (une documentation scientifique, une documentation pédagogique, les fiches connaissances

établies par l'Inspection générale et des documents pour la classe). Ces documents pour la classe (proposés par des enseignants ou des équipes) sont des fiches d'activités ponctuelles pour une séance, ou organisées en séquence sur un thème donné. Ces documents sont affichés "en débat", et le site permet de réagir pour faire évoluer ces documents. Des modules plus conséquents et traduits de l'américain sont aussi mis en ligne sur le site jusqu'en mars 2001.

■ Permettre des échanges entre différents acteurs et partenaires. Cette fonction d'échanges est assurée pour partie sur le site via des espaces d'écriture offerts au visiteur pour "réagir", et pour partie par une liste de diffusion et un réseau de consultants. Sur le site, des échanges existent et tendent à s'accroître avec le temps. Des compléments d'informations, des mises en garde ou des témoignages ont ainsi pu être apportés à certaines fiches. A titre d'exemple, citons cette remarque d'un scientifique : *"tout ceci pour vous mettre en garde contre une conclusion un peu "gênante" sur cette expérience : si vous ne mettez pas en évidence que la quasi-totalité de l'eau est transpirée, vous entretenez l'idée que toute l'eau absorbée est stockée dans la plante"* et ce témoignage d'enseignant sur une fiche d'activité proposée sur le site : *"une analyse des représentations, suite à la question "que deviennent les aliments dans le corps" fait apparaître les résultats suivants..."*.

La liste de diffusion permet de témoigner, de poser des questions et de donner des informations. Elle a un franc succès et permet aux enseignants, formateurs et scientifiques de dialoguer sur les thèmes abordés par les maîtres eux-mêmes. Il suffit de compulser les archives de cette liste pour se rendre compte de la richesse des débats.

2. L'ACCOMPAGNEMENT PAR LES SCIENTIFIQUES

Une des grandes nouveautés de l'opération *La main à la pâte* est l'implication des scientifiques pour la réussite du développement de l'ensei-

gnement des sciences à l'école. Cette implication a pris différentes formes :

■ Une implication de grandes écoles d'ingénieurs telles que l'INSA de Lyon, l'École des Mines de Nantes, l'École Polytechnique. Ainsi, l'École des Mines de Nantes s'est investie dans l'opération en mobilisant élèves et enseignants pour aider les maîtres à préparer des séances de sciences et a monté un atelier de fabrication de mallettes de matériel. L'École Polytechnique, chaque année depuis trois ans, met à disposition de l'opération, dans le cadre de leur Service National, plusieurs élèves polytechniciens à plein temps pour accompagner les enseignants dans leur classe et assurer la publication d'un bulletin de liaison (*Map-Monde*). Cette année, une polytechnicienne était à l'École des Mines de Nantes, une autre à Lyon et trois autres dans le département de la Seine-Saint-Denis. Ces trois derniers sont allés chacun accompagner dix écoles et ont aidé les enseignants à présenter leur travail lors de la journée sciences organisée le 7 avril 1999 à Drancy. Ces jeunes scientifiques, fortement engagés pendant une année entière, ont élaboré un document qui précise la nature du travail qu'ils ont effectué (cf. document en annexe).

■ Une implication plus individuelle sur le terrain par des universitaires scientifiques (comme à Vaulx-en-Velin), par un universitaire didacticien (comme en Haute-Savoie), par des formateurs IUFM (comme en Savoie), par des centres de culture scientifique, technologique et industrielle (CCSTI) (comme en Savoie et à Aix-Marseille), par des professeurs de lycée ou de collège (comme à Nice), par des étudiants scientifiques (comme en Seine-Saint-Denis), etc.

■ Un engagement en tant que "consultant scientifique" dans le réseau Internet *La main à la pâte* géré par les deux médiateurs et responsables du site.

Autant il est extrêmement difficile actuellement de savoir exactement ce qui se passe sur le terrain, autant il est simple pour nous de savoir ce qui se passe sur le site. A été mis en place, sur le site, un réseau de consultants scientifiques : tout enseignant du primaire qui rencontre dans sa classe un problème scientifique peut poser des questions sur le site, questions qui seront dirigées par les

modérateurs vers des scientifiques qui ont accepté d'essayer d'y répondre. En étudiant les questions et les réponses fournies, nous constatons une évolution. En effet, il y a de plus en plus de questions, ce qui indique que les enseignants osent poser des questions. Les réponses des scientifiques sont très variables d'un scientifique à l'autre : certains ne répondent pas toujours de façon compréhensible pour les enseignants, d'autres trouvent les mots qui "parlent", d'autres enfin font ou refont des expériences simples avant de répondre. Une nouveauté : les enseignants réagissent aux réponses fournies, ce qui illustre une amorce très positive de dialogue, certains annoncent même à leurs élèves qu'ils vont poser la question sur Internet¹.

Donnons quelques exemples, à titre d'illustration de ce qui vient d'être dit.

A. Exemples de deux types très différents de réponses pour la même question

Question : *Quel est le véritable sens du courant électrique ? Le courant circule-t-il de la borne positive à la borne négative ou dans le sens inverse soit de la borne négative à la borne positive. Je sais que par sens conventionnel on dit de "la borne positive à la borne négative" ; mais en réalité quel est son sens ?*

Une première réponse dit :

"Le sens des courants, ainsi que la notion de borne positive et borne négative, sont purement conventionnels. Si on décide que les résistances électriques sont des quantités positives, la relation entre la tension (ou la différence de potentiel), écrite sous la forme $U = RI$ suppose que le sens du courant est de la borne positive (celle qui a le plus grand potentiel) vers la borne négative. Il y a deux sortes de charges, certaines s'attirent, on dit alors qu'elles sont "de signes contraires" et d'autres se repoussent, on dit qu'elles sont "de même signe". En particulier, à l'intérieur d'un fil électrique il y a des charges qui ne peuvent pas bouger, et d'autres, les électrons, qui sont mobiles. Les charges immobiles dans le fil et les électrons sont de signes contraires, ce qui veut tout simplement dire qu'ils s'attirent. Historiquement, le

choix des signes + et - pour les charges électriques n'a pas été heureux : il a été fait au hasard, à une époque où on ne savait pas bien ce qui se passait et les électrons ont hérité du signe négatif. On aurait pu faire aussi bien le choix inverse, et les choses auraient été plus simples à expliquer. Revenons à la question : Le sens positif pour le courant correspond à des charges positives qui se déplaceraient de la borne + vers la borne -, mais manque de chance, dans la réalité, ce sont des électrons qui vont de la borne - à la borne +. Les électrons ont donc des charges négatives, et se déplacent dans le sens contraire à celui du courant. Mais le "sens du courant" correspond uniquement à une convention qui permet de faire des calculs simples utilisant l'algèbre, et on ne doit pas changer la convention d'un jour à l'autre. On continuera donc à dire que le courant est dans un sens, quand les électrons vont dans l'autre".

Une deuxième réponse fait intervenir les vecteurs E (champ électrique) et F (force qui s'exerce sur une charge électrique) ainsi qu'une relation complexe comme $E = -\text{grad } V...$. Il faut noter qu'il est très exceptionnel de trouver ce type de réponse, les personnes ayant accepté d'être consultants ont en général été amenées à discuter avec des enseignants du primaire. La technique choisie par les modérateurs pour obtenir des réponses exprimées différemment est d'envoyer en même temps la question à quatre ou cinq scientifiques. Tous ne répondent pas forcément tout de suite, mais il n'est pas rare de trouver, sur le site, deux ou trois réponses à une seule et unique question.

B. Exemple d'un scientifique qui fait "la manip"

Question : *"Je souhaite montrer que l'eau conduit l'électricité en faisant un montage en série : pile 4,5 V ; ampoule 3,5 V et un verre d'eau. Cela ne marche pas, même avec 2 piles de 4,5V en série et de l'eau salée. Existe-t-il un moyen simple de démonstration ?"*

Réponse : *"La manip marche, mais en prenant quelques précautions : en effet, l'eau, même salée, n'est qu'un médiocre conducteur, c'est-à-dire que sa résistivité est très grande comparée à celle d'un*

1 Toutes les citations qui suivent sont extraites du site <http://www.inrp.fr/lamap/>

métal quelconque. Pour ne pas introduire une trop grande résistance, il faut faire en sorte que le "conducteur-eau" soit à la fois très court et de large section. Je viens de faire la manip, en employant un récipient en métal (un moule à soufflé) comme première électrode et comme seconde électrode un couvercle de boîte de conserve. Dans ces conditions, et en mettant 2cm de hauteur d'eau salée (50g/litre), je n'ai aucun problème pour allumer une ampoule de 2,5V avec une tension de 3V. Avec l'eau du robinet, je n'allume l'ampoule qu'en appliquant une tension de 12V. Avec de l'eau pure (distillée ou eau minérale très peu minéralisée), je suis convaincu qu'on n'allume rien. Cette manip a l'avantage de montrer l'énorme variation de conductivité entre différents conducteurs, ainsi que l'importance de la forme du conducteur sur sa résistance."

On voit, sur cet exemple, l'intérêt d'une telle réponse : tout d'abord, l'expérience suggérée a été effectivement réalisée par l'auteur et demande du matériel simple de la vie quotidienne, puis elle dégage des propriétés plus générales (ici non seulement la différence de conductivité entre différents matériaux, mais aussi la relation entre résistance d'un matériau, sa forme et sa conductivité).

C. Exemples de dialogues

1. Un enseignant pose la question suivante :

"Nous avons envoyé dans l'espace un ballon sonde avec une nacelle contenant notamment une petite bouteille d'eau salée. La nacelle a été récupérée et le récipient contenait tout le sel, cristallisé. Nous aimerions savoir si l'eau a pu bouillir pendant l'ascension (jusqu'à 25 km) sachant que la température décroît aussi."

Deux physiciens répondent, dont l'un donne les valeurs de la température de l'atmosphère en fonction de l'altitude. Un enseignant du primaire (un autre que celui qui a posé la question initiale) écrit alors : *"En lisant la réponse à X, concernant la cristallisation du sel à l'aide d'un ballon sonde, vous donnez des valeurs de température en fonction de l'altitude. Pourquoi la température remonte-t-elle après 40 000 m ?"*

Le scientifique concerné répond alors :

"En juin dernier, en transmettant les valeurs de la

température, je m'étais aussi demandé pourquoi celle-ci "remontait", car je n'ai pas de connaissances particulières en physique de l'atmosphère (sinon que c'est très compliqué !). J'ai laissé le problème en suspens... jusqu'à votre question qui m'a incité à consulter quelques livres. Donc, merci, j'en sais un peu plus !"
(Suit alors l'explication).

2. Un enseignant demande l'explication d'un phénomène (peu importe ici le phénomène). Un scientifique répond : *"Je pense que la réponse tient à la structure bien connue des cristaux de sel en "trémie"...".* Ce qui est intéressant, c'est que l'enseignant a ensuite demandé ce qu'est une structure en trémie et que le scientifique a évidemment immédiatement répondu.

3. Un enseignant pose la question suivante :

"Je dois illustrer dans une application multimédia le mouvement apparent du soleil. Pour cela, nous commençons par étudier ce mouvement et j'essaie d'utiliser la méthode d'investigation raisonnée (utilisation d'une boussole et d'un cadran solaire, etc.). Cependant je voudrais trouver un exercice où on pourrait comprendre que c'est en fait la rotation de la terre et la gravité qui nous donnent cette impression..."

Après avoir lu les réponses fournies par deux astronomes, ce même enseignant demande ensuite :

"Merci à X et à XX pour leurs réponses rapides et très détaillées. Veuillez m'excuser si ma question n'était pas claire mais, en fait, après avoir observé le mouvement apparent du soleil, je voulais expliquer que ceci était relatif et qu'en fait ce que l'on voit est dû à la rotation de la terre sur elle-même. Mais je ne savais pas répondre à la question éventuelle "Comment savez-vous qu'elle tourne sur elle-même ?". Étant donné l'énoncé de X "la rotation résulte de la combinaison d'une attraction ET d'une vitesse initiale perpendiculaire", je pensais donc, pour expliquer le mouvement de rotation sur elle-même, à défaut de ne pouvoir démontrer la vitesse initiale, leur expliquer la gravité ; mais ceci semble s'appliquer plutôt au mouvement de révolution. Ma question est donc : la rotation sur soi-même n'est-elle due qu'à une vitesse initiale (comme la toupie) ?"

Question à laquelle l'un des astronomes a immédiatement répondu.

Nous constatons, au travers de ces quelques exemples, qu'un véritable dialogue arrive à s'instaurer : les réponses fournies ne sont pas toujours du type "voilà l'explication, c'est ainsi", mais donnent des informations qui font réfléchir (exemple le dernier exemple cité) et permettent aux auteurs des questions de mieux préciser leur question initiale.

LES SCIENCES À L'ÉCOLE LES SCIENCES HORS L'ÉCOLE

L'opération *La main à la pâte* rencontre des associations ou des institutions qui visent, parallèlement à l'école, le développement de la culture scientifique, de la démarche d'investigation, de l'intérêt pour les sciences. Les enjeux ne sont pas les mêmes, les contraintes non plus puisque seule l'École a en charge la gestion des apprentissages, les mêmes pour tous, charge qui est confiée à des enseignants polyvalents.

C'est dans la clarté des missions de chacun que se sont construites un certain nombre d'interactions. Des lieux bien connus des médias comme La Cité des Sciences et de l'Industrie, le Palais de la Découverte ou plus récemment Explor@dome à Paris, Ebulliscience à Lyon sont des lieux où l'enfant vient en famille ou en groupe, et se trouve confronté à des objets, des phénomènes, des questions et incité à explorer, à chercher des explications. Ces lieux visent l'éveil de l'intérêt des visiteurs pour les sciences, le développement d'une démarche de questionnement et de recherche d'une réponse satisfaisante. D'autres associations comme "Graine de chimiste", "Les petits débrouillards", "L'Association Nationale Sciences et Techniques Jeunesse", etc., travaillent souvent en ateliers avec des objectifs d'acquisition de savoir-faire ou d'élaboration conceptuelle basée sur la manipulation. Les animateurs d'atelier disposent souvent, en plus d'une formation spécifique de gestion de groupes d'enfants, d'une formation scientifique, contrairement à bon nombre d'enseignants du primaire qui n'ont pas eu de formation scientifique.

LA MAIN À LA PÂTE AUJOURD'HUI

Le pilotage national de l'opération est actuellement assuré par un groupe national de pilotage qui rassemble des représentants des différentes instances impliquées dans cette opération : DESCO, Académie des sciences, INRP, Délégation interministérielle à la Ville (DIV), Direction de la technologie (DT), IUFM... Au niveau national, un certain nombre d'actions structurent le développement de l'opération :

■ Chaque année, depuis 1997, un prix La main à la pâte est décerné sous l'égide de l'Académie des sciences à des classes et écoles qui font faire des sciences à leurs élèves, (que ces classes ou écoles soient ou non impliquées officiellement dans l'opération). En 1997, onze prix ont été décernés et treize en 1998. Ces prix valorisent le travail des maîtres dans leur classe et permettent de dégager progressivement les caractéristiques du type de démarche souhaitée.

■ L'organisation, par l'INRP, la DESCO et l'Académie des sciences, du Colloque National à la Bibliothèque Nationale de France en janvier 1999. Ce colloque a rassemblé des enseignants du primaire, des inspecteurs, des formateurs IUFM, des scientifiques et des didacticiens. Des conférences plénières ont développé les enjeux des activités scientifiques à l'école. Puis quinze ateliers se sont tenus. Chacun de ces ateliers, animé par un formateur et un scientifique, a comporté le témoignage de deux enseignants du primaire pratiquant, autour d'un thème scientifique, une démarche de type *La main à la pâte*. Des actes du colloque paraîtront à la rentrée.

■ L'organisation (par la DT et l'INRP) d'une action de formation dans le cadre du plan national de formation à Nantes en 1998 et l'organisation (par l'INRP) de deux actions de formation en 1999-2000. Le premier était un plan national, les deux autres seront interacadémiques, accueillis dans un IUFM et regrouperont six départements. L'objectif de ces plans de formation est la constitution de réseaux locaux de personnes ressources disposant de compétences pour les activités scientifiques à l'école et pouvant communiquer via Internet. Les plans interacadémiques de l'année 1999-2000

s'adresseront à plusieurs personnes de chaque département de façon à créer un germe d'équipe. D'autres formations plus ciblées sur les IEN ou les formateurs IUFM pourraient être organisées.

■ Un nouvel appel à participation à l'opération doit être lancé par la DESCO pour la prochaine rentrée scolaire.

■ L'équipement informatique et la connexion des écoles à Internet se développent parallèlement sous l'impulsion de la Direction de la technologie et de la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR).

Le site *La main à la pâte* continue à se développer et à proposer des ressources évolutives. Le contenu du site sera mis à disposition sur cédéroms à la rentrée 1999 : les enseignants non connectés pourront ainsi avoir accès au site ou apprendre à naviguer "hors ligne", donc pour un coût moindre. A cette occasion, les activités proposées ont été reprises afin de favoriser la communication et le dialogue. Des sites locaux en interaction avec le site national devraient voir le jour prochainement.

■ Une mission qui vise à dresser le panorama de ce qui se fait actuellement et d'analyser les conditions de réussite de l'opération a été confiée à l'Inspection Générale.

Une des caractéristiques de cette opération est de laisser une large place à l'initiative locale qu'elle soit institutionnelle, associative ou commerciale. C'est ainsi que des groupes de pilotages départementaux commencent à voir le jour, groupes qui comprennent des inspecteurs, des IMF, des formateurs IUFM et des scientifiques, c'est ainsi que des centres de culture scientifique, technologique et industrielle (CCSTI) participent à l'opération dans certains départements. L'école des Mines de Nantes continue son action au niveau du département, une association de la banlieue lyonnaise (ADEMIR) s'est chargée de la traduction de documents américains et organise la fourniture de matériels pédagogiques, EDF a fourni du matériel aux écoles de la Seine-Saint-Denis impliquées dans l'opération, des éditeurs fabriquent livres et cédéroms, des entreprises proposent des malettes de matériel, etc.

L'OPÉRATION LA MAIN À LA PÂTE ET LA RECHERCHE

Actuellement, il y a peu de recherches directement liées à l'opération, ce qui n'est pas du tout étonnant : l'opération est encore trop jeune. Toutefois, un appel à associations a été lancé par l'INRP sur toute la France, appel auquel 21 IUFM ont répondu. Cet appel prévoit des recherches sur le cahier d'expériences (rôle et impact), les salles de sciences et la construction d'un langage commun pour les activités scientifiques afin de permettre une communication efficace entre producteurs et consommateurs de documents.

Il y aurait beaucoup de travaux à entreprendre, à l'occasion de cette aventure, mais là aussi, il reste beaucoup à faire et surtout à prévoir des recherches coopératives avec des partenaires ayant des cultures très différentes. En effet, les didacticiens des sciences sont sans aucun doute intéressés par ce qui se passe et se fait dans les classes *La main à la pâte*, mais également les didacticiens du français, les sociologues, les spécialistes de sciences de l'éducation, etc. Là, tout reste à faire.

Isabelle CATALA

*Chercheur, co-responsable du site
"La main à la pâte" - INRP*

Edith SALTIEL

Enseignant chercheur - INRP

BIBLIOGRAPHIE

CHARPAK, G. (1996). *La main à la pâte.*

Les sciences à l'école primaire. Paris : Flammarion.

LARCHER, C. et BOURDEAUX, S. (1997). *L'expérimentation de développement des sciences à l'école. La main à la pâte.* Rapport d'évaluation. Paris : INRP. 53 p.

LARCHER, C. (1997). *Projet d'expérimentation "Développement des activités scientifiques et technologiques à l'école élémentaire". Rapport sur les expérimentations nord-américaines et leur compatibilité avec le contexte français.* Paris : INRP. 94 p.

Bulletin de l'Union des Physiciens, n° 806, 1998.

CATALA, I., CHOMAT, A., JASMIN, D., LARCHER, C. et SALVIAT, B. (1998). *Atelier Nouveaux médias et formation : le site Internet "La main à la pâte"*. XX^{es} Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industrielles. Chamonix 23-27 Mars 1998.

JASMIN, D. et SALTIEL, E. (1998).

L'atelier "La main à la pâte", un site Internet pour

les enseignants, multimédia et réseaux, Actes des 9^e entretiens de la Villette. Paris : CNDP, p. 189-192.

CATALA, I. et JASMIN, D. (1998). La main à la pâte : le dispositif pour l'année 1997-1998. *Sciences et technologie à l'école. La main à la pâte, bilan de deux années d'expérimentation*. Paris : Delagrave ; Versailles : CRDP. 191 p.

ANNEXE

UN EXEMPLE D'ACCOMPAGNEMENT SCIENTIFIQUE DANS L'OPÉRATION "LA MAIN A LA PATE"

Élèves de l'École Polytechnique de la promotion X98 engagés pendant un an à plein temps dans l'opération "La main à la pâte" en Seine-Saint-Denis, notre expérience nous a conduits à ces quelques réflexions sur le rôle que peut jouer un accompagnateur scientifique dans cette opération.

L'opération "La main à la pâte" apporte de nombreuses originalités dans l'enseignement des sciences à l'école primaire qui résident surtout dans le soutien constant et actif des classes engagées dans cette démarche par un réseau de scientifiques (scientifiques confirmés, ingénieurs, élèves de grandes écoles, d'universités...).

Ce soutien se définit pour nous, avant tout, comme une *collaboration*, un *accompagnement*. Il n'a été en aucun cas question de se substituer à l'enseignant. Par contre, nous avons pu veiller à ce que la notion de démarche expérimentale soit au cœur de l'activité proposée par et aux élèves.

En pratique, nous avons travaillé principalement avec les enseignants. Dans la mesure du possible, nous nous sommes adaptés à leurs besoins : apporter à la classe un éclairage et un regard scientifique sur le travail effectué, qui ne vient en aucun cas bouleverser la stratégie pédagogique ou l'organisation interne et fonctionnelle de la classe dont l'enseignant reste seul maître.

QUELLES ONT ÉTÉ NOS PRINCIPALES MISSIONS ?

1. En amont

■ Apporter à l'enseignant les documents pédagogiques (Insights, fiches Internet...), scientifiques qu'il peut utiliser sur le thème abordé par la classe.

■ Répondre aux questions d'ordre scientifique éventuelles que l'enseignant se pose.

■ Guider l'enseignant dans l'élaboration de ses séquences :

- Recherche de situations-problèmes réelles, pertinentes et ne dissimulant qu'un seul concept scientifique à la fois.
- Mise en place d'un questionnement et d'une organisation de classe favorisant une pratique du type démarche expérimentale chez l'élève.

2. En classe

■ Aider d'un point de vue logistique au déroulement de la séance, à la réalisation des expériences.

■ Être une référence scientifique tangible qui constitue une présence rassurante pour les élèves et l'enseignant.

■ Lors de débats en classe entière, intervenir pour canaliser les discussions des élèves afin d'éviter que, de question en question, on n'arrive finalement nulle part (l'enseignant demeurant maître de sa classe, de sa discipline et de son organisation).

■ Lors de travaux par petits groupes, attirer l'attention des élèves sur ce qui peut les étonner, faire rebondir, faciliter la prise de parole de chacun, les aider dans la recherche d'expériences pertinentes et réalisables, et enfin solliciter la trace écrite sur chaque cahier d'expériences.

3. En aval

■ Faire le point avec l'enseignant sur le déroulement de la séance et sur sa conformité avec la démarche "main à la pâte" et sur les concepts scientifiques qui ont été abordés.

■ Attirer l'attention de l'enseignant sur les remarques ou questions des élèves sur lesquelles il conviendra de rebondir lors d'une séance ultérieure.

4. A long terme

■ Notre objectif est que les enseignants s'approprient la démarche "main à la pâte" et la pratiquent de façon autonome au quotidien.

Séverine JEULIN,

Audrey MOORES,

Paul FRANÇOIS

