

## **Table ronde sur les contenus : Que veut-on enseigner, pourquoi et pour qui ?**

Jeudi 27 novembre 2008

### **Contribution de Jean-Pierre Demailly**

Académie des Sciences; Professeur à l'Université de Grenoble I (Institut Fourier)

Les mathématiques sont aujourd'hui utilisées de manière quasi-universelle dans la conception et la production des objets de la technologie moderne. Que ce soit de manière directe par des modélisations numériques ou de manière indirecte par leur intervention comme outil et comme langage dans les autres sciences de la nature, les mathématiques sont partout, souvent à l'insu des usagers et des citoyens. Quoique plusieurs fois millénaire, la science mathématique connaît encore aujourd'hui des avancées et des utilisations nouvelles spectaculaires, sans que le rythme des découvertes ne paraisse faiblir. Pour ne citer que deux exemples parmi beaucoup d'autres, c'est en 2003 que le mathématicien russe G. Perelman est finalement parvenu à résoudre la conjecture de Poincaré caractérisant la sphère de dimension 3, en utilisant de manière essentielle les équations de la relativité généralisée d'Einstein. Ces résultats d'une grande beauté conceptuelle, qui couronnent un siècle d'efforts dans plusieurs branches des mathématiques, sont riches de conséquences pour de nombreux domaines de la science, depuis la topologie différentielle jusqu'à la physique mathématique, en passant par la théorie des équations aux dérivées partielles. Dans un domaine plus proche des applications, nous avons eu l'occasion d'entendre il y a quelques jours à l'Académie des sciences un magnifique exposé de Claude Berrou, expliquant comment les turbo-codes - une classe de codes correcteurs d'erreur - intervenaient de manière essentielle pour assurer une transmission fiable des messages en téléphonie mobile, démontrant ainsi l'impact direct sur la vie quotidienne de certaines structures mathématiques impliquées dans la théorie de l'information.

Il n'y a donc aucun doute que les mathématiques devront être encore être enseignées pour longtemps, à tous les niveaux de la connaissance, bien entendu sous des formes adaptées aux publics à qui elles sont destinées. Cependant, et peut-être davantage encore que dans les autres sciences, les avancées récentes ne peuvent en général être enseignées qu'au niveau de la recherche, et n'ont donc pas vocation à être introduites en tant que telles dans les cursus scolaires. Les connaissances mathématiques se contruisent en effet les unes à partir des autres de manière pyramidale : il est par exemple impossible d'aborder l'étude des fonctions si on ne connaît pas déjà la numération et les opérations arithmétiques ; de même, l'étude du calcul vectoriel ne peut être entrepris si on n'a pas déjà quelques notions d'algèbre et de géométrie. Cela paraîtra peut-être paradoxal au profane, mais l'essentiel des connaissances enseignables au collège était déjà connu des Grecs et en tout cas de Descartes au XVIIe siècle, et on pourrait fort bien construire des contenus d'enseignement très riches pour le lycée en se contentant des mathématiques d'Euler de la fin du XVIIIe siècle.

Ce jugement est à tempérer par le fait que le langage et le symbolisme mathématique ont sensiblement évolué depuis cette époque, et que la mise au point de puissantes synthèses généralisant les théories antérieures permet parfois d'aborder les concepts de manière plus concise et plus efficace. Dans cette direction, je voudrais ici dire quelques mots de la réforme des « mathématiques modernes » intervenue au début des années 1970. C'est devenu aujourd'hui un lieu commun de décrier cette réforme, mais en réalité elle a comporté plusieurs volets dont certains étaient tout à fait positifs. En particulier, la réforme proposée par la commission Lichnerowicz avait introduit dans les différentes séries du Lycée des programmes qui étaient à la fois riches, rigoureux et bien construits. Sans doute avaient-ils quelques défauts, comme par exemple l'excès d'algèbre linéaire générale au détriment de la géométrie euclidienne classique ; il est également possible que ces programmes aient été un peu trop ambitieux sur le plan théorique. Néanmoins mon souvenir est que les élèves des séries scientifiques qui avaient subi un solide enseignement de

géométrie traditionnelle au collège s'accommodaient fort bien de ces programmes, qui, en outre comportaient des contenus largement suffisants pour l'étude des sciences physiques. La réforme des mathématiques modernes a commencé à dérapar sérieusement lorsque les programmes ont abouti à proposer un enseignement beaucoup trop formel de théorie des ensembles dès le collège, et même déjà à l'école primaire ou à la maternelle ! Or, au milieu des années 1980, le déclin qualitatif de l'école primaire et du collège provoqué par de multiples réformes régressives (recul sensible des contenus en primaire, enseignement trop théorique au collège, surtout dans le contexte du collège unique instauré par la loi Haby en 1975...) rendaient les programmes de lycée intenable - après tout de même plus d'une douzaine d'années de bons et loyaux services. Ce fut donc la réforme Chevènement de 1985, qui, dans un grand mouvement de balancier, a conduit à vider les contenus théoriques – pour ne pas dire les contenus tout court – des programmes de sciences du lycée. Les réformes suivantes, issues en particulier de l'adoption de la seconde indifférenciée et de la loi Jospin, n'ont fait que confirmer ces tendances générales régressives. Celles-ci ont souvent été menées de concert au niveau international, et la plupart des pays européens et occidentaux ont donc suivi des chemins analogues, de sorte que pour redresser la situation il serait aujourd'hui beaucoup plus utile de regarder ce qui se passe en Inde, en Chine ou dans les pays asiatiques performants (Corée, Singapour, Taiwan ...) que de faire du nombrilisme européen.

De cette discussion générale, je voudrais retenir plusieurs points importants :

- La progression actuelle des programmes de mathématiques (et de sciences) est déséquilibrée entre les différents cycles d'enseignement. Le rythme et les contenus sont aujourd'hui devenus insuffisants à l'école primaire et surtout au collège ; même si le groupe d'experts des programmes de mathématiques du Lycée a tenté en 2000 de préserver des contenus substantiels, l'hétérogénéité des élèves et l'insuffisance des horaires de sciences, notamment dans le tronc commun de la série S, font que ces contenus ne peuvent être tenus. Il en résulte une situation tout à fait catastrophique à l'université : il y est devenu impossible de rattraper le temps perdu, surtout dans un contexte où les meilleurs étudiants échappent à l'université. La formation des professeurs est sinistrée, en particulier au niveau du CAPES où les connaissances de base d'une majorité de candidats sont devenues très lacunaires. Nous sommes donc entrés dans un cercle vicieux où le renouvellement des connaissances d'une génération sur l'autre risque de ne plus être assuré. Or, l'expérience menée actuellement dans les classes primaires SLECC (environ 75 classes réparties sur le territoire, comprenant des élèves non sélectionnés) montre qu'il est tout à fait possible de réintroduire des contenus riches, avec les élèves tels qu'ils sont aujourd'hui. Les classes du réseau SLECC traitent par exemple en parallèle la numération et les 4 opérations dès le cours préparatoire ; les élèves résolvent de nombreux problèmes et les algorithmes opératoires peuvent être appris de manière complète et performante au cours des années qui suivent. A l'évidence, il y aurait besoin d'une volonté politique forte pour poursuivre cette expérience à une échelle beaucoup plus grande et sur l'ensemble des cycles scolaires, en liaison avec une réhabilitation générale de l'enseignement des sciences.

- L'un des écueils actuels est que le mouvement de balancier qui a rejeté les mathématiques modernes a abouti à éliminer aussi des programmes l'enseignement d'un vocabulaire et d'un formalisme qui étaient bien utiles, ne serait-ce que pour pouvoir formuler les questions que l'on se pose, et afin de disposer d'un support adéquat pour leur donner des réponses précises. Il ne faut pas oublier que « formaliser » un problème - c'est-à-dire traduire les données du problème en langage mathématique précis - est peut-être la première étape, la plus élémentaire, de l'activité de modélisation. Or il est patent aujourd'hui que beaucoup des étudiants de l'université ne connaissent pas les rudiments les plus basiques du langage mathématique et de la logique élémentaire. Il me semble donc qu'il convient de réenseigner le langage des ensembles dès le début du collège – les notions d'appartenance, de réunion, d'intersection de différence - par exemple en liaison avec l'étude des nombres et la géométrie élémentaire où ces notions apparaissent naturellement. De ce

point vue l'introduction de l'informatique « scientifique » au Lycée – sous forme d'un enseignement de la programmation – est une chance pour les mathématiques. Ceci, à condition qu'il ne s'agisse pas d'une simple manipulation de l'outil – les calculettes utilisées comme simples prothèses de calcul sont clairement néfastes pour les élèves, surtout si elles sont utilisées avant que la compréhension des algorithmes s'installe. Ce dont il doit s'agir, au contraire, est la compréhension fine des conditions logiques, des algorithmes, de la récursivité, qui ont un lien fort avec les mathématiques. De même le codage binaire permet de faire le lien avec l'arithmétique (numération dans des bases autre que 10) et l'algèbre de Boole.

- Plus encore que pour les autres disciplines, du fait de leur caractère « pyramidal », les mathématiques ont besoin d'être enseignées de manière progressive et cohérente. On ne peut par exemple pas dissocier l'algèbre de la géométrie, ou le calcul numérique de l'analyse. Il y a un besoin très fort de continuité pédagogique, à la fois dans les notations, dans l'enchaînement des définitions et des concepts. On peut également noter un besoin de coordination fort entre les mathématiques et les sciences physiques, si, comme il est indispensable, on veut faire en sorte que chaque discipline puisse enrichir l'autre par un effet de synergie. Le modèle éducatif qui consiste à découper les enseignements en modules indépendants et éventuellement optionnels révèle alors très vite ses limites. Dans ces conditions, de l'avis d'une majorité de collègues concernés, la mise en place du LMD à l'Université a posé des problèmes pédagogiques redoutables et est source de très nombreuses difficultés pour l'enseignement des mathématiques et des autres sciences. Pour cette raison fondamentale, je suis extrêmement inquiet du projet de réforme de Lycée qui se dégage des propositions du recteur Jean-Paul de Gaudemar et des orientations ministérielles. L'idée même de concevoir l'enseignement des sciences sous une forme modulaire est une fausse piste – à moins qu'on ne renonce à ce que devrait être l'enseignement des sciences pour n'en retenir qu'un projet d'inculcation d'une très vague « culture scientifique », selon une terminologie à la mode ...

- Il y a d'autres raisons importantes qui font que le maintien de séries différenciées serait indispensable pour la filière générale du Lycée (et ce qui vaut pour la filière générale vaut sans doute aussi pour les filières techniques et professionnelles). Cela tient au fait que le système éducatif doit faire cohabiter des élèves dont les goûts, les projets professionnels ou les aptitudes peuvent être assez différents. Suivant les profils, la réponse éducative et l'état d'esprit de l'enseignement pourra varier du tout au tout : ainsi, la demande des élèves se destinant à une carrière scientifique est clairement différente de celle des élèves qui conçoivent au mieux les mathématiques comme un objet de culture générale. Le rythme, le niveau d'approfondissement doivent être adaptés en conséquence. Vouloir faire cohabiter ces différents publics dans un tronc commun relève de la gageure, voire de l'impossibilité fonctionnelle, et va engendrer un effet accentué de nivellement par le bas, donc des pertes de temps et d'efficacité considérables. Pour toutes ces raisons impérieuses, le Comité sur l'Enseignement des Sciences de l'Académie des Sciences avait cru bon de recommander, dans son rapport d'étape remis au Ministre le 15 juillet 2008, le maintien du principe de la différenciation des séries du lycée général. Le rapport du Comité allait même plus loin en recommandant la réintroduction d'une différenciation lettres-sciences dès l'entrée en seconde (et en appelant de ses vœux une réhabilitation du collège permettant aux élèves de faire un choix raisonné à l'issue de celui-ci).

- Il faudrait mener des efforts beaucoup plus vigoureux en direction de la formation des maîtres, à la fois en ce qui concerne la formation initiale et la formation continuée. Ceci prend évidemment un caractère de nécessité encore plus grand si l'on souhaite introduire des enseignements nouveaux comme l'informatique. Or, la formation initiale ne peut retrouver son lustre que si on fait en sorte que l'université soit de nouveau en mesure d'assurer des enseignements de qualité, ce qui suppose qu'une offre de contenus de bon niveau puisse se développer dès les premiers cycles universitaires, et que les élèves et étudiants soient sérieusement évalués et orientés à tous les étages de leur parcours. On en est aujourd'hui très loin, et des moyens importants tout autant qu'un changement

considérable de l'état d'esprit paraissent nécessaires au plus haut niveau politique. Afin de combattre la désaffection pour les sciences et d'attirer de bons étudiants dans les filières de formation de professeurs, il a été proposé à plusieurs reprises dans les dernières années d'instituer des bourses de pré-recrutement de type IPES. Cette proposition était en particulier inscrite dans les recommandations de l'Académie des Sciences sur la formation des enseignants, en date du 13/11/2007. Parallèlement, le rapport de l'Académie appelait à la mise en place de moyens substantiels pour la formation continuée des enseignants. Ceci suppose la définition de missions précises et explicites pour les universités, et simultanément, un contingent nettement accru de décharges pour les collègues du secondaire. Dans cette direction, les IREM ont joué un rôle pionnier de réflexion depuis de nombreuses années, et il serait dommage de laisser perdre cette expérience.