

A PROPOS DU RAPPORT DE L'ACADEMIE DES SCIENCES SUR L'ENSEIGNEMENT DE L'INFORMATIQUE (avril 2013)

Commentaires par :

Michèle Artigue, présidente du CS-IREM (comité scientifique des instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques)

Jean-Pierre Raoult, membre (et ex-président) du CS-IREM

L'académie des sciences vient de mettre en ligne, le 15 mai 2013, un rapport intitulé : *L'enseignement de l'informatique. Il est urgent de ne plus attendre :*
http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/rads_0513.pdf.

Il est accompagné d'un communiqué de presse :
http://www.academie-sciences.fr/presse/communique/rads_0513.pdf.

Ce rapport a été élaboré par un groupe de travail dont la constitution avait été annoncée en janvier 2012 ; il se composait de dix personnes dont trois académiciens (Gérard Berry, qui en assurait la présidence, Serge Abiteboul et Maurice Nivat). Son secrétariat était assuré par Gilles Dowek (INRIA) qui est venu parler de ce travail au comité scientifique des IREM le 5 avril 2013 (voir : <http://www.univ-irem.fr/spip.php?article949>).

Neuf personnes sont par ailleurs "remerciées pour leurs commentaires et contributions", dont un grand usager de méthodologie statistique (l'académicien épidémiologue Alain-Jacques Valleron) et quatre mathématiciens (deux académiciens, Jean-Pierre Demailly et Jean-Pierre Kahane, plus nous-mêmes, Michèle Artigue et Jean-Pierre Raoult). C'est à l'initiative de ces cinq personnes qu'a été introduite dans le préambule du rapport la mention : *Il faut toutefois noter que la contribution d'un expert à ce rapport n'entraîne pas nécessairement son adhésion à toutes ses conclusions.*

Pour notre part nous avons été tous deux sollicités confidentiellement par Jean-Pierre Kahane en janvier 2013 pour émettre nos avis sur une version préliminaire de ce rapport. Dans nos réponses nous nous étions en particulier inquiétés du peu de place faite aux interactions entre les enseignements préconisés pour l'informatique et ceux de mathématiques ; toutes les autres sciences, physiques, médicales, biologiques, économiques, sociales, économiques ... étaient en fait mieux traitées que les mathématiques à cet égard. Les académiciens mathématiciens cités ci-dessus ayant réagi dans le même sens, la rédaction finale a notablement évolué, sans pouvoir encore nous satisfaire pleinement.

Il nous paraît d'autant plus important que les communautés françaises de mathématiciens et d'utilisateurs des mathématiques prennent connaissance avec attention de ce document que nous pensons qu'il est appelé à avoir un impact important, sa publication intervenant peu après celle de la *feuille de route pour le numérique* présentée par le premier ministre le 28 février 2013 lors d'un "séminaire gouvernemental" convoqué à cet effet :

<http://www.gouvernement.fr/premier-ministre/le-gouvernement-presente-la-feuille-de-route-pour-le-numerique>

Voici un extrait de ce texte gouvernemental (c'est nous qui avons mis un passage en gras) ; *Le Gouvernement a pris la pleine mesure de l'importance du numérique dès le début de son mandat avec un certain nombre d'actions : modernisation de l'action publique, investissement dans les technologies d'avenir dans le cadre du Pacte de compétitivité, **refondation de l'école et de l'enseignement supérieur**, lancement de l'acte II de l'exception culturelle...*

La création récente de la spécialité ISN (Informatique et Sciences du Numérique) en Terminale S

(dont l'extension aux terminales L et E est programmée) n'aura donc sans doute été qu'un prélude à des évolutions plus importantes.

L'audience de ce rapport de l'académie des sciences (32 pages, dont une annexe de 4 pages sur l'état des lieux dans certains pays étrangers) sera facilitée par le fait qu'il est très complet et très fortement argumenté, dans le but proclamé de *sortir notre pays de l'illétrisme informatique dans lequel il se trouve aujourd'hui*. Dans l'analyse des besoins, l'accent est mis sur le caractère stratégique pour l'économie d'un pays de la recherche en informatique et de l'industrie qui y est liée, en particulier l'industrie du logiciel, et le rapport met en évidence le recul de l'Europe et notamment de la France (malgré quelques notables exceptions citées dans le texte) depuis une trentaine d'années, dans ces secteurs. Face à cette situation, il s'agit pour les auteurs du rapport de pouvoir à la fois (selon une typologie des publics dont nous avons l'habitude s'agissant des mathématiques) :

- *préparer à tous les métiers liés au numérique* (en particulier la recherche en informatique),
- *former à l'informatique les professionnel-le-s de tous les métiers,*
- *assurer une alphabétisation numérique pour tous* (il est proposé comme "finalité pour les enfants de ce siècle" : *Apprendre à lire, écrire, compter, raisonner et programmer*).

La modulation, selon les niveaux scolaires, de ces objectifs est étayée par l'analyse du caractère spécifique de la science informatique, à distinguer de l'apprentissage de l'usage des outils numériques, l'un et l'autre devant être présents dans l'éducation.

En ce qui concerne les mathématiques, la version définitive du rapport a inclus le paragraphe suivant :

Les relations entre mathématiques et informatique sont nombreuses et profondes. Comme la physique, l'informatique utilise beaucoup de mathématiques et en développe pour ses besoins propres : logique, combinatoire, théorie des nombres, statistiques, etc. Réciproquement, les mathématiciens utilisent la visualisation informatique en géométrie ou en systèmes dynamiques. Ils ont aussi démontré des théorèmes importants en utilisant de gros calculs informatiques : théorème des 4 couleurs, théorème de Hales sur l'agencement des sphères, etc. Pour certains sujets, l'imbrication mathématiques / informatique est plus directe. Les mathématiciens appliqués et les informaticiens collaborent à la réalisation d'outils de calcul numérique et de calcul formel utilisés dans un nombre considérable d'applications scientifiques et industrielles ; ces outils posent des problèmes difficiles de représentation et de qualité d'approximation des quantités manipulées. Enfin, de nouvelles logiques et architectures de preuves formelles ont été appliquées aussi bien à la preuve de grands théorèmes mathématiques qu'à la vérification formelle récente de circuits, de compilateurs et de systèmes d'exploitation.

On trouve, dans un paragraphe évoquant les quatre volets (*algorithme, langage, information et machine*) dans le programme actuel de la spécialité ISN :

Ces concepts préexistaient à l'informatique : le mot algorithme est par exemple issu du nom du grand mathématicien persan Al-Khawarizmi, aussi inventeur de l'algèbre, et la notion d'algorithme a été utilisée en mathématiques à toutes les époques. Mais l'informatique a systématisé et considérablement étendu ces concepts.

On lit aussi, dans la présentation de cinq **principes généraux** devant guider l'enseignement de l'informatique :

Au titre du premier de ces principes, intitulé "Equilibrer théorie et expérimentation" :

Sur le plan des objets qu'elle étudie, l'informatique se rapproche des mathématiques, car l'une et l'autre s'intéressent à des objets abstraits. Sur le plan de la méthode, elle se rapproche aussi des

sciences de la nature, car elle s'appuie sur des objets matériels - les ordinateurs - pour mettre en oeuvre des algorithmes abstraits.

Au titre du second de ces principes, intitulé "Relier l'informatique au monde réel et aux autres disciplines" :

Une façon commode d'enseigner un peu d'informatique est de se limiter à des exemples mathématiques simples. Mais les calculs mathématiques ne forment qu'une partie des applications de l'informatique et ils ne sont susceptibles d'intéresser que ceux que les mathématiques intéressent déjà. La souplesse de l'informatique permet de choisir des exemples bien plus variés : données textuelles, images sons et vidéos, robots et dispositifs numériques quotidiens, simulations physiques, etc. Tous ces domaines sont également formateurs, et la pensée informatique y est de même essence.

On ne peut, nous semble-t-il, qu'être d'accord, pour l'essentiel, avec ces considérations générales sur les liens entre informatique et mathématiques, encore que, au contraire de *n'intéresser que ceux que les mathématiques intéressent déjà*, des travaux mathématiques (qui ne se limitent pas au calcul) en liaison avec l'informatique peuvent être aussi vus comme un moyen d'augmenter l'intérêt pour les mathématiques à l'intention d'élèves chez lesquels celui-ci est faible.

Malheureusement ces liens ne sont plus évoqués dans ***l'esquisse d'un curriculum (à tous les âges et surtout à l'école)*** que le rapport présente ensuite sur 9 pages. Celle-ci est développée en trois modes d'apprentissage, correspondant à peu près à l'enseignement élémentaire (maternelle et primaire), au collège et au lycée : *la découverte, l'acquisition de l'autonomie, l'approfondissement des concepts.*

N'étant pas nous-mêmes informaticiens, il ne nous appartient pas de juger de la faisabilité des propositions faites pour ce curriculum, souvent très détaillées (en particulier pour le primaire), ni de leur ampleur : à première vue la champ brassé paraît extrêmement vaste, mais peut-être les auteurs du rapport ont-ils voulu d'emblée placer la barre très haut, sachant qu'il y aurait nécessairement des retraits lors de rédactions de programmes et voulant se positionner en vue des arbitrages à venir sur le nombre d'heures à consacrer, dans l'enseignement secondaire, à cette nouvelle discipline. Mais il est frappant qu'ici plus aucune mention ne soit faite de coordinations possibles avec les mathématiques, alors que des ouvertures sont ménagées vers les technologies, vers les méthodes de laboratoire, vers les sciences humaines, vers le fonctionnement des entreprises ... et qu'on trouve aussi la prise en compte, fort utile, des aspects sociétaux de l'usage du numérique. Cette absence totale d'allusion à notre discipline, alors qu'en amont avait été relevé le caractère intrinsèque de la liaison de l'informatique, *sur le plan des objets qu'elle étudie*, avec les mathématiques, nous paraît des plus regrettables. Ainsi dans le primaire est préconisée une première approche des algorithmes ; pourquoi ne pas inciter à faire le lien avec les algorithmes de calcul élémentaires ? Au collège, quoique très réduite, la géométrie est encore un peu présente dans les programmes ; or l'informatique graphique, qui peut lui donner un support attractif, est absente des préconisations du rapport ; on pourrait dire la même chose de la statistique descriptive. Au lycée, on sait que les programmes en mathématiques ont évolué récemment par l'introduction de chapitres de logique et d'algorithmique, pas en avant vers l'informatique ; nous déplorons donc de ne pas voir proposer dans ce rapport comment accompagner cette évolution .

Relevons cependant que, dans une sous-section intitulée ***Après le bac : préparer à tous les métiers liés au numérique*** on trouve : *L'importance des mathématiques dans l'apprentissage de l'informatique exige aussi une formation solide dans ce domaine. C'est une nécessité pour que les étudiants puissent véritablement s'initier à la science informatique.* On y lit également, s'agissant de la formation des futurs informaticiens : *Une formation générale en mathématiques et en sciences*

expérimentales est indispensable pour qu'ils puissent durablement trouver leur place dans un monde en rapide évolution. Mais les mathématiques apparaissent ici plutôt comme un requis préalable ou parallèle pour une formation élevée en informatique que comme un accompagnement d'une telle formation exploitant les liens entre les deux disciplines.

La section suivante du rapport, consacrée à **la formation et le statut des enseignants**, nous pose aussi quelques problèmes. Ici encore, il n'est pas dans notre propos de prendre position sur la mise en place d'un corps propre d'enseignants d'informatique, avec création d'un CAPES et d'une Agrégation ; cette perspective se situe dans le droit fil de l'affirmation de l'autonomie de l'informatique en tant que nouvelle discipline scolaire, amplement argumentée dans le rapport.

Il nous paraît cependant que, s'agissant des professeurs des écoles, leur pluridisciplinarité aurait pu conduire à mieux exprimer comment articuler leur formation à l'enseignement de rudiments d'informatique avec celle à l'enseignement des autres disciplines, en particulier les mathématiques, sans se limiter au seul calcul.

Pour le lycée, on lit dans le rapport : *faire enseigner l'informatique seulement par les professeurs de mathématique pourrait conduire à n'enseigner qu'une partie du sujet, celle se rapprochant le plus des mathématiques, ce qui ne correspondrait pas aux objectifs précités* ; nous comprenons ce souci de ne pas limiter l'enseignement de l'informatique à une seule des composantes de cette discipline, mais, en tout cas dans la période actuelle où l'on doit recourir à des professeurs déjà formés dans des disciplines préexistantes, on doit relever que ce sont ceux de mathématiques qui ont été les plus nombreux à se proposer pour animer la spécialité ISN créée en 2012. Un grand chantier est donc, au côté de l'élaboration d'une formation initiale adaptée, celui de la formation des enseignants déjà en exercice ; le rapport en souligne l'ampleur et l'urgence mais, mise à part une référence aux *cours en ligne ouverts et massifs*, il donne peu d'indications sur son contenu (par exemple faudrait-il la moduler selon ce que sont les disciplines d'origine de ces professeurs ?) et sur les forces qu'il faudrait mobiliser à cet effet.

En conclusion, il est très probable que, quel que soit le sort des différentes préconisations de ce rapport, l'enseignement des mathématiques en France soit, plus sans doute que celui de toute autre discipline, "bousculé" dans les années à venir par celui de l'informatique : mise en place de modes de pluridisciplinarité incluant l'informatique et touchant les mathématiques, impact de la pédagogie propre à l'informatique (le rapport préconise une large place pour les "projets"), réaménagement des cursus, en particulier en matière de volumes horaires des différentes disciplines ...

Il nous paraît donc souhaitable que ceux qui, dans la communauté mathématique française, se préoccupent d'enseignement, analysent ce rapport et évaluent ses répercussions éventuelles ; les IREM y sont particulièrement préparés par nombre de leurs travaux récents ou en cours.