

A propos de l'informatique et de l'interdisciplinarité

Didier Dacunha-Castelle

La décision de créer une option informatique au Capes de mathématiques est analysée avec justesse dans l'éditorial de notre Président¹. Comment notre communauté doit-elle réagir face à ce problème central, en distinguant bien le court terme et la préparation de l'avenir, à l'horizon de 10-15 ans ?

La plupart des mathématiciens ne connaissent bien de l'informatique que ce qui est lié à leur usage personnel, pour certains des éléments généraux de programmation, l'utilisation d'un système et d'un ou plusieurs langages. Mais pas grand-chose sur l'essentiel, le fonctionnement du système lui-même et celui des réseaux. La culture mathématique des informaticiens est souvent plus importante. Les frontières entre mathématiques et informatique sont mouvantes. Gilles Dowek² donne plusieurs définitions de l'informatique dont celle-ci : « ...les différentes théories – calculabilité, lambda-calcul, réécriture, complexité, théorie algorithmique des nombres, théorie des automates, théorie des systèmes distribués, théorie des graphes, ... – qui forment une science dont l'objet d'étude est le calcul sous toutes ses formes ». La majorité de ces notions sont issues des mathématiques et en font encore partie comme le lambda-calcul ou la théorie des graphes et de ce point de vue l'informatique serait une partie des mathématiques. A ceci près, et c'est une des frontières entre les disciplines, que ces notions sont toujours liées en informatique à l'usage de l'ordinateur, donc le contexte est très différent. Remarquons que ces mêmes notions sont marginales à l'intérieur des mathématiques académiques, encore dominantes de nos jours. Une conséquence en est que les informaticiens parlent des logiciens comme d'une espèce différente de celle des mathématiciens, la logique mathématique ayant toujours été marginalisée dans les départements de mathématiques et dans les enseignements universitaires. Pourtant sa puissance s'affirme chaque jour, elle devient un des axes centraux de la recherche dans notre discipline³ ! Mais il y a d'autres domaines qui « imbriquent » les deux disciplines sur une frontière chaque jour plus importante⁴. Personne ne peut prévoir en détail les évolutions, mais le mouvement du « vivre ensemble » est clair et ses retombées dans l'enseignement secondaire sont certaines.

J'ai suivi depuis 35 ans⁵ la séparation institutionnelle rapide des mathématiques et de l'informatique dont le développement fut entravé à bien des égards dans notre enseignement supérieur. La place

¹Éditorial Bulletin vert n°517

²Voir en particulier : Gilles Dowek. Introduction à la science informatique Scérien CNDP 2011

³ Cela va au-delà du sujet central pour l'informatique des preuves de programme et touche de nombreux domaines des mathématiques les plus « classiques ».

⁴ La tendance de certains informaticiens à franchir la frontière en vue d'annexions immédiatement profitables est permanente ! C'est le cas du Big data et du Machine Learning qui dans certains masters sont présentés sans que les mots mathématiques et statistiques ne figurent alors que pour l'essentiel il s'agit d'analyse des données, partie la plus vivante de la statistique depuis plus de 20 ans !

⁵Et participé à son début au Conseil national des Universités!

essentielle de l'informatique dans la science, la technologie et les activités économiques est une évidence⁶.

Pour autant aucun pays n'enseigne l'informatique dans l'enseignement secondaire général en tant que discipline ayant un statut épistémologique clairement différencié des mathématiques, et ce malgré de nombreuses expériences plus avancées que les nôtres. Au-delà de notions communes aux deux disciplines, comme le codage ou l'algorithmique à un niveau élémentaire, que va-t-on enseigner ? Les propositions des informaticiens sont nombreuses et contradictoires, notamment pour ce qui relève de la programmation et du choix de logiciels. Nous vivons ce problème depuis 30 ans au niveau des licences. J'écarte le simple usage de logiciels spécialisés relevant de la notion d'outil d'une discipline, par exemple de la géométrie, de la technologie (c'est fait depuis fort longtemps) ou de l'usage de Dérive en classes préparatoires. Il me semble plus que probable qu'un logiciel privilégié serait une boîte noire pour les élèves : c'est ce qu'expliquent très bien les auteurs d'un manuel pour l'option informatique de Terminale S⁷. Par ailleurs, il n'est pas possible d'entrer vraiment dans le fonctionnement d'un ordinateur, il faudrait pour cela enseigner un peu l'assembleur⁸ ! Reste que les programmes proposés par les informaticiens sont à la fois très ambitieux, divers et souvent imprécis. Le niveau conceptuel proposé y dépasse souvent celui qui est habituel en mathématiques et l'horaire nécessaire serait considérable. Inutile de se voiler la face.

L'enseignement de l'informatique permettrait aux mathématiques de revenir à un enseignement solide de la logique élémentaire, abandonné jadis avec la réforme des maths modernes. Un autre avantage serait de montrer aux élèves lors des projets informatiques que sans concepts mathématiques (certes découverts et mis en œuvre dans un cadre différent), on est fort dépourvu !

L'informatique n'est intéressante dans le secondaire que si sa dimension praxéologique est claire pour les élèves. A juste titre ses promoteurs à l'École plaident quasi unanimement pour une pédagogie de projet. C'est aussi un point qui nous interpelle.

Il faut un débat dont l'APMEP serait moteur, avec des éléments précis et détaillés, en partant des propositions existantes sur ce que serait un enseignement d'informatique. Cela éviterait une juxtaposition de textes irréalistes. Certes, réunions et tables rondes ont été très nombreuses, mais sans conclusions claires. Il semble donc raisonnable de faire dans le secondaire des expériences à assez large échelle en évitant les écueils de l'enfermement disciplinaire et les effets de lobby. Le débat sous-tend un problème en partie épistémologique, rendu difficile par le manque de connaissances et d'investissement dans l'interface maths/info de trop nombreux mathématiciens. Il faudra que notre communauté aux frontières chaque jour un peu plus perméables (la situation est stimulante), s'investisse davantage.

Faire place à l'informatique au collège signifie, c'est une quasi évidence, la disparition de la technologie et son remplacement progressif par l'informatique. Je suis convaincu que l'on ne peut pas diminuer encore l'horaire déjà trop faible des mathématiques traditionnelles au collège surtout,

⁶ Elle ne devrait pas être confondue avec celle du numérique, en particulier pour l'École.

⁷ Gilles Dowek et al. Informatique et sciences du numérique. Spécialité ISN en terminale S. Eyrolles ? 2012

⁸ Il faut éviter de faire de l'anatomie de l'ordinateur.

mais pas seulement, si l'on pense à la formation, dès le début du supérieur, des très nombreux informaticiens dont le pays aura besoin.⁹

Un mot à propos de l'éditorial de Bernard Egger. On ne peut comparer le cas de l'informatique et celui des probabilités. Les probabilités sont partie intégrante des mathématiques, on le voit chaque jour. Comprendre le hasard comme concept mathématique central n'a pas été à l'ordre du jour en France (seul pays avancé dans ce cas) par suite de l'incapacité du système éducatif à regarder autour de lui, cécité très marquée dans les Grandes Écoles, les prépas et l'IGEN pendant la seconde moitié du 20^{ème} siècle¹⁰. Le cas de l'informatique est tout autre. Elle ne se réduit pas à une partie des mathématiques.

La place de l'informatique au collège est inséparable de deux autres questions abordées dans les articles du même dossier, celle des mathématiques enseignées au collège¹¹ et de l'interdisciplinarité¹².

La première porte sur les mathématiques citoyennes dont la définition n'est pas claire. L'exemple des outils permettant de comprendre la structure d'un prêt bancaire ou celui des éléments de statistique liés à la vie sociale font débat. Je pense que le terme *mathématiques citoyennes* est malheureux, car difficile à définir, et que justifier des enseignements de collège par un problème des prêts n'est pas une bonne chose, comme l'explique fort bien notre collègue. Certes il est important de permettre au citoyen de voir ce qu'il y a dans un sondage ou de détecter les manipulations dans l'interprétation du taux de chômage. Mais cela ne peut se faire *que* dans un travail interdisciplinaire alliant sciences sociales et statistiques. Ce travail peut être mené soit par le seul professeur de sciences sociales si sa formation en statistique et en informatique le permet, soit dans le cadre d'un projet interdisciplinaire où les aspects mathématiques pourront être approfondis. Il est beaucoup plus utile d'enseigner dès le collège des notions centrales et conceptuelles comme celle de probabilité conditionnelle que de définir un quartile. Elles permettent de travailler la logique élémentaire, elles sont liées au maniement des ensembles et nécessitent des raisonnements rigoureux ainsi que des démonstrations. Et après tout, comprendre ce que signifie vraiment la mention *le tabac tue* est formateur pour le futur citoyen !

Le débat précédent concerne aussi l'*interdisciplinarité* et le mot honni par certains collègues de *projet*. Je n'ai ni la compétence ni la place pour entrer dans un débat toujours caricaturé par les tenants du seul cours disciplinaire, face à l'ersatz qui serait servi comme café aux élèves sous des noms variés de projet, de TPE etc. Leurs arguments m'ont toujours semblé relever d'une position idéologique non fondée sur l'expérience. L'interpénétration des disciplines dont celle des mathématiques et de l'informatique est un fait chaque jour plus important. La biologie nécessite dès les niveaux élémentaires des sciences physiques, mais aussi des probabilités et la notion de variabilité. Bien sûr les professeurs de SVT peuvent enseigner les mathématiques indispensables

⁹Le problème de l'algorithmique est bien spécifique. Au niveau lycée il s'agit simplement de mathématiques mais bien sûr à programmer pour comprendre ce qu'est un « bon » algorithme. Sur ce point il me semble que les choses avancent raisonnablement mais toujours sans véritablement un débat sur la partie programmation !

¹⁰ Les Grandes Écoles, plus que les Universités ont pris dans les années 80 un grand retard sur le sujet, en gros rattrapé aujourd'hui, nécessité fait loi mais cela ne suffit pas à former l'ensemble des professionnels dont nous avons besoin.

¹¹*Quel collège pour quelles mathématiques ?* René Mulet-Marquis. Bulletin APMEP n°517 p120-125

¹²*De l'interdisciplinarité* Rudolf Bkouche. Bulletin APMEP n°517 p71-80

comme le font ceux de sciences physiques, de sciences sociales. Cela se fait et se fera de plus en plus sans doute. Mais le cloisonnement disciplinaire demeurera, la démarche ne sera pas soumise à la réflexion des élèves. Ceux-ci ne verront pas qu'ils font des mathématiques, qu'ils utilisent dans un cadre donné des concepts mathématiques ce qu'un projet interdisciplinaire mené rigoureusement permet de comprendre. Ne nions pas que cela demande aux enseignants un surcroît de travail, un changement d'habitudes, que de toute manière un enseignement codisciplinaire classique demandera lui aussi.^{13 14}

La réflexion générale sur les sciences, les interactions entre les disciplines et leurs applications n'est pas organisée dans l'enseignement universitaire au nom de la prééminence d'un tout disciplinaire qui s'effondre aujourd'hui, de la licence aux masters. Ce manque de réflexion se retrouve dans la formation des enseignants.

Il faut donc poser de manière ouverte, au-delà des injonctions administratives, le problème des rapports précis mais évolutifs entre mathématique et informatique au niveau secondaire, en permettant des discussions sérieuses. Pour l'instant, il me semble clair qu'il faut faire un programme unique enseigné par un enseignant unique.

Il est mieux de penser *champ disciplinaire* que *bidisciplinarité*. Les couplages bidisciplinaires comme celui de l'histoire et de la géographie ont l'avantage pour les élèves de n'avoir qu'un(e) seul(e) professeur(e) face à eux mais ce couplage est daté, la synergie entre les disciplines s'est affaiblie. On n'enseigne plus la même géographie de la France, la géographie physique est largement passée dans les Sciences de la terre et la discipline s'est rapprochée des sciences sociales et environnementales. Pour les mathématiques et l'informatique, il est essentiel de penser dès à présent à un enseignement *aussi cohérent et unifié que possible* et non à des juxtapositions.

Venons-en au Capes. Nous devons travailler avec les enseignants en place ! Certains « spécialistes » de la variable *nombre de candidats au CAPES de mathématiques* ont négligé par le passé la concurrence du « marché » de l'informatique. L'ouverture à proximité d'une Faculté des Sciences d'une École d'informatique, souvent privée, entraîne automatiquement une diminution du nombre d'étudiants en licence maths/info ! La différence de salaires entre un informaticien du privé et un professeur certifié est considérable comme le sont les perspectives de carrière. Il est douteux que la réforme facilite le recrutement mais qui sait ? Il me semblerait plus judicieux de ne pas utiliser d'option, mais d'inclure des notions d'informatique et ce de manière croissante mais assez lente dans le programme des épreuves. Il faut penser à l'avenir, aux évolutions inéluctables des programmes et construire ainsi pas à pas une discipline d'enseignement mathématiques/informatique solide qui pourra le moment venu, les expériences faites, se stabiliser. Les tenants du professeur d'informatique se trompent, je le crains, sur la possibilité de recruter des informaticiens « purs » en nombre suffisant. De toute manière un corps enseignant d'informatique dépendrait du stock très faible de mathématiciens ayant la double vocation et du flux entrant dont on ne peut prévoir ce qu'il serait. Ceux qui revendiquent un enseignement strictement disciplinaire pour l'informatique proposent de prendre des heures sur les autres disciplines, pourquoi pas, mais ne proposent pas clairement un chemin de transition, nécessairement long. Ce chemin impose d'avancer sans

¹³Pédagogie de projet Chantiers mathématiques n° 168 Claudie Asselain-Missenard, Rémy Coste

¹⁴L'exemple des forces et des vecteurs étaient dans les années 1950 le « joyau » de la pluridisciplinarité dans les cours complémentaires, les collèges des « pauvres ». Son abandon de fait dans les collèges et lycées généraux est dû à l'enfermement disciplinaire!

oppositions stériles, par la discussion et l'expérimentation des contenus et par l'examen très soigneux des problèmes de recrutement, y compris bien sûr en mathématiques.