

Avec *La main à la pâte*, rénover l'enseignement des sciences

Voici dix ans de cela, en France, une action vigoureuse, conduite depuis l'Académie des sciences avec de multiples partenaires, a entrepris la rénovation de l'enseignement scientifique et technologique à l'école primaire. Le succès a rapidement conduit à associer à cette initiative de nombreux pays, d'abord non-européens, puis européens. Aujourd'hui, c'est au collège – maillon faible de notre système éducatif – qu'un nouveau chantier s'ouvre, pour y décroisser l'enseignement scientifique, rapprocher science et technologie et améliorer la perception erronée qu'en ont trop souvent les élèves.

par **Pierre LÉNA**

Professeur émérite à l'Université Denis-Diderot Paris 7
Membre de l'Académie des sciences et délégué à l'éducation et la formation

INTRODUCTION (1)

N'y a-t-il pas, aujourd'hui, une dose certaine de naïveté à croire qu'une rénovation de l'enseignement des sciences, à l'école et au collège, puisse contribuer au « libre exercice de la citoyenneté » (loi de programmation pour l'avenir de l'école, avril 2005) et au recul des intolérances ? Car notre monde, déchiré de violence, semble parfois nous offrir, ces temps-ci, plus de sujets de désespérance que de raisons d'espérer. Beaucoup alors se tournent vers l'école, et souhaitent pour elle un retour vers le passé, paré de toutes les couleurs d'un âge d'or révolu et regretté. Autorité et compétence quasi infaillible des maîtres, enfants disciplinés et respectueux du savoir, méthodes éprouvées d'un apprentissage centré sur le « lire-écrire-compter » sont autant de requêtes, voire d'injonctions, adressées à notre système éducatif. Ce retour au passé n'a pas été le choix de *La main à la pâte*.

Sans aucunement nier l'importance de ces facteurs – autorité, respect, compétence, qualité de la langue – pour une éducation réussie, nous avons fait le pari que chaque génération devait repenser la façon de transmettre sa culture à celle qui la suit et que, pour partie, cette tâche nous incombait. Scientifiques, ingénieurs, il nous a donc fallu réfléchir aux valeurs portées par l'activité scientifique, à notre mode contemporain de travail et d'assimilation des informations innombrables qui nous entourent, aux raisons profondes qui, dans le monde d'aujourd'hui, plaignent pour initier les enfants à la science [2]. Ces sciences, ces techniques... qui façonnent notre monde, pour le meilleur bien souvent, pour le pire parfois.

(1) Cette introduction reprend une partie d'un éditorial de la revue *Talents des mines* (numéro spécial publié à l'occasion du dixième anniversaire de *La main à la pâte*). L'auteur remercie cette revue pour son autorisation de reproduire ici partiellement ce texte. Voir [1].

L'AVENTURE DE LA MAIN À LA PÂTE (2)

En 1996, rassemblé autour de Georges Charpak, qui venait de recevoir son prix Nobel de physique en 1992, un petit groupe de membres de l'Académie des sciences faisait le constat d'un abandon quasi total de l'enseignement scientifique à l'école primaire, en France, en dépit des programmes qui le prescrivait. Pour un pays qui avait vu, moins d'un siècle auparavant, la *leçon de choses* accompagner la naissance de la scolarité primaire obligatoire, le constat était attristant. Nous découvrons aussi, dans les ghettos de Chicago, la mise en œuvre d'une pédagogie active qui révélait à eux-mêmes des enfants socialement et culturellement abandonnés, et les ramenait à l'école. Cette pédagogie, dite d'investigation (*inquiry*, en anglais), s'inscrivait d'ailleurs dans la lignée des Montessori, Freinet et autres promoteurs, en France, de l'école nouvelle et des méthodes actives. Sous le nom de *La main à la pâte*, nous allions la mettre en œuvre en France [4], en retrouvant ses racines trop oubliées, en mettant en valeur le questionnement des enfants, la réalisation active d'expériences et d'observations par ceux-ci – et non exclusivement par le maître – l'élaboration d'hypothèses, le lien avec l'apprentissage du français autour d'une expression correcte requise par la science, à l'écrit comme à l'oral (3). En somme, «faire de la science» et non pas seulement «apprendre» de la science (cet apprentissage en découle, bien entendu).

Chez nous, le cœur du problème était double : d'une part, les professeurs des écoles (autrefois appelés instituteurs) craignaient d'enseigner les sciences, surtout d'une façon expérimentale ; d'autre part, les instructions officielles s'étaient recentrées, depuis 1985, sur les fondamentaux «lire, écrire, compter», sans trop se préoccuper du lien entre cet objectif et d'autres apprentissages, qui contribuent à leur donner contenu et sens. Nous n'ignorions pas les multiples actions périscolaires qui voulaient remédier à cet état de choses (4). Mais comment se résigner à l'absence de l'école, alors que le rôle de celle-ci est de construire, dans la longue durée, l'indispensable structuration de la pensée, sur laquelle il est possible de bâtir, ensuite, au collège et au lycée, des connaissances solides et le choix d'un métier ?

Nous mîmes donc progressivement en place de multiples dispositifs d'accompagnement des maîtres, soutenus dès le début par des écoles d'ingénieurs – INSA de

Lyon, Ecole polytechnique, Ecole des mines de Nantes – qui voyaient là, pour leurs étudiants, une obligation concrète d'explicitier leurs connaissances et un puissant moyen de contact avec la réalité sociale – notamment dans les zones d'éducation prioritaire (ZEP). Nous collaborions aussi avec le ministère de l'Éducation nationale, lorsque celui-ci prépara de nouveaux programmes (5) pour l'école primaire, publiés en 2002. Les progrès demeurent lents : aujourd'hui, dix ans après le lancement, c'est à peine plus d'un tiers des professeurs des écoles (6), en France, qui mettent en œuvre un enseignement des sciences. Mais il faut se réjouir du fait que la qualité de cet enseignement s'est grandement améliorée, nombre d'écoles étant désormais dotées notamment de matériel expérimental et de documents facilitant aux maîtres la pédagogie souhaitée.

Nul discours ne remplace l'observation d'une classe où cette pédagogie se pratique. On y mesure véritablement combien il est juste de qualifier cet âge – entre cinq et douze ans – d'«âge d'or» de la curiosité. «Chic ! maîtresse ; on fait sciences, aujourd'hui !». Regards attentifs, doigts agiles à manipuler, questions qui fusent, arguments échangés par petits groupes... manifestent le rapport intense que guide le maître et qui s'établit entre l'enfant et les phénomènes de la nature, ce grand livre que déchiffre la science.

AU-DELÀ DE NOS FRONTIÈRES

Nous n'avons pu faire cela tout seuls : dans un contexte de diversité et d'interdépendance des cultures, dans la recherche de critères éthiques universels, notre entreprise menée depuis dix ans, en un dialogue constant (7) avec les quatre coins du monde – du Brésil à la Chine, d'Haïti à l'Afghanistan, de la Palestine à Israël – nous a amenés à constater – partout – que chacun était, bon gré mal gré, contraint de faire ce même effort et de repenser la façon de transmettre sa culture (8). De par le monde, ce sont plus de 200 millions d'enfants qui ne

(2) Cette aventure, et ses perspectives, sont décrites en détail dans l'ouvrage [3] de G. Charpak, P. Léna & Y. Quéré, *L'Enfant et la Science. L'aventure de La main à la pâte*, paru en 2005 chez Odile Jacob, Paris. Nous ne faisons ici qu'un bref survol de cette vaste entreprise.

(3) Les *Dix principes* de *La main à la pâte*, publiés en 1998, résumés sous une forme condensée et accessible à tous les enseignants les modalités de mise en œuvre de cette pédagogie.

(4) Par exemple, l'excellente action de l'association *Les Petits Débrouillards*, présentée dans ce numéro, ou encore le rôle des musées et centres de culture scientifique (CCSTI).

(5) Un groupe de travail, organisé par l'immunologiste et académicien Jean-François Bach, ainsi que l'inspecteur général de l'éducation nationale Jean-Pierre Sarmant, conduisit la réflexion sur les sciences et prépara ces nouveaux programmes.

(6) Ils sont 320 000 en France, dans l'ensemble du public et du privé, si l'on inclut les classes de maternelle.

(7) Nous publions en 2007 un inventaire assez complet des actions de *La main à la pâte* dans le monde, depuis l'année 2000. Ce document, réalisé grâce au concours de la Direction des relations européennes, internationales et de coopération (DREIC) du ministère de l'éducation nationale, est disponible sur le site www.lamap.fr.

(8) On pourra lire, à ce sujet, les Actes [4] du Colloque organisé par les Académies pontificales des sciences d'une part, des sciences sociales de l'autre, en novembre 2005, *Globalisation and education*, (coord. par M. Sanchez-Sorondo, E. Malinvaud & P. Léna), à paraître, De Gruyter, Berlin, 2007. Ils font suite à un précédent colloque sur le même sujet [5]. (www.vatican.va/roman_curia/pontifical_academies/acdsien/)

sont pas scolarisés ; les migrations entre nations ou au sein des grands pays rompent des équilibres séculaires dans la transmission de l'identité et du savoir, l'explosion des connaissances paraît en réserver l'acquisition et la maîtrise au petit nombre ; l'uniformité culturelle et mercantile menace. Ces urgences, nous les avons partout rencontrées, et partout nous avons perçu combien les principes simples – certains disent naïfs – de *La main à la pâte* sont porteurs de changement, pour peu qu'ils soient appliqués. « Lire, écrire, compter » fut l'objectif du siècle écoulé pour l'éducation de base : il demeure indispensable et plus que jamais nécessaire, mais il ne suffit plus. « Lire, écrire, compter, raisonner », tel est désormais le mot d'ordre qui doit guider l'éducation de base, tant la complexité du monde, le rôle qu'y jouent science et technique requièrent de chacun d'user de sa raison et, donc, d'en avoir appris le bon usage.

En 2000, l'Union européenne s'est donné pour objectif de devenir, sous dix ans, la « société de la connaissance la plus avancée du monde », société dans laquelle sciences et techniques jouent un rôle croissant, qu'il s'agisse de santé, de démographie, de climat, d'énergie, d'alimentation, de communication. Enoncer une telle ambition pour l'Europe est vertueux, comprendre que sa réalisation dépend de façon décisive de la qualité de notre éducation coule de source ; mettre en œuvre les profonds changements requis pour l'atteindre est, en revanche, une tâche immense. Comment réussir pour l'éducation, qui relève toujours des Etats (9), ce que l'Europe a réussi pour l'espace avec l'Agence spatiale européenne, pour la physique avec le Cern, pour l'industrie avec Airbus ? Depuis peu d'années, de multiples et excellents rapports [5, 6, 7] analysent les carences et font progresser l'idée qu'une rénovation de l'enseignement scientifique demande des actions concertées et fortes, s'appuyant sur la communauté des chercheurs et des ingénieurs, souvent rassemblés dans leurs Académies – cette même communauté qui a su construire les réussites que nous venons de citer.

Il est très remarquable d'observer le consensus, quasi mondial, qui s'est bâti depuis peu, notamment au sein du réseau des Académies des sciences et chez de nombreux éducateurs, autour des principes pédagogiques que *La main à la pâte*, comme bien d'autres de par le monde, a expérimentés et qu'elle met en œuvre [8]. Ainsi, en Europe, sur ces bases, il fut aisé de rassembler douze pays au sein d'un projet, *Pollen*, qui se propose, entre 2006 et 2009, de choisir douze villes, dites pépinières (*seed cities*), où a commencé à se mettre en place,

(9) L'application du principe de subsidiarité ne fait pas entrer l'éducation, et singulièrement celle des établissements primaires et secondaires, dans le champ de compétence de l'Union. Le traité Constitutionnel actuellement en discussion, et qui fut rejeté par la France en 2005, ne modifie pas cet état de choses.

(10) Voir www.pollen-europa.net. En France, la ville retenue est Saint-Etienne, la mise en œuvre s'appuyant fortement sur l'École des Mines de cette ville.

avec le soutien de fonds européens, un enseignement scientifique rénové (10). S'appuyant sur les principes de l'investigation, associant de multiples partenaires, ces villes peuvent devenir, dans chacun de ces pays, des prototypes en vue d'une extension ultérieure. Ce n'est qu'une première étape – significative, mais encore modeste, en regard de l'ampleur du problème. L'Union actuelle compte sans doute plus de deux millions de maîtres de l'école primaire, et il est étonnant de constater, au travers de cultures scolaires et pédagogiques très diverses, combien sont communs les obstacles que ces maîtres rencontrent lorsqu'il s'agit, à ce niveau élémentaire, d'enseigner la science autrement que par une transmission verticale du savoir, c'est-à-dire sans cet échange « à trois » – élève, maître, nature – qui caractérise si bien la pédagogie d'investigation.

VERS LE COLLÈGE

Depuis plusieurs années, les médias, les institutions, se faisant l'écho d'une « désaffection pour les études scientifiques », tirent le signal d'alarme. Le propos du présent article n'est pas d'analyser cette question, et moins encore d'examiner les remèdes qu'il conviendrait d'apporter en France. Signalons simplement des travaux récents [9, 10], qui éclairent le débat, grâce à l'analyse soignée qu'ils font des modifications sociologiques profondes dans l'évolution des baccalauréats depuis 1995, de l'évolution des stratégies des jeunes dans leur insertion professionnelle, autant que de l'image de la science et de la technique chez ceux-ci [11].

Limitons-nous, ici, à une question précise : les quatre années de collège, de la 6^e à la 3^e, qui terminent la scolarité obligatoire en France et proposent à une classe d'âge entière un même programme (*le collège unique*), contribuent-elles à construire chez les jeunes (filles ou garçons) et dans leurs familles une image positive de la science et de la technique ? Trouvent-ils, dans ces études, l'intérêt qui les conduira à s'orienter joyeusement vers les métiers auxquels elles ouvrent ? Hélas ! Il est à craindre que la réponse à ces questions ne soit guère positive. Notre collège unique offre une voie assez sûre à une petite minorité de ces jeunes maîtrisant les mathématiques, qui seront plus tard admis dans les sections S (sciences) ou STI (sciences et techniques industrielles) des lycées. Mais il détourne le plus grand nombre des élèves de l'intérêt de la science, comme le montre une étude récente de l'Inspection générale, soulignant l'ennui généré par la physique-chimie au collège [12]. Si l'on ajoute, à ce constat, la médiocrité (11) de ce qui est enseigné sous le nom de « technolo-

(11) Il est hors de question, bien sûr, de mettre ici en cause le dévouement individuel ou les aptitudes professionnelles des professeurs chargés de cet enseignement. Il s'agit bien davantage des contenus enseignés et – plus profondément, encore – de la conception de la technique qui les sous-tend.



Un lancer de pendule à angle fixé. Catherine Lavergne, École annexe de Tulle.

gie» dans ces mêmes classes, on ne s'étonnera guère du vécu fort négatif qu'éprouvent les élèves orientés en fin de 3^e hors du lycée général, vers le technologique ou le professionnel. Comment transforme-t-on ainsi, en peu d'années, ces enfants passionnés de science que révèle sans peine *La main à la pâte* en adolescents dépourvus d'enthousiasme ? C'est ce qu'il nous faut désormais comprendre, sans perdre de vue que, là encore, la France ne se singularise pas totalement : l'analyse de la place des sciences dans les *comprehensive schools* anglaises a conduit nos voisins à mettre en place, depuis 2005, une réforme progressive des cursus (12). Un semblable constat de désintérêt progressif, chez les adolescents d'Europe, est formulé dans le rapport Gago déjà cité [6]. Et les expériences pour tenter d'y remédier (13) sont également répandues en Europe.

En y regardant de plus près, la difficulté à résoudre apparaît clairement. Parce que sciences et techniques sont omniprésentes dans le fonctionnement de nos sociétés, il est jugé indispensable, à juste titre, d'en faire un élément solide de la formation donnée à tous les futurs citoyens, avant la fin de leur scolarité obligatoire. Mais parce que sciences et techniques sont des facteurs décisifs du développement économique et de l'indépendance nationale ou européenne, il est également impératif de former des techniciens, des ingénieurs et des chercheurs en nombre, et de qualité, en donnant, dès le collège, de solides fondements pour les études futures. Or, ces deux ambitions sont quelque peu contradictoires, ne serait-ce qu'en raison de la place différente qu'elles donnent aux mathématiques, ou par la

(12) Voir *Twenty-First Century Science*, le programme élaboré et désormais mis en œuvre par la Nuffield Foundation, bien connue pour la vigueur de sa réflexion et de ses propositions dans le domaine de la pédagogie des sciences (www.nuffieldfoundation.org).

(13) Notons ici la mission confiée (fin 2006) au député européen Michel Rocard : *La Commission européenne se tourne vers des experts pour encourager l'enseignement des sciences* : Communiqué de presse, Commission européenne, 27-11-2006.

difficulté réelle – abstraction, langage – que présente une formation scientifique, comparée à d'autres voies. Concilier les deux objectifs, dans une scolarité posée a priori identique pour tous, voilà ce qu'échoue à faire l'actuel *collège unique*. Un *collège commun* (14), à l'image du socle commun en cours de mise en place (en France), pourrait à la fois donner à tous les futurs citoyens une vision juste et attrayante de la science, puis s'enrichir d'options préparant les uns plutôt à la science, les autres plutôt à la technique, et d'autres encore à des voies différentes. Ce grand chantier n'a pas encore été ouvert, dans notre pays : il est grand temps de l'envisager.

Mais c'est avec bien plus de modestie que les promoteurs de *La main à la pâte*, toujours soutenus par l'Académie des sciences (15), ont engagé en 2006 dans une vingtaine de collèges, répartis sur l'ensemble du territoire, une expérimentation nouvelle, en classe de 6^e. Il s'agit d'atténuer la brutalité de la transition entre école et collège, qui fait passer les élèves d'un seul enseignant polyvalent à plus de dix enseignants étroitement disciplinaires. Mais il s'agit surtout de donner aux professeurs de science et technologie l'occasion d'un enseignement où les élèves perçoivent mieux l'unité des sciences – celle de l'attitude intellectuelle qui entretient entre elles les sciences et les techniques. La mise en œuvre d'une démarche d'investigation est facilitée par un enseignement intégré, assuré pendant tout ou partie de l'année par un professeur unique disposant de plages horaires plus importantes et plus souples, ce qui facilite le travail en groupe (16). Dans quelques mois, les premières conclusions de cette expérimentation (qui sera poursuivie en 2007-2008 en classe de 5^e) pourront être tirées.

CONCLUSION

Le chantier est à peine ouvert. La décennie écoulée nous a appris que notre vieille Education nationale pouvait bouger, pour peu que des forces extérieures s'y appliquent. Pourtant, plus de la moitié des enfants de France, dans leurs écoles primaires, ne « font » pas encore de science – au sens où l'on n'« apprend » pas seulement la musique, mais on en « fait » – tant de maîtres pensant encore que « ce n'est pas à eux de l'enseigner ».

(14) J'emprunte cette expression – fort heureuse – de *collège commun* à Jacques Friedel.

(15) Laquelle a signé, en 2005, une convention triennale de coopération avec le Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. Celle-ci comprend notamment le développement depuis fin 2006 d'une expérimentation au collège, appelée *Dans le sillage de La main à la pâte*. Elle concerne les trois disciplines : physique & chimie, sciences de la vie et de la Terre, technologie, et elle entend progressivement s'appuyer sur les mathématiques et le français.

(16) On peut suivre le développement de cette expérimentation sur www.science-techno-college.fr.

Une classe *Main à la pâte*

[Extrait de *L'Enfant et la science*, Charpak, G., Léna, P., Quéré, Y. (2005), chap. II, avec l'aimable autorisation des éditions Odile Jacob]

Au cours d'une séance de sciences, un enfant a posé *une question* – parmi bien d'autres, sans doute : Pourquoi... ? Pour quoi... ? Comment... ? – relative à un objet ou à un phénomène de la nature, question susceptible, selon le professeur, d'un développement scolaire à l'intérieur du programme tel qu'établi par le ministère.

Le maître ne répond pas, mais il renvoie la question aux enfants (« Vous, qu'en pensez-vous ? Toi, Emmanuelle, toi Lazare, qu'est-ce que vous répondriez ? ») stimulant ainsi leur imagination, c'est-à-dire leur faculté de se créer une *image* de ce qu'ils ne voient pas, ni ne savent. Et furent bientôt leurs idées ou, au sens propre, *leurs hypothèses*. Aussi naïves qu'elles soient, et sans doute le sont-elles, celles-ci seront accueillies avec sympathie – sauf absurdité absolue, qu'il conviendrait de réfuter d'entrée de jeu – et conservées pour mémoire, écrites par exemple au tableau.

Vient alors le moment de *l'expérimentation* : la réponse à nos questions concernant la nature, c'est en effet d'abord à la nature d'y répondre elle-même, l'expérience étant l'expression, stylisée à l'extrême, de notre dialogue avec elle. Aussi les enfants vont-ils, travaillant sans doute par petites tables de quatre ou de cinq, installer un dispositif, aussi simple et rudimentaire qu'il est possible – en sorte d'en maîtriser tous les éléments – et expérimenter.

Sagesse chinoise (17)

百聞不如一見

*J'entends et j'oublie
Je vois et je me souviens
Je fais et je comprends*

Il se peut, mais c'est rare, que l'expérience donne d'entrée de jeu la réponse à la question posée, réponse proche de l'hypothèse de Lazare, lequel alors se rengorge. Il est infiniment plus fréquent, et beaucoup plus intéressant, que la réponse soit initialement peu explicite, tout en ayant quelque chose à voir avec l'hypothèse d'Emmanuelle. Va, dans ce cas, s'établir dans la classe cet aller et retour entre l'hypothèse et l'expérience, entre le cerveau et les mains, entre l'imagination et la réalité, qui fonde toute activité de recherche, que celle-ci soit scientifique, ou historique, ou littéraire... On va donc revenir au dispositif expérimental, peut-être chauffer un peu plus, peut-être illuminer un peu moins, peut-être modifier tel élément, tel paramètre..., en sorte de cerner de mieux en mieux la réalité. Moment béni des dieux, pour l'observateur, que celui de ce mouvement ascensionnel d'où, dans la classe même, va peut-être jaillir la vérité. Si celle-ci se fait ainsi jour, alors viendra le moment final, celui de *l'expression*. Celle-ci sera *orale* si le maître demande à l'un des enfants de chaque groupe de faire un petit exposé à ses camarades sur ce qui vient de se passer. Elle sera *écrite* lorsqu'ils décriront, sur leur *cahier d'expériences*, la petite aventure qu'ils viennent de vivre collectivement et qu'ils inscriront noir sur blanc la petite miette de la vérité du monde qu'ils viennent ensemble de découvrir. Si le tout a échoué, c'est-à-dire si la réponse n'a pu être obtenue (expérience médiocrement conduite, maladresse des enfants, difficultés intrinsèques excessives...), le maître donnera *ex cathedra* la réponse cherchée – une conclusion en forme de points de suspension n'ayant, sauf exception, pas de valeur éducative – et, s'il le peut, il leur expliquera les raisons de l'échec. Les enfants n'en laisseront pas moins la *trace écrite* dans leur cahier d'expériences.

Enfin, le maître formulera, pour toute la classe, une conclusion et il récapitulera le savoir acquis, afin qu'il puisse ainsi être mémorisé par les enfants.

(17) Le texte original de ce proverbe, calligraphié dans l'encadré (*Bai wen bu ru yi jian*), peut se traduire par : *Cent fois entendu est moins qu'une fois vu.*

Peu à peu, les programmes et les professeurs s'engagent dans un enseignement scientifique moins vertical, centré moins sur les connaissances – dont il est hors de question d'amoindrir l'importance – que sur la capacité à s'interroger, à exercer sa créativité et son esprit critique à l'occasion de leur acquisition. Evaluer la qualité de cette pédagogie n'est pas simple, et de nombreux efforts s'y attachent de par le monde [13].

Les Ecoles d'ingénieurs, les Académies des sciences ou des technologies et tant d'autres partenaires ont leur rôle – irremplaçable – à jouer dans ces transformations. Pourtant, rien ne se fera sans l'adhésion et la qualité des professeurs. Pendant ces dix années, la confiance dont ils ont témoigné en acceptant et en recherchant les accompagnements proposés, fut exceptionnelle. Au collège, comme à l'école, puissions-nous parvenir, par leurs témoignages ici rassemblés, comme par leurs expériences personnelles, à les convaincre qu'eux aussi, dans ce monde bouleversé, ont à repenser la façon de transmettre la culture qu'ils ont reçue. Réfléchir à l'éducation revient à réfléchir aux générations à venir : il s'agit bien d'un acte de générosité enraciné dans l'espérance, et ces vertus ne manquent pas [14] !

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *La démarche d'investigation fait école*, Talents des mines, n° spécial, n° 72, ENSMN, Nantes, 2006.
- [2] *Globalisation and education*, (coord. par M. Sanchez-Sorondo, E. Malinvaud & P. Léna), à paraître, De Gruyter, Berlin, 2007.
- [3] Charpak, G., Léna, P., Quéré, Y. *L'enfant et la Science. L'aventure de La main à la pâte*. O. Jacob, Paris, 2005.
- [4] Charpak, G. (présenté par), *La main à la pâte. Enseigner les sciences à l'école primaire*, Flammarion, 1996.
- [5] *The Challenges for Science. Education for the Twenty-First Century*, Pontifical Academy of Sciences, Scripta Varia, 104, 2002.
- [6] *Europe needs more scientists*, Report presented to the European Commission by Gago, M., 2006.
- [7] Schreiner, C., Sjøberg, S. (2004). *Sowing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education) – a comparative study of students' views of science and science education (pdf)* (Acta Didactica 4/2004). Oslo: Dept. of Teacher Education and School Development, University of Oslo.
- [8] *Inventing a better future. A strategy for building worldwide capacities in science and technology*. InterAcademy Council, 2004.
- [9] Dercourt, J. *Les flux d'étudiants susceptibles d'accéder aux carrières de recherche*, EDP sciences, 2004.
- [10] Convers, B. *Les impasses de la démocratisation scolaire : sur une prétendue crise des vocations scientifiques*, Raisons d'agir, Paris, 2006.
- [11] *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe*, Eurydice, Commission européenne, 2006.
- [12] *L'enseignement de la physique et de la chimie au collège*. Rapport 2006-091 de l'Inspection générale de l'éducation nationale, MENESR, Paris, 2006.
- [13] *Report of the working group on international collaboration in the evaluation of Inquiry Based Science Education (IBSE) programs*, Harlen, W. & Allende, J., Santiago-du-Chili, 2006. Feba ed. (feba@med.uchile.cl). Traduction française en préparation, 2007.
- [14] Léna, P. *From science to education, the need for a revolution*, Erasmus lecture 2005, Academia Europeae, European Review, Cambridge Univ. Press, 2006.