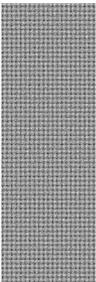


# COMPTES RENDUS D'INNOVATIONS



## L'enseignement scientifique et technique à l'école élémentaire

**Sophie ERNCT**

INRP  
29 Rue d'Ulm  
75230 Paris Cedex 05

### **Résumé**

*Trois types d'arguments, économiques, politiques, humanistes, plaident pour un renouveau de l'enseignement des sciences, qui doit s'adresser à tous et pas seulement à une élite, qui doit commencer dès l'école élémentaire et viser à donner une culture au double sens de système de représentation du monde et de formation de l'esprit. Les principes et les modalités d'une formation des professeurs d'école susceptible de répondre à ce défi ont été examinés lors d'un séminaire organisé par le Ministère de l'Éducation nationale et de la Culture.*

### **Abstract**

*The science teaching should be renovated for economical, political, and cultural reasons ; its goal is to reach every child and not only the best ones : this implies an early start at elementary school, and ultimately the build up of a culture, namely a certain representation of the world and structuration of the mind. Principles and forms of a primary school teachers' education likely to come up to this challenge have been examined during a seminary organized by the Ministère de l'Éducation nationale et de la Culture.*

**Un séminaire a rassemblé à la Cité des Sciences et de l'Industrie de La Villette**, les 18, 19, 20 Janvier 1993, deux cent cinquante personnes impliquées à des titres divers dans la formation initiale et continue des enseignants du premier degré. Cette session qui avait lieu sous l'égide du Ministère de l'Éducation nationale et de la Culture, à l'initiative conjointe de la Direction des Écoles et de la Direction des Enseignements supérieurs, avait pour sujet la culture scientifique et technique des maîtres d'école, et se proposait trois objectifs : amorcer une **réflexion de fond** sur le problème, constituer un **réseau d'échanges** entre formateurs, faire des **propositions d'actions** susceptibles d'améliorer la formation dans ce domaine.

Ces journées ont alterné des exposés par d'éminentes personnalités scientifiques et des séances de travail en petits groupes, et ont décliné plusieurs registres, du plus théorique au plus pragmatique : on a échangé des points de vue sur la nature et l'importance d'une éducation scientifique et technique, recensé ce qui se fait dans les IUFM et dans les circonscriptions, mis à plat les problèmes de la formation des maîtres en ces matières, défini des principes d'actions susceptibles d'insuffler une dynamique positive, et commencé à mettre en place des projets, pour lesquels le ministère proposait une aide financière. Les autorités politiques, administratives et scientifiques n'ont pas manqué d'apporter leur appui à cette initiative tout-à-fait nouvelle.

Nouvelle en ce que les transformations possibles ne sont plus pensées dans le cadre d'un système standardisé et hiérarchisé, où le changement diffuse à partir du centre par programmes et instructions, mais dans **une logique où les pôles de recherche, de ressources et d'innovations sont désormais multiples**, et où le rôle spécifique du niveau national serait de coordonner les efforts. Le ministère a signifié nettement une volonté de mobiliser les énergies en mettant en place ce **dispositif pluricatégoriel à deux niveaux et en réseau**, favorisant une large concertation. La communauté scientifique semble avoir pris conscience du problème. Etaient venus en témoigner MM. Edgar Morin, Pierre Richard, Pierre Léna, Pierre-Gilles de Gennes, Philippe Kourilsky, Jean-Marie Lehn. Leurs conférences ont tendu à dégager les principes d'un enseignement scientifique à l'école élémentaire : c'est de ce seul aspect dont je vais ici rendre compte.

## **1. POURQUOI FAUT-IL ENSEIGNER LES SCIENCES ET LA TECHNOLOGIE ?**

**Première raison, généralement bien admise, d'ordre économique** : l'industrie, l'équipement, les services reposent sur les applications de la recherche scientifique, elle-même organisée comme une production, et utilisent des technologies toujours plus sophistiquées. Les emplois tendent à être de plus en plus qualifiés, en termes de savoir scientifique et de compétence technolo-

gique, et exigent une capacité d'auto-formation qui permette de s'adapter à un renouvellement rapide des techniques. Ils requièrent donc une formation qui ait donné beaucoup de connaissances sans avoir étouffé l'inventivité et l'adaptabilité.

Or, le système scolaire actuel fonctionne de façon trop malthusienne sur la sélection d'une élite restreinte de bons élèves en maths, aptes à assimiler une masse de savoirs formels. Cette élite scolaire n'est pas toujours capable de retrouver l'esprit d'enfance, l'esprit de questionnement et d'expérience qui permet l'invention de solutions ingénieuses aux problèmes tant scientifiques que pratiques. Pierre-Gilles de Gennes a insisté sur la nécessité, dans les formations scientifiques, de garder **l'esprit d'étonnement et le sens du bricolage et de réhabiliter un sens pratique intuitif** que l'école a tendance à méconnaître, et qu'en tout cas l'instauration des mathématiques dites modernes a peu valorisé.

Une bonne formation de base aux sciences et techniques doit être donnée à tous pour que se dégage véritablement les talents requis par les besoins de la production, et cette formation doit mobiliser la large palette d'aptitudes dont les savants nous disent l'importance, bien au-delà de la seule intelligence déductive et de la docilité adolescente exigées par les sections scientifiques de prestige.

**Une deuxième série d'arguments**, d'une tout autre nature, plaide pour un renouveau de l'enseignement scientifique dans le cycle élémentaire.

Si la logique économique tend d'une part à la spécialisation des connaissances, d'autre part à la détention par quelques-uns de compétences rares, il faut pour des **raisons politiques** tendre à diminuer les effets de cette inégalité de savoir, et diffuser auprès du plus grand nombre les éléments d'une culture scientifique indispensable à l'exercice de la citoyenneté et à la sauvegarde de la liberté. L'argument était déjà celui de Condorcet, à une époque où la connaissance scientifique tenait encore dans les limites de la culture de *l'honnête homme*, comme l'a rappelé Edgar Morin. La dissociation advenue entre culture humaniste et culture scientifique, la très haute technicité de celle-ci, sa parcellisation poussée, rendent le problème à la fois plus ardu et plus aigu. La ténébreuse affaire du sang contaminé a montré le risque d'un pouvoir confisqué par les politiques et les experts. **Il faut que le savoir soit partagé pour que soit limité le pouvoir du savoir.**

Cette exigence démocratique d'une culture scientifique accessible à tous n'est pas excessive : il faudrait pourvoir chacun du minimum de compétences, et peut-être surtout de l'intérêt (mais les deux sont liés et se conditionnent mutuellement) qui permettrait de lire une revue ou de regarder une émission de vulgarisation.

### **Troisième raison, plus fondamentale et souvent oubliée, d'ordre éthique et culturel.**

S'en tenir à la seule fonctionnalité de l'école, ce serait réduire les êtres humains qu'on forme à produire, à utiliser, à réparer les machines, au rang de machines. L'humanité de l'homme exige que l'éducation vise en lui, bien au-delà de la nécessaire formation à un métier, l'accomplissement de ses facultés. L'école a donc à instruire pour élever chaque enfant à la dignité d'être humain. Et cette dignité est comprise, dans la tradition culturelle qui est la nôtre, comme autonomie de la personne à construire par la réflexion dans l'acquisition de savoirs.

La finalité propre de l'école est d'enseigner les savoirs, d'une manière non dogmatique, mais réflexive, non pas en vue des besoins de l'économie mais "pour l'honneur de l'esprit humain". Et l'honneur de l'école républicaine est de postuler que chaque enfant a droit à cette instruction, non pas en termes d'égalité des chances pour une sélection scolaire ouvrant à une mobilité sociale, mais en termes d'égalité du droit fondamental de chacun à accéder à une culture qui le grandit à ses propres yeux.

**Il faut donc enseigner les sciences et les technologies à tous dès l'école élémentaire parce qu'elles constituent une culture fondamentale.** Et ce, aux deux sens du mot culture - mode de vie d'une société, et perfectionnement de l'esprit.

Il appartient aux adultes de donner aux enfants des représentations du monde qui soient celles de *leur* monde : le nôtre est un monde connu par les sciences, façonné par les technologies qui en sont issues, et un monde qui change. Vivre ensemble dans ce monde commun, cela ne passe plus par des mythes religieux mais par ces savoirs communs, **qu'on ne doit pas laisser fonctionner comme des mythes.**

Car la vie sociale nous harcèle d'informations et nous baignons dans une idéologie à coloration scientifique ; et il faut bien s'apercevoir à quel point les sciences et les techniques, en tant qu'elles sont transmises par imprégnation ou socialisation, jouent un rôle irrationnel : on apprend à saluer la science sans la comprendre, tout comme au 17<sup>e</sup> siècle on s'inclinait devant le latin des médecins ou les bonnets carrés des magistrats. Les apparences de la scientificité servent de caution et donnent du pouvoir en dehors de toute compréhension rationnelle. L'excès même des informations apportées par les médias, leurs confusions et leurs simplifications parfois abusives imposent qu'on ait pris le temps, dès l'enfance, **d'organiser ces bruits divers en connaissances, avec ordre et méthode**, en construisant des savoirs élémentaires qui soient des savoirs fondamentaux donnant la capacité de **discerner entre science et simulacre de science** et permettant **l'acquisition ultérieure de toutes sortes de savoirs.**

Il importe de donner ces connaissances en montrant comment elles sont construites pour **former en même temps une exigence d'explication rationnelle** qui ne s'arrête ni à l'apparence ni à la première explication venue, qui sache poser le pourquoi et le comment sans s'abandonner à l'argument d'autorité.

## **2. POURQUOI ET COMMENT FAUT-IL ENSEIGNER LES SCIENCES DÈS L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE, ET MÊME DÈS LA MATERNELLE ?**

Les diverses théories des stades des psychologies de l'apprentissage ont mis en garde contre un formalisme précoce inaccessible aux petits. On ne peut sans doute pas enseigner les sciences n'importe comment, cela ne veut pas dire cependant qu'il ne faut pas les enseigner avec une démarche appropriée, plus fidèle d'ailleurs à leur esprit de sciences d'observation et d'expérience. Il est étonnant de constater que le piagetisme, comme vulgate, a fonctionné en freinant l'ambition éducative, comme si l'éducation ne devait surtout pas anticiper sur le développement.

S'il est un âge où l'on est avide des sciences de la nature, c'est bien celui de l'enfance. Il est bien dommage de commencer à étudier physique et chimie à l'adolescence, précisément à l'âge où les jeunes sont absorbés par la découverte d'eux-mêmes (de leur "fort" intérieur) et des phénomènes humains, plus intéressés par la psychologie ou l'éthique que par l'étude du monde physique. A deux ans on compare ce qui flotte et ce qui coule, à trois ans on est un physicien captivé par les objets techniques dont on s'applique à tester le fonctionnement, à huit ans on se pose les questions naïves et profondes qui sont celles-là mêmes de la science. Alors que les expériences sur l'électricité et le magnétisme du Palais de la Découverte ont fasciné des générations de bambins, au point que celles-ci font rituellement partie des biographies de savants, c'est seulement à quinze ans, quand il faudrait commencer à faire de la philosophie, qu'on se met à bachoter tristement sur des programmes exécrés de mécanique et d'électricité ! Il ne faut pas tant tarder à nourrir cette soif enfantine de connaissances scientifiques, qui vient de la fraîcheur du regard capable de s'étonner et d'exiger une réponse au pourquoi et au comment - ce que nous perdons en vieillissant avec la fréquentation des choses et l'habitude prise de les utiliser sans avoir besoin de les connaître.

### **Les sciences sont-elles "trop abstraites" pour les enfants ?**

La curiosité de l'enfant lui fait poser des questions naïves et néanmoins profondes, qui cachent les réponses sophistiquées que la science a élaborées au moyen d'une grande technicité, d'acquisition longue et ardue. Pierre Léna est parti de ce décalage, particulièrement sensible dans sa discipline, l'astro-

physique, pour tenter de définir la nature d'une initiation scientifique au niveau du Primaire.

Il a fait remarquer que si l'astronomie était devenue une science à partir du moment où l'on avait compris que le grand livre de l'univers était écrit en langage mathématique, cependant **la science s'écrit aussi en images et perceptions**. Celles-ci soutiennent l'intuition et donnent un contenu sensible aux mots qui disent le monde, aux notions, aux relations, aux thèses qui l'expliquent : ainsi se met en place **un système de représentation**, par lequel l'enfant se rapporte non pas à une masse d'expériences sensorielles brutes mais à un **monde naturel qui est celui de sa culture**. La Terre est-elle plate ou ronde ? C'est-à-dire, en fin de compte, est-ce qu'on tombe au bout ? L'idée d'une Terre ronde, troublante et paradoxale pour le sens commun (comment peut-on être antipodiste !), n'a été véritablement acceptée qu'après la diffusion des images de la Terre vue de la Lune.

Au niveau de l'école élémentaire, on laissera de côté l'aspect mathématique, qui prendra toute sa place ultérieurement, et une place sans doute mieux comprise si d'abord la physique a été réellement perçue pour ce qu'elle est : un effort pour connaître les secrets de la nature, pour **rendre raison des paradoxes**. Car il faut dépasser les premières évidences sensibles dès lors qu'une autre expérience, sensible elle aussi, met en question l'évidence immédiate en lui opposant une certitude contradictoire : le travail scientifique substitue une expérience probante, parce que construite, à l'expérience commune qu'elle contredit. Au niveau élémentaire, on n'ira pas au delà de **l'émergence de la question et de la construction intuitive - mais raisonnée - du système de représentation**. Mais c'est déjà beaucoup si on donne aux enfants cette perspective d'*erreurs rectifiées* qui caractérise, selon Bachelard, la pensée scientifique, ainsi que le sens d'une question bien posée.

Car s'il est prématuré d'enseigner les sciences aux enfants sous leur forme achevée, hautement abstraite et éloignée de l'expérience commune du monde vécu, il n'est pas trop tôt pour leur apprendre à penser, apprendre à juger, apprendre à abstraire, en apprivoisant la notion que la réalité est autre que l'opinion et l'apparence, et que l'esprit peut dépasser ses premières intuitions en élaborant les données phénoménales.

Il faut enseigner les sciences parce qu'elles sont à la base de notre culture, au sens anglo-saxon de mode de vie et de représentation, et donc enseigner leurs résultats : la somme des représentations de la nature, de la matière, de la vie qu'elles ont établies et qui en tant que telles véhiculent une philosophie déterministe. Il est important que les enfants sachent ce que c'est que la pluie ou la neige, que la terre est ronde et qu'elle tourne autour du soleil ! Et ils ne le sauraient pas avec certitude, s'ils ne l'avaient appris en apprenant en même temps comment ces savoirs ont été acquis, par quelles preuves, par quelles expériences ; il faut donc enseigner ces résultats non comme des données à croire, mais **comme des résultats produits par des méthodes**.

On doit alors noter qu'**introduire les enfants dans cette culture, au sens de représentation du monde, exige donc que les sciences soient aussi enseignées comme une culture, au sens latin de formation de l'esprit** : on apprend par la pratique scientifique à observer et à s'étonner, à rendre raison des faits observés par des causes qui ne sont pas apparentes, on apprend à fabriquer des modèles explicatifs et à les éprouver par des expériences, on apprend à rendre compte d'un fonctionnement en termes de structure... A ne rien admettre par argument d'autorité, mais par raison et observation, expérimentation et vérification. On apprend que pour connaître, il faut imaginer en liberté et réfuter avec rigueur.

Eveiller et exercer l'intelligence, si l'on admet que c'est une des visées de l'éducation, consiste entre autres à faciliter la **représentation** et la **modélisation**, par laquelle on opère une simplification du réel qui est une abstraction : abs-traire, c'est tirer de la plénitude confuse du concret quelques traits caractéristiques. Les sciences ne sont pas "trop abstraites" pour les enfants : elles forment leur capacité à forger de bonnes abstractions et à user d'une langue précise.

Cela se fait par le **travail des mots** : on apprend à décrire avec justesse, à raisonner de façon valide, à argumenter avec rigueur et finesse. Par le **travail du schéma, du plan, du dessin, de la maquette**, on repère un ordre dans les choses. Il est important de faire comprendre très tôt aux enfants, et la maternelle n'est pas trop tôt, que l'on se rapporte au monde par des représentations diverses qu'il faut savoir maîtriser, et pouvoir compléter l'une par l'autre. Ce qu'on déplore en parlant incorrectement d'abstraction, c'est le formalisme de l'enseignement scientifique tel qu'il se pratique souvent : formel parce qu'il expose les théories achevées en s'épargnant tout le préalable de construction de l'interrogation et le travail d'élaboration des données phénoménales, par lequel s'opère une **modélisation comprise comme un processus dynamique**.

Si l'on veut enseigner les sciences non comme une somme de résultats, mais comme une formation de l'esprit de façon à en faire une culture, il faut se donner les moyens de les enseigner comme des théories construites par observation, modélisation et expérience. Cela demande tout d'abord de prendre du temps, **tout le temps nécessaire au déploiement d'une expérimentation**. Et dans une démarche réellement hypothétique, on se sera aussi fourvoyé dans des voies sans issue. Du point de vue de la formation intellectuelle, il est essentiel que l'enseignement scientifique laisse sa part au tâtonnement et permette à l'erreur de suivre sa propre logique. Il y a longtemps que l'épistémologie a établi qu'une expérience qui fermait une possibilité et infirmait une théorie était précisément une bonne expérience - une réfutation d'hypothèse. Cela va contre le point de vue spontané de l'enfant, qui n'est content que si ça marche : d'ailleurs, la pédagogie des sciences au lycée le confirmera dans cette conception, en ne lui proposant jamais que des expériences au ré-

sultat attendu, qui confirment la théorie. C'est ainsi que l'enseignement des sciences, tel qu'il est pratiqué, forme quelques très bons élèves, et aux autres impose l'imaginaire d'une science infaillible. Il y a une manière de transmettre du vrai qui ouvre à un rapport superstitieux au présumé vrai.

Pour que les enfants acceptent le ralentissement de leur hâte à vouloir conclure, il faut que ce temps de détour soit un temps riche où l'on ne fait pas n'importe quoi, mais où l'on observe avec efficacité parce qu'on sait quelles sont les questions qu'on se pose. Il faut, pour qu'une expérience intéresse, qu'elle soit entièrement raisonnée et **insérée dans une argumentation**. Il faut faire confiance aux savants en herbe, et se convaincre qu'ils vont aimer ce pouvoir de la pensée : aller au devant du réel. On pourrait dire que les sciences enseignées ne sont si peu empiriques que parce que les expériences pratiquées en classe ne sont pas raisonnées.

Car s'agissant de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école élémentaire, il faut préciser ce qu'on entend par manipulation. Il y a dans le monde enseignant, dans les vulgates pédagogiques diffuses dans la profession, ce qu'il faut bien appeler une idéologie de la manipulation, qui est un inductivisme borné et qui n'a plus grand chose à voir ni avec ce que les scientifiques appellent une "manip", ni avec les théories de Piaget. L'enfant est ainsi supposé "construire son savoir", par des manipulations au sens littéral du terme : en prenant les choses dans ses mains. Un temps de manipulation "préalable" est laissé à l'enfant, pour qu'il se "sensibilise" : il manipule, livré à lui-même, puis on fait le tour des opinions, simplement recensées, pas travaillées (encore heureux si l'on ne fait pas voter, histoire de faire en même temps de l'éducation civique), enfin le maître assène le savoir scientifique juste. On juxtapose ainsi un "faire" à l'état brut, privé de direction et d'élaboration, et un exposé dogmatique inconscient de son propre dogmatisme - puisque l'enfant a été "mis en situation de recherche".

Une pédagogie qui reconnaît l'erreur comme une façon de cheminer pour accéder au vrai nécessite beaucoup de connaissances chez l'enseignant. "Il faut mettre les enfants en situation de recherche, leur laisser le droit à l'erreur" : ces excellents principes pédagogiques sont des slogans dangereux quand le maître, par défaut de connaissances, ne sait pas pour sa part où les enfants vont quand ils tâtonnent, et ce qu'ils cherchent quand ils manipulent. L'enseignement des sciences et de la technologie exige donc une culture scientifique des maîtres d'école, qui comprenne à la fois des connaissances, la maîtrise des méthodes par lesquelles s'acquièrent les connaissances et de l'épistémologie. Comment favoriser l'acquisition de cette culture, sachant que les futurs maîtres n'ont suivi que très rarement des cursus scientifiques, tel est l'ardu problème auquel ont travaillé les ateliers de ce séminaire.