Les sciences physiques à l'école quelques problèmes de formation

par Maurice BOTTIN et Serge NOVIKOFF
Professeurs d'École Normale - E.N.M. d'Aix-en-Provence

Après la création des IUFM, il semble utile de rappeler, pour les sciences physiques, ce qui existe à l'école élémentaire et d'en tirer quelques conséquences quant à la formation des professeurs d'école. On pourra consulter sur le sujet les IO de 79-80, 85 ainsi que le rapport Bergé (1989).

LES PRATIQUES DE L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE

Après un bref historique, nous présenterons les contenus actuels, les activités réalisées à l'école élémentaire et quelques questions parmi celles qui se posent. Les problèmes des représentations des enfants, sujet très vaste, méritent une étude exhaustive et ne seront pas évoqués ici.

Bref historique

Le survol d'un siècle d'instructions ministérielles relatives aux sciences physiques met en évidence le passage de la leçon de choses à la pédagogie de l'éveil. La leçon de choses, apport directif de connaissances et de méthodes à partir de l'environnement rural et urbain, a été remplacée par la pédagogie de l'éveil. Cette dernière, fondée sur la non directivité et l'expérimentation, devait permettre à l'enfant de construire son propre savoir. Schématiquement dans la pédagogie de l'éveil, le maître est invité à **faire expérimenter les élèves**, et même à les inciter à concevoir l'expérimentation répondant à une question scientifique posée ; lors des leçons de choses le maître devait **expérimenter devant les enfants** et leur faire interpréter ses expériences.

Contenus actuels

Depuis 1985, les programmes et instructions introduisent, à l'école

élémentaire, les sciences physiques dans la partie plus générale intitulée SCIENCES ET TECHNOLOGIE, auquel un volume horaire de 3 heures hebdomadaires est consacré.

Résumons les points essentiels abordés, en y ajoutant quelques commentaires destinés à montrer la cohérence de la progression. Le découpage de la scolarité en cycles, prévu en 1991, ne changera sans doute pas la structure globale.

Au CP, à côté du «monde du vivant» (biologie), les enfants étudient «Le monde des objets» ainsi que «Matières et matériaux». En travaillant sur les propriétés des matériaux et, à partir de manipulations, ils observent, classent, réalisent. Ils se familiarisent également avec le monde des objets technique par leur maniement et leur utilisation. Ils sont amenés à se servir d'objets usuels, tels l'appareil photographique et le magnétophone. L'informatique peut aussi être abordée par des manipulations de jouets programmables. Il s'agit là d'une sensibilisation débouchant sur un premier apprentissage méthodique.

On voit que les domaines Technologie et Sciences Physiques se chevauchent fortement. L'enseignant pourrait envisager de conclure ce programme par une comparaison entre le monde du vivant (animal d'élevage) et le monde des objets (petit jouet animé, «robot»).

Au CE, une différenciation disciplinaire commence à jouer. En ce qui concerne les sciences physiques, sont abordés :

- les états de la matière (en prenant pour exemples l'air et l'eau, éléments du vécu de l'enfant) et leurs transformations (le cycle de l'eau en étant une illustration). De nombreux maîtres abordent ce thème par la biais de la météorologie,
- les circuits électriques et l'idée de chaîne de conducteurs, prolongés par une étude de l'éclairage.

Au CM, le programme est beaucoup plus fourni. L'élève est confronté à des notions très actuelles :

- première familiarisation avec l'électronique et ses composants amenant les élèves à manipuler diodes, transistors et à rechercher leurs fonctions. Le sens du courant peut ainsi être mis en évidence,

- l'informatique : son développement dans la société, le système informatique (matériel et logiciel) et ses liens avec l'électronique. Des activités de programmation, dans une perspective logistique, sont proposées. L'étude des automates programmables et des robots est abordée,
- l'énergie : ses différentes sources, son utilisation, le problème des économies d'énergie,
- En liaison avec ce dernier thème, les moteurs, les transmissions et transformations de mouvements sont étudiées sous la rubrique «Mécanismes et électromécanismes».

Enfin une part importante est consacrée à l'astronomie qui suscite un grand intérêt à l'heure actuelle. Les élèves y étudient les repérages dans l'espace et dans le temps, les mouvements de la Terre expliquant les phénomènes des jours et des nuits et des saisons. L'« environnement astronomique» (Lune et ses phases, planètes) est également évoqué.

Intérêt de cet enseignement

Quels en sont les apports spécifiques ?

- Répondre aux besoins des enfants

Les jeunes enfants sont très curieux du monde physique qui les entoure et s'interrogent sur lui de façon pertinente. La réponse à ces questions nécessite une approche de nombreux sujets étudiés en physique (du circuit électrique aux transformations de la matière).

Ne pas prendre en compte ces besoins peut entraîner des conséquences graves (variables selon les individus) :

- « tuer» la curiosité scientifique chez certains enfants avec le risque, plus tard, de les «couper» de notre monde physico technique,
- amener certains élèves à se forger des représentations fortement erronées qui peuvent subsister plus tard. De nombreuses études ont montré que ces représentations tirées de l'enfance pouvaient ressurgir même chez des étudiants à un niveau élevé. Elles peuvent être mises en évidence en posant des questions hors du contexte universitaire traditionnel (ex : « Quelles forces s'exercent sur la balle d'un jongleur ?»).

Cette étude de problèmes physiques apparaît encore plus nécessaire, à une époque où la mode du paranormal est grande, citons deux exemples les plus classiques :

- le mot «magnétique», utilisé hors de tout contexte scientifique,
- la confusion fréquente entre astrologie et astronomie.

- **Éveiller à la culture scientifique**

L'enseignement de cette discipline permet à l'enfant de l'école élémentaire de s'éveiller aux sciences physiques et à ses méthodes, il construit un premier savoir déjà opératoire. Au collège, avant la suppression totalement injustifiée des sciences physiques en sixième et cinquième, ce travail était repris et débouchait sur un savoir plus structuré donnant une culture scientifique nécessaire à tout individu dans la vie moderne. Les sciences physiques, en effet, englobent de larges domaines (chimie, mécanique, optique, astrophysique, électricité et électronique...) et concernent notre environnement naturel et technique (météorologie, productions d'images et de sons, systèmes informatiques, énergie, pollutions...).

- **Contribuer à la formation générale**

Pour la formation des enfants, la mise en évidence des liens existant entre mathématiques et sciences physiques permet d'éviter certains blocages. De nombreux maîtres peuvent témoigner de l'importance des activités scientifiques en tant que «facteur débloquent» en mathématiques et en français. On peut remarquer que les trois volets de l'enseignement scientifique (biologie, physique, technologie) se complètent harmonieusement et ne sauraient donc être dissociés.

La formation intellectuelle de l'enfant passe par ces travaux mettant en relation activités manuelles, représentations, recherche de modèle explicatif, utilisation du langage adapté au problème qui se pose (mathématiques, français, dessin, schémas). La pratique des sciences ne peut qu'étayer les objectifs traditionnels de l'école, lire, écrire, compter.

Les sciences physiques, carrefour de nombreuses disciplines, jouent donc un rôle irremplaçable pour ces jeunes enfants. Le travail effectué dans des classes de niveaux plus élevés (seconde, première, terminale pour les élèves à vocation scientifique) ne peut remplacer ces activités préalables ; la physique risquerait alors d'être ressentie comme une simple application des mathématiques et de nombreuses représentations fausses pourraient demeurer.

Obstacles

Évoquons quelques obstacles réels ou supposés dans la pratique de cet enseignement, obstacles relatifs à l'enfant, aux enseignants et aux contraintes matérielles.

– On s'est souvent appuyé sur les travaux de PIAGET pour commencer tardivement l'enseignement des sciences physiques, le stade hypothético-déductif n'étant atteint que vers 13 ans. Or PIAGET, à partir de

travaux sur les phénomènes physiques, a montré que l'enfant passe nécessairement et dans un ordre déterminé par 3 stades d'accession à la connaissance. Les âges d'accès dépendent, en revanche, de l'individu et de son environnement. L'enseignement de l'école élémentaire, s'appuyant sur des faits concrets, favorisera l'accès au stade hypothético-déductif, tout en imprégnant l'élève d'une certaine culture scientifique et technique.

– Les maîtres manquent, en général, de formation scientifique et leur implication peut s'en ressentir. La formation en école normale, tout en palliant certains manques, ne pouvait suffire par son volume trop réduit ; d'ailleurs, certains n'en ont jamais bénéficiée.

– Sont aussi à résoudre de nombreux problèmes relatifs à la pratique d'un enseignement expérimental avec les contraintes qui s'y rattachent : préparation et choix du matériel, respect des règles de sécurité indispensables avec de jeunes enfants.

Facteurs favorables

Il existe cependant, de nombreux facteurs favorables :

– les enfants sont a priori enthousiastes pour toutes les activités touchant aux sciences, expériences et manipulations sont des points d'appui concrets permettant d'accéder à un début de connaissances ;

– l'environnement médiatique lié à l'actualité scientifique amène les enfants à se poser, de façon confuse, des questions que le maître par sa compétence devra transformer en problèmes scientifiques. Les livres de vulgarisation scientifique abondent dans les bibliothèques d'écoles (BCD) et sont consultés par les élèves ;

– la modernité des programmes actuels (électronique, informatique, partie astrophysique de l'astronomie, problèmes de l'énergie) ;

– les possibilités offertes par les techniques nouvelles de communication (audiovisuel, logiciels, interactifs).

Comment procède-t-on ?

A l'école, les enfants construiront leur savoir à partir d'activités : manipulations et expérimentations, travail sur documents, enquêtes, constructions et fabrications.

Le maître devra, pour un sujet donné, être capable de choisir l'activité qui permettra aux élèves l'acquisition de lois qualitatives.

Celles-ci donneront aux enfants un pouvoir de prévision dont il faudra saisir l'importance. Donnons quelques exemples non exhaustifs pour les différents cycles :

– Cycles des apprentissages fondamentaux :

Lire un thermomètre → notion de température → comment s'habiller.

– Fin du cycle des apprentissages fondamentaux, début du cycle des approfondissements :

Fabrication d'un glaçon → solidification de l'eau → protection de canalisations, antigel.

Fabriquons un circuit simple → chaîne de conducteurs → recherche de panne.

– Cycle des approfondissements :

Lire un calendrier → inégalité des jours et des nuits, les saisons, les phases de la Lune → recherche d'un modèle explicatif.

Physique et/ou Technologie

Remarquons que ces activités de sciences physiques peuvent donner lieu à des réalisations technologiques, citons :

– au cycle des apprentissages fondamentaux, voire au cycle suivant, le jeu des questions-réponses ou l'éclairage d'une maison de poupée pour la mise en œuvre des circuits électriques, la fabrication d'une girouette pour l'étude de l'air, la préparation de glaçons pour les changements d'états, la construction d'une maquette de balance, etc...

– au cycle des approfondissements, la réalisation d'un chariot à deux roues motrices (ou d'un manège) pour l'utilisation du moteur électrique et des systèmes de transmissions, le détecteur de niveau d'eau ou le détecteur de lumière, le testeur de conductibilité pour le transistor, le pilotage d'un chenillard par ordinateur...

Ces exemples de réalisations, choisis parmi les plus classiques, montrent que la frontière entre les deux disciplines n'est pas nette. Où commence la technologie et où finit la physique quand on se propose de construire un testeur de conductibilité à transistor(s) ? La polyvalence de l'instituteur lui permet d'assumer globalement un sujet donné sans se demander dans quel champ disciplinaire il se situe. Ce n'est plus le cas au collège et une entente préalable entre les enseignants apparaît donc souhaitable.

Il ne faut pas oublier, d'autre part, que l'enseignement de la physique, à l'école élémentaire et au collège, s'est appuyé sur l'analyse d'objets techniques pour amener les élèves à l'étude de phénomènes physiques (physique-technologie des années 70).

Pour conclure, mettons l'accent sur l'importance de l'enseignement scientifique à l'école élémentaire qui ne doit pas être mésestimée. Son rôle est irremplaçable dans la formation de l'enfant à un **moment privilégié** de curiosité intellectuelle. Nous ajouterons que, par son côté concret, il met en situation de succès des enfants «bloqués» par des disciplines comme le français ou les mathématiques. De nombreux maîtres pourraient témoigner du fait que les capacités acquises lors de ces activités, et la prise de confiance qui en a résulté, a permis pour beaucoup un «déblocage» salubre dans d'autres disciplines.

CONSÉQUENCES POUR LA FORMATION DES MAÎTRES

Les instituts de formation des maîtres (IUFM) ont été créés par l'article 17 de la loi du 10 juillet 1989. Ils ont pour mission de former à la fois les professeurs d'école (anciennement instituteurs) et les professeurs de l'enseignement secondaire. Trois IUFM expérimentaux ont vu le jour dès la rentrée 1990.

Avant leur lancement définitif, il est utile de faire le point sur l'enseignement des sciences physiques en école normale et sur ce qui pourrait être mis en œuvre pour les professeurs d'école. Pour les professeurs de l'enseignement secondaire, la problématique de leur formation se pose différemment, hormis quelques observations générales, nous ne traiterons pas ici de leur filière de formation.

Quelques remarques préalables

Le professeur d'école doit naturellement maîtriser son futur enseignement et donc dominer le programme de l'école élémentaire.

La formation didactique ne peut être acquise que si l'étudiant possède des **bases scientifiques solides**. Avec la nouvelle structure des IUFM, tous les étudiants sont recrutés au niveau d'une licence quelle qu'elle soit. Pour les futurs professeurs du second degré, les connaissances de base nécessaires à leur enseignement ont été acquises par l'obtention d'une licence disciplinaire, la formation à la didactique de la discipline en sera grandement facilitée en IUFM. Pour les pro-

fesseurs d'école, ce ne sera, en général, pas le cas (à moins d'une hypothétique création d'une licence de culture générale). Dans le passé, période où le D.E.U.G. seul était requis, rares étaient les étudiants scientifiques, il semble que cette situation ne puisse que s'aggraver.

Assurer la polyvalence

Dans l'ancienne formation assurant la **polyvalence** des futurs instituteurs, existait un enseignement scientifique et notamment un volet de sciences physiques qui comportait des contenus **notionnels** traitant notamment de la matière, de l'énergie, de la Terre et de l'Université, d'histoire des sciences et des contenus **didactiques**. Le volume horaire annuel de 40 heures déjà restreint pour assurer la formation didactique, était manifestement insuffisant pour l'étudiant non scientifique. Il serait donc souhaitable qu'un horaire plus important y soit consacré dans les IUFM en réalisant des parcours personnalisés, fonction des études antérieurs.

Face à ce public, de cursus très **hétérogène**, des réactions de rejet devant une présentation trop classique de la physique peuvent se produire. Il s'agit, en n'omettant pas d'utiliser l'outil mathématique, de donner une formation scientifique en partant de problèmes concrets et en tenant compte des représentations initiales de l'étudiant. Ce n'est qu'à ces conditions que le professeur d'école pourra dispenser à ses élèves une véritable initiation aux sciences et non une vulgarisation quelquefois inexacte.

Comment inciter cet étudiant (à 90 % d'origine non scientifique) à construire ces savoirs ?

En prenant conscience du savoir à enseigner aux élèves (S1) et des prolongements (questions d'enfants, leurs représentations, obstacles...), l'étudiant sentira le besoin de posséder des savoirs nécessaires de niveau plus élevé (S2).

D'où un schéma possible d'assise de la formation :

Prise de conscience de S1 → acquisition de S2 → action d'enseignement renforçant S1 et S2.

Proposons quelques entrées possibles que nous avons eu l'occasion d'expérimenter :

– l'emploi de documents scientifiques, en rapport avec l'actualité, ainsi que l'introduction d'éléments historiques. Ils permettent de susciter

l'intérêt d'un public non scientifique et de déboucher sur une demande d'expérimentations, d'apports de connaissances et de concepts essentiels ;

– l'utilisation de thèmes « fédérateurs » dont certains peuvent être empruntés au programme de l'école élémentaire. Ainsi, l'énergie permet d'aborder la mécanique, l'électricité, la physique nucléaire... un va-et-vient entre étude documentaire et exercices d'application consolide ces concepts essentiels ;

– des sujets interdisciplinaires qui pourraient être développés conjointement par des enseignants de champs disciplinaires différents ; citons :

- la mesure de grandeurs physiques (mathématiques, physique),
- la Terre (géologie et physique),
- l'environnement et la pollution (chimie, physique, biologie),
- le système solaire (astrophysique, géométrie, mécanique),
- systèmes automatisés (électronique, informatique).

Quels contenus en physique ?

Il apparaît donc indispensable qu'à côté de la formation de base commune à tous les enseignants (psycho-pédagogue, techniques modernes de communication...), le futur professeur d'école possède :

– un **savoir théorique** qui pourrait s'acquérir par l'étude de thèmes « fédérateurs » donnant lieu à des approfondissements,

– des **connaissances en didactique** des sciences abordées par le biais de sujets permettant un travail en école élémentaire,

– une **culture scientifique** personnelle le rendant capable à partir du vécu des enfants et de documents médiatiques divers, d'amener les élèves à se poser de vrais problèmes scientifiques,

– une connaissance des **obstacles épistémologiques** rencontrés par les élèves ; on pourra se référer, par exemple, aux études faites par PIAGET sur les conservations. Ces résultats ne peuvent être ignorés lors d'études sur la mesure,

– des notions d'histoire des sciences sur l'**évolution de quelques modèles explicatifs**, ce travail s'appuyant sur la réalisation et l'interprétation de grandes expériences historiques,

– une **culture informatique** lui permettant d'utiliser des outils, de se servir de banques de données et de saisir les liens existant entre les méthodes utilisées pour la programmation et celles de la physique et de la technologie,

– une maîtrise de quelques techniques élémentaires (recueillir un gaz, peser, rechercher une panne...) et une connaissance pratique d'**outils de la physique** (contrôleur, oscillographe, spectrographe, télescope, couple ordinateur-interface pour expérimentation assistée...).

Nous avons présenté quelques problèmes relatifs aux sciences quant à la formation des professeurs d'école, les solutions pratiquées dans les écoles normales, en collaboration avec l'enseignement supérieur pour certains modules, suggérant des pistes de travail. Il va de soi que d'autres entrées sont possibles ; nos propositions, tirées de notre expérience professionnelle, loin d'être exhaustives, ne constituent qu'une modeste réflexion sur cette question. L'enjeu est essentiel car il s'agit d'essayer de rapprocher le littéraire du scientifique.

CONCLUSION

Indispensable au développement intellectuel de l'enfant, une initiation aux sciences physiques nécessite, pour les professeurs d'école, l'acquisition d'éléments structurants, notamment ceux évoqués plus haut. On ne peut en faire l'économie sous couvert de la seule pédagogie générale.