

Revendiquer une place réelle pour l'enseignement des sciences

Jean-Pierre Demailly (Université de Grenoble I)
Conférence à la Table Ronde organisée par la SMF et la SMAI
ENS Ulm, 12 janvier 2001

Le texte ci-dessous reprend intégralement l'intervention orale faite le 12 janvier en prenant en compte les critiques adressées à l'auteur ainsi que des événements intervenus ultérieurement.

Aujourd'hui, nous sommes confrontés à une grave crise de l'enseignement des sciences, et plus largement de tout le système éducatif. Elle se manifeste en particulier par des baisses considérables d'effectifs dans les filières scientifiques universitaires. En outre, de multiples réformes de programme ont été envisagées ou proposées depuis plusieurs décennies, et nous en sommes arrivés, me semble-t-il, à un point où c'est la structure même du système éducatif qui est gravement en cause. La réflexion d'ensemble sur les programmes et contenus disciplinaires est devenue inévitable.

Cette structure, je voudrais m'en expliquer en détail plus loin, me semble souffrir de graves déficiences qui rendent le système éducatif particulièrement inadapté à l'enseignement des sciences. L'étude des sciences a ses exigences incontournables : elle présuppose la maîtrise des bases du calcul et des ordres de grandeurs comme celle du sens des concepts, puis, à un niveau plus avancé, celle d'un certain langage codifié, du raisonnement et de la démarche hypothético-déductive. Or, les programmes actuels tendent à négliger les savoirs fondamentaux, et, avec peu de souci de cohérence et de progression, privilégient sans grand discernement des savoirs plus élaborés ou plus techniques alors que les fondements ne sont pas assurés.

Je suis pour ma part convaincu qu'une $(n + 1)$ -ième réforme des programmes ne pourra qu'ajouter à la confusion générale, si elle ne s'accompagne pas préalablement de réformes structurelles adaptées, voire même d'une refonte du système d'enseignement. De manière générale, les évolutions devraient être pensées prioritairement en termes de contenus et de finalités d'apprentissage, et non pas en fonction d'objectifs gestionnaires ou politiques. Il est clair qu'il n'y a pas de solution miracle simple, bien au contraire. La situation actuelle est le résultat de l'accumulation de réformes plus ou moins ratées, de dégradations successives qui ont affecté tous les niveaux d'étude. A mon sens, ce n'est donc qu'au prix d'un appel à l'effort, suivi sur une longue durée de temps, qu'il sera possible d'envisager cette nécessaire refondation.

L'enseignement, celui des sciences en particulier, peut être vu comme une pyramide se construisant à partir de sa base sur toute la durée de la scolarité d'un élève. Les savoirs fondamentaux comme le calcul et la lecture doivent être acquis de façon suffisamment précoce et solide pour que les étages supérieurs puissent ensuite être construits de façon cohérente. Des témoignages nombreux venant d'enseignants de tous les niveaux tout comme l'analyse des manuels scolaires du passé mettent en évidence un affaiblissement considérable des contenus des enseignements du calcul et

de la langue à l'école primaire, graduellement sur plusieurs décennies, correspondant en gros à un recul de 2 ou 3 années par rapport à la situation qui prévalait il y a 30 ou 40 ans.

Or, il en est de l'appropriation du calcul comme de l'acquisition de la langue maternelle ou des langues étrangères : une langue apprise à un très jeune âge peut-être parlée sans accent, mais au delà, le même apprentissage demande des efforts beaucoup plus grands pour des résultats beaucoup plus modestes. De la même façon, l'apprentissage du calcul impose l'acquisition de mécanismes qui doivent devenir des outils mobilisables et intériorisés dès un jeune âge. La maîtrise du langage (syntaxe, grammaire) est constitutive de la pensée naturelle, comme la maîtrise du calcul (arithmétique, algébrique) est constitutive de la pensée mathématique – et, au-delà, très certainement, de la pensée scientifique dans son ensemble.

Le projet très récent de réforme de l'enseignement primaire élaboré par la Commission Joutard¹ semble procéder à une réévaluation de la compréhension et du sens des opérations comme il semble décider de développer la capacité des élèves à résoudre certains types de petits problèmes, ce qui est évidemment très désirable en soi, et peut faire croire que ce projet serait, dans son esprit comme dans sa lettre, guidé par le souci de remédier aux difficultés actuelles. En réalité, le texte du projet reporte la maîtrise des opérations et des automatismes de calcul à la fin du cycle primaire, de façon particulièrement nette pour ce qui concerne la division ; il effectue des coupes sombres sur un certain nombre de sujets autrefois enseignés dès l'école élémentaire et qui constituent des passages obligés constituant une propédeutique pour la compréhension des objets de la science, soit, par exemple :

- Les opérations sur les nombres décimaux,
- Les liens mathématiques entre les unités de longueur, d'aires et de volumes (une unité de contenance, le litre, figure au programme, mais sans être reliée avec le dm^3)
- Les manipulations et conversions des unités (point explicitement exclu du programme), etc.

Dès lors, dans le meilleur des cas, il est à craindre que ce projet ne fera que pérenniser la catastrophe présente. Je voudrais rappeler ici l'évidence qu'on n'apprend pas sa langue maternelle en théorisant d'abord sur le contenu conceptuel des mots mais en répétant de façon un peu automatique des mots et des bouts de phrase; la construction des discours raisonnés s'élabore ensuite (ou simultanément) alors que les mots préexistent comme supports potentiels des discours possibles.

Aujourd'hui, on n'apprend plus les concepts fondamentaux à l'âge *a priori* requis. Par exemple, pourquoi reporter en classe de quatrième l'apprentissage de la réduction des fractions au même dénominateur, naguère au programme des classes de CM1 ou de CM2 ? Quelle justification ou quelle explication théoriques, quelles observations empiriques ou pratiques peuvent rendre compte d'une telle involution ? Celle-ci semble d'autant plus frappée d'incohérence que l'abord des notions de nombres premiers et la décomposition en facteurs premiers ont été rejetés au niveau du lycée, ce qui interdit de fait de pouvoir pratiquer en quatrième la réduction *intelligente* au même

¹ Ce projet a finalement été adopté par Jack Lang à peu près au même moment où se tenait la Table Ronde organisée par la SMF et la SMAI.

dénominateur, c'est-à-dire à l'aide du PPCM. Je peux témoigner ici que mes condisciples d'un collège de zone rurale peu favorisée avaient reçu cet enseignement dès la classe de 6^{ième}, j'en garde encore le souvenir précis, 35 ans plus tard, de la découverte du crible d'Erathostène. Mais il y a plus. Nos collègues psychologues savent bien que l'enfance se prête mieux aux apprentissages répétitifs et imitatifs, qualité requises pour l'apprentissage des opérations. Alors, pourquoi en rejeter l'acquisition au moment de la puberté ? On objectera éventuellement que les performances de l'école primaire d'il y a quelques décennies n'étaient obtenues qu'au prix d'un pourcentage de redoublement non négligeable. Cela est vrai. Le système avait au moins le mérite de ne pas masquer ce qu'on l'on prétend être aujourd'hui ses échecs. Il avait aussi celui de la cohérence : ne pas commencer les opérations algébriques avant d'avoir acquis les opérations arithmétiques élémentaires ; et surtout, celui du vrai respect des élèves, qu'ils soient plus rapides ou plus lents que la moyenne, par un souci d'adaptation à leur rythme propre.

Aujourd'hui le contenu et le rythme de progression des programmes sont très loin d'optimiser les capacités d'apprentissage de l'élève moyen, ils ne sont même pas particulièrement adaptés aux élèves plus lents. Ces élèves ont effet besoin en priorité d'un enseignement relativement direct et pratique, là où les textes de programmes actuels font preuve "d'une enflure rhétorique"² échevelée. Tout ceci pousse le système éducatif à mettre en avant des bribes de savoirs, à la fois trop élaborés en regard de leur aspect hautement spécialisé, et trop peu élaborés en regard d'une réelle cohérence pédagogique ou disciplinaire. Plus souvent soucieux de se conformer aux modes ou lubies du moment, il soumet les élèves à une mémorisation purement arbitraire de résultats dont la rationalité échappe parce qu'ils sont déconnectés de la maîtrise des concepts fondamentaux qu'ils présupposent, comme des chemins qui y conduisent. Par ailleurs, les élèves plus lents que la moyenne ont besoin d'un plus grand nombre de répétitions des séquences d'apprentissage, avec des points de vue qui, évidemment, peuvent évoluer et se compléter. Le report incessant de l'acquisition des notions de base à des âges toujours plus tardifs fera que le nombre de répétitions nécessaires va se trouver fortement réduit pour ceux des élèves qui en auraient le plus besoin.

L'école doit devenir beaucoup plus souple et beaucoup plus adaptable, pour répondre aux besoins variés des élèves, en se préoccupant de soutenir sérieusement ceux qui rencontrent de la difficulté. Pour cela, elle doit chercher à orienter adéquatement, à adapter la progression des niveaux successifs, proposer des filières diversifiées, cohérentes, riches en contenu, qui soient professionnellement qualifiantes ou qui préparent adéquatement à des études plus longues. A l'école primaire, aux dires de plusieurs experts ayant une expérience réelle de l'enseignement à ce niveau, il faudrait avancer nettement l'acquisition des concepts fondamentaux, quitte à y revenir plusieurs fois de suite avec des points de vue complémentaires, et prévoir la possibilité

² (Ajouté le 24 janvier 2002) On ne peut qu'accueillir avec circonspection des propos comme ceux tenus récemment par Luc Ferry, Président du CNP, Comité National des Programmes. Entendu sur Europe 1, le 23 janvier 2002 : "les actuels programmes de collège en histoire feraient de bons programmes d'agrégation ou de dernière année d'institut d'études politiques". Faut-il comprendre que les programmes actuels du collège sont si élaborés que leur compréhension nécessite le niveau de maturité d'un agrégatif ? Ou doit-on au contraire comprendre que les prérequis de l'agrégation vont être ajustés au niveau des actuels programmes de collège ? Le lecteur cochera pour lui-même la réponse adéquate.

de chevauchements de niveaux pour les élèves ayant besoin d'une progression moins rapide.

On ne peut donc que s'inquiéter du dernier projet de réforme de l'école primaire élaboré à partir des travaux de la Commission Joutard, puis imposé par le Ministère ; il ne fait une analyse ni claire ni cohérente de la situation actuelle. Il envisage plutôt une stagnation ou de nouvelles réductions de contenu au niveau des savoirs fondamentaux, là où une analyse objective des besoins de formations pour les cycles ultérieurs montre qu'il faudrait au contraire procéder à une forte revalorisation. En outre, il persiste à méconnaître les acquis positifs obtenus dans le passé. Alors que la situation se dégrade dans nombre de pays occidentaux, une étude récente de l'OCDE (étude PISA³) a montré que la France ne se situe aujourd'hui que dans une moyenne relativement médiocre, loin derrière des pays comme la Finlande ou le Japon⁴. Toute nouvelle réforme qui ne s'attaque pas aux vrais problèmes est inutile, et donc constitue une grave pollution détournant les énergies des endroits où celles-ci devraient se concentrer. Malheureusement, dans le cas le plus probable, et en fonction des modalités concrètes d'application, la réforme risque d'être à l'origine d'une nouvelle dégradation générale des contenus de l'enseignement, comme de ses résultats à tous les niveaux.

En conséquence j'appelle les sociétés savantes à porter la plus grande attention à l'appel à pétition lancée à la fin de l'automne 2001 par des experts comme Michel Delord "Ne plus apprendre à lire, écrire, compter et calculer"⁵. N'est-il pas urgent d'exiger un réexamen approfondi du projet de réforme, et ne pas laisser passer dans l'urgence une réforme mal pensée, voire dangereuse pour l'avenir des enseignements scientifiques ? Je note que la pétition a déjà été signée par de nombreux enseignants, universitaires ou académiciens, et qu'elle est activement soutenue par plusieurs éminents universitaires américains⁶ qui ont eu le privilège, si je puis dire, d'observer les effets désastreux de réformes analogues conduites aux Etats-Unis.

J'en viens maintenant plus spécifiquement à l'enseignement secondaire et à l'enseignement supérieur. Je renvoie à mon rapport au Gouvernement⁷, publié fin juillet 2001 pour plus de détails. Dans la biosphère terrestre, c'est un fait biologique bien connu, toute uniformisation des conditions écologiques entraîne quasi-automatiquement un appauvrissement de la diversité des espèces animales et végétales susceptibles de s'y développer. De la même manière, dans le système éducatif, le collège unique, la seconde indifférenciée et la filière scientifique indifférenciée à partir de la classe de première ont entraîné un grave affaiblissement de l'adaptabilité du système

³ <http://www.pisa.oecd.org/knowledge/summary/intro.htm>

⁴ L'expert Finlandais en charge des programmes a cependant déclaré que le système éducatif de la Finlande consacrait un temps insuffisant à l'enseignement du calcul, et pouvait nettement améliorer sa performance dans ce domaine.

⁵ Voir <http://www.sauv.net/prim.php>

⁶ <http://www.mathematicallycorrect.com>

⁷ <http://www-fourier.ujf-grenoble.fr/~demailly/rapport.html>

éducatif. L'interprétation qui a été faite de l'objectif "80 % d'une classe d'âge au baccalauréat" est l'exemple type du problème auquel on a apporté une solution irresponsable : uniformiser le niveau par le bas, quelles qu'en soient les conséquences (prévisibles ou non). La seule question à se poser aurait été : "Comment augmenter le niveau de connaissances général de la population, et quelles modulations des filières existantes, quelles nouvelles filières éducatives peut-on créer à côté des anciennes pour répondre aux nouveaux besoins et aux différentes demandes de formation ?" Des statistiques fiables montrent que les réformes entreprises, loin de démocratiser l'enseignement, ont eu pour effet de réduire de façon significative le pourcentage d'étudiants issus des milieux modestes dans les filières les plus sélectives⁸. Cette preuve tangible, irréfutable de la dégradation du système d'enseignement public, est aussi attestée par l'explosion des institutions ou méthodes éducatives de substitution (établissements privés, aide parentale, cours particuliers, sites internet "d'aide éducative", etc), elles aussi plus accessibles aux milieux sociaux favorisés.

Là encore, on ne trouve pas trace d'analyse fiable officiellement reconnue de l'implication que les réformes des 15 dernières années au niveau du collège et du lycée ont pu avoir, notamment pour le recrutement des étudiants en sciences. Des instruments de mesure fiables, qui devraient évidemment avoir leur autonomie de jugement vis-à-vis de l'administration et du pouvoir politique, font cruellement défaut, cf., par exemple, le nuage de Tchernobyl, déclaré quasi-inexistant par l'administration de l'époque. Hélas, là encore, nous sommes dans une situation très dégradée. Cette dégradation a des conséquences graves dans l'enseignement supérieur, en particulier pour la formation des Maîtres. L'insuffisance des horaires, des moyens humains et matériels reste le problème majeur dont souffre l'Université : qui a pratiqué des cours-TD en petits groupes sait que cette méthode est presque toujours bien plus efficace que les cours en grands amphis devant des étudiants déboussolés. La qualité du travail effectué est gravement parasitée par des injonctions administratives incohérentes ou inadaptées (découpage des enseignements en petits modules, réduction de la durée de l'année universitaire, tendance à la baisse des horaires annuels). C'est un fait patent que la durée d'études disponible est aujourd'hui dramatiquement insuffisante pour combler les multiples lacunes des étudiants, au niveau où ils sortent de l'enseignement secondaire. Un exemple typique en mathématiques est l'enseignement de la géométrie en liaison avec l'algèbre linéaire. Celui-ci, pour être compris et assimilé, nécessite l'application de plusieurs "couches" ou "teintures successives", illustrées par des points de vue variés venant s'enrichir mutuellement. A une époque ancienne, les élèves de collège et de lycée recevaient une solide formation de géométrie euclidienne traditionnelle, qui leur était ensuite très utile pour l'acquisition de l'algèbre linéaire à l'université. A une époque plus récente (1972-1988 environ), l'enseignement de l'algèbre linéaire a été avancé au lycée (ce qui a pu entraîner un certain nombre de problèmes liés à un enseignement parfois un peu trop formel, et une perte du sens géométrique à partir du moment où le collège n'apportait plus une préparation suffisante). Mais le fait est que la première couche était appliquée dès les classe de seconde ou de première, avec l'introduction de concepts essentiels comme ceux de linéarité et de dépendance linéaire, voire d'espace vectoriel et d'application linéaire,

⁸ <http://www.sauv.net/archives2/democratique.htm>

etc. Des couches successives étaient appliquées jusqu'au niveau de la Licence et la Maîtrise, et la plupart des étudiants d'alors, même moyens, parvenaient à acquérir en définitive une bonne compréhension des concepts. Aujourd'hui, la première teinture a été repoussée au DEUG, et le temps de maturation nécessaire n'existe plus.

Cet exemple n'est pas un cas isolé, on pourrait en dire tout autant des principaux concepts de l'Algèbre (notion de groupe), de l'Analyse (continuité, convergence, questions d'uniformité). Au lycée, les bribes de mathématiques qui sont enseignées le sont, le plus souvent, sans réel fil conducteur, puisque le langage mathématique de base est devenu hors-sujet et que la démarche déductive est presque impossible à mettre en oeuvre, alors que l'acquisition des savoirs fondamentaux a sans cesse été rognée et repoussée plus tard. Même diagnostic, donc, que pour l'enseignement du calcul à l'école primaire... Dans les IUFM, la formation des enseignants du secondaire n'est pas assez approfondie et elle est trop coupée des Universités et des disciplines fondamentales, comme conséquence aussi du fait que la durée de formation est devenue insuffisante. Il en résulte que les étudiants et les jeunes maîtres sortant aujourd'hui du système, particulièrement au niveau du CAPES, sont formés à un niveau de compétences insuffisant pour la pratique ultérieure de leur métier.

Je voudrais revenir en détail sur la question de la diversification des filières, qui est un point vraiment crucial. En sciences, et en particulier en mathématiques, il est possible d'enseigner des connaissances données avec des points de vue très différents. Ainsi, on peut enseigner les statistiques avec un point de vue qui mette uniquement en relief les techniques de calculs et les méthodes de traitement des données, ou bien on peut voir les statistiques comme une application du calcul des probabilités, qui lui-même va être un prolongement de l'analyse combinatoire, du langage ensembliste (logique élémentaire, théorie élémentaire des ensembles, évènements), de l'analyse (intégrales), etc. Le premier point de vue peut éventuellement convenir à des élèves ayant un objectif professionnel à court terme, ou envisageant d'étudier des sciences ou des technologies très appliquées, ou bien ne souhaitant pas s'investir dans des voies exigeant des prérequis conceptuels élevés. Mais pour de futurs scientifiques, ingénieurs, professeurs et, *a fortiori*, chercheurs, c'est bien entendu le deuxième point de vue qui s'impose, particulièrement pour les étudiants en sciences dites "dures".

La structure actuelle peu diversifiée des filières générales interdit de mettre en oeuvre les différents points de vue qu'il serait nécessaire d'adopter en fonction des objectifs des élèves, objectifs qui sont bien légitimement très différents d'une personne à l'autre. Les horaires du lycée, notamment en sciences, sont beaucoup trop faibles pour permettre d'atteindre un niveau de formation solide, pour permettre l'acquisition des outils conceptuels pertinents. Là encore, si on ne veut pas aboutir à des horaires trop chargés, il faut bien faire des choix et offrir des filières diversifiées. Il convient donc de remettre en cause de la façon la plus ferme le modèle qui prévaut actuellement pour la filière scientifique au lycée, en liaison avec un réexamen, probablement inéluctable, du modèle du collège unique.

Le système éducatif doit retrouver un haut niveau d'exigences. Ce n'est pas par un $(n+1)$ -ième allègement des programmes de mathématiques (par exemple) que l'on combattrait l'échec scolaire ou que l'on traiterait le problème des voitures qui brûlent dans les banlieues. L'Etat doit au contraire prendre ses responsabilités et traiter les problèmes en perspective, à une époque où la jeunesse a plus que jamais besoin de

repères solides. Je veux dire par là qu'il faut absolument revenir à une situation où l'objectif n'est pas l'obtention coûte que coûte de diplômes à la valeur incertaine, mais l'acquisition de niveaux de connaissances reconnus et qualifiants en eux-mêmes. Ceci suppose que les diplômes ne mesurent pas des connaissances fictives, mais garantissent réellement la bonne maîtrise et la bonne compréhension des enseignements suivis.

Enfin, je voudrais insister sur un dernier aspect, lié indirectement à ce qui précède, mais néanmoins essentiel. La connaissance scientifique et l'éducation sont aujourd'hui menacées par une marchandisation effrénée (brevets logiciels, tentative de mainmise sur l'édition, l'internet et l'e-éducation par quelques grandes sociétés en situation de monopole⁹, etc). La communauté scientifique doit se mobiliser activement pour éviter ces dérives dont les effets pourraient être aussi dévastateurs qu'imprévisibles. Les nouvelles technologies font apparaître de nouveaux besoins collectifs, comme par exemple des revues scientifiques électroniques en libre accès¹⁰, des sites de documents pédagogiques, des logiciels scientifiques, etc. Il est crucial que la connaissance fondamentale et les ressources correspondantes, qui sont des biens communs de l'humanité, soient librement accessibles à tous. Surtout dans la mesure où leur production est le fait de la communauté académique, payée statutairement pour effectuer un tel travail, et dans la mesure où le coût actuel du support électronique est quasi-nul. Les droits de diffusion doivent permettre la reproduction et la réexploitation des documents sans contraintes, mais en préservant la légitime propriété intellectuelle des auteurs. La viabilité de telles idées est amplement démontrée par les remarquables résultats obtenus par la communauté des logiciels libres, qui a réussi à faire aboutir en quelques années de nombreux projets ayant eu un grand retentissement scientifique international et dont la technologie bénéficie aujourd'hui à l'industrie tout comme aux particuliers ou aux enseignants. Sinon, on peut craindre que ces ressources soient de plus en plus accaparées par des intérêts privés n'ayant pas nécessairement des visées humanistes, en contradiction avec l'intérêt du développement de la science et de l'éducation.

En conclusion, je voudrais inviter les enseignants, la communauté scientifique et les sociétés savantes à unir leur action pour revendiquer auprès de l'Etat une place réelle pour l'enseignement des sciences, à l'intérieur d'un système éducatif revigoré, diversifié, mettant en avant les objectifs d'apprentissage et le souci de la qualité. Des moyens très importants sont nécessaires, l'Etat et ses représentants doivent être informés des graves difficultés qui existent, et doivent être mis face à leurs devoirs et leurs responsabilités.

⁹ Voir le texte de Bernard Lang, "Vers la privatisation totalitaire de l'immatériel", <http://pauillac.inria.fr/lang/ecrits/liste/copie.html>

¹⁰ Voir en particulier la "Budapest Open Access Initiative", rendue publique le 14 février 2002, <http://www.soros.org/openaccess/read.shtml>. Dans le cadre de cet appel, un collectif de chercheurs du monde entier crée l'"Open Society Institute", destiné à généraliser et à soutenir la mise en place de revues électroniques libres, sur le principe des serveurs comme <http://www.arxiv.org/>