

À 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 Président⁽¹⁾. Comment notre communauté doit-elle réagir sur ce problème central, en distinguant bien le court terme et la préparation de l'avenir disons à 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 Dowek⁽²⁾ 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 est issue 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. À 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 dominantes encore de nos jours. Une conséquence inattendue est que les informaticiens parlent des logiciens comme d'une espèce différente de celle des mathématiciens, la logique mathématique ayant toujours été, bien à tort, marginalisée dans les départements universitaires de mathématiques et dans les enseignements. Pourtant sa puissance s'affirme chaque jour et elle est devenue un des axes centraux de la recherche dans notre discipline. ! Mais il y a d'autres domaines qui « imbriquent » les deux disciplines sur une frontière chaque jour plus importante. Personne ne peut prévoir en détail les évolutions mais le mouvement du « vivre ensemble » est clair et ses retombées au plan de l'enseignement secondaire sont certaines.

J'ai suivi depuis 35 ans⁽³⁾ la séparation institutionnelle rapide des mathématiques et de l'informatique, au développement entravé à bien des égards de celle-ci dans notre enseignement supérieur. Je constate comme tout un chacun la place de

(1) Éditorial Bulletin vert n° 517.

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

(3) Et participé à son début au CNU!

l'informatique dans la science, la technologie et les activités économiques⁽⁴⁾.

Aucun pays n'enseigne l'informatique dans tout 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 la notion de codage à un niveau élémentaire ou la notion d'algorithme, que va-t-on enseigner ? Les propositions des informaticiens sont nombreuses et contradictoires notamment au niveau de la programmation et d'un choix de logiciels. Nous vivons ce problème depuis 30 ans dans les premiers cycles universitaires. J'écarte le simple usage de logiciels spécialisés certes intéressants mais 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 la solution classe prépas type Dérive. Il me semble plus que probable qu'un logiciel privilégié serait une boîte noire pour les élèves et c'est ce qu'expliquent très bien les auteurs d'un manuel pour l'option informatique de Terminale S⁽⁵⁾. Par ailleurs, il n'est pas possible de rentrer vraiment dans le fonctionnement d'un ordinateur, on ne va pas enseigner l'assembleur⁽⁶⁾ ! Reste que les programmes proposés par les informaticiens sont à la fois très ambitieux et imprécis. Le niveau conceptuel proposé dépasse le plus souvent celui actuel en mathématiques et l'horaire nécessaire serait très considérable. Inutile de se voiler la face.

Un avantage pour les mathématiques de voir enseigner de l'informatique serait de reprendre un domaine trop abandonné celui de la logique élémentaire, jetée avec l'eau du bain lors de l'abandon justifié de la réforme des maths modernes⁽⁷⁾. Un autre avantage serait de montrer aux élèves lors des projets informatiques que sans concepts mathématiques, certes souvent vus dans un cadre différent, on ne fait pas grand-chose !

L'informatique n'est intéressante dans le secondaire que si sa dimension praxéologique est claire pour les élèves. À 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, 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

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

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

(6) Il faut éviter de faire de l'anatomie dérisoire de l'ordinateur.

(7) Mais cela peut aussi se faire avec les probabilités élémentaires plus utiles à ce stade que les statistiques du programme.

connaissances et d'investissement dans l'interface maths/info de nombreux matheux. Il faudra que notre communauté aux frontières chaque jour un peu plus perméables (et c'est stimulant) s'investisse un peu plus.

Faire place à l'informatique au collège signifie, c'est une quasi évidence, la disparition de la technologie et son remplacement officiel par l'informatique. Je suis en effet convaincu que l'on ne peut raisonnablement pas descendre l'horaire de maths traditionnelles au collège déjà faible surtout en pensant à la formation dès le début du supérieur des très nombreux informaticiens dont le pays aura besoin⁽⁸⁾.

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, chacun le voit chaque jour. Comprendre le hasard comme concept mathématique central n'a pas été en France, seul pays avancé dans ce cas, à l'ordre du jour par suite en premier lieu de l'incapacité du système à regarder autour de lui, ceci étant très marqué dans les Grandes Écoles, les prépas et l'IGEN pendant la seconde moitié du 20^{ème} siècle⁽⁹⁾. Le cas de l'informatique est tout autre. Elle ne se réduit pas à une partie des mathématiques.

Le problème de la place de l'informatique touche aussi directement ceux soulevés par deux autres articles publiés simultanément. Ils concernent les mathématiques enseignées au collège⁽¹⁰⁾ et l'interdisciplinarité⁽¹¹⁾.

Le premier 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 des éléments de statistique liés à la vie sociale fait débat. Je pense que le terme *mathématiques citoyennes* est malheureux, indéfinissable et que justifier des enseignements de collège par un problème de prêt n'est pas une bonne chose comme l'explique fort bien notre collège. 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, travail mené soit par le seul professeur de sciences sociales si sa formation en statistique et un minimum de passage par l'ordinateur y suffisent, ce que l'on peut espérer, soit dans le cadre d'un projet interdisciplinaire où le travail en mathématique pourra être approfondi, ce qui est très intéressant. Il est beaucoup plus utile d'enseigner dès le collège des notions centrales et conceptuelles de probabilité comme celle de probabilité conditionnelle

(8) Le 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 !

(9) 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.

(10) *Quel collège pour quelles mathématiques ?* René Mullet-Marquis. Bulletin APMEP n° 517 p. 120-125.

(11) *De l'interdisciplinarité.* Rudolf Bkouche. Bulletin APMEP n°517 p. 71-80.

que de définir un quartile. Elles permettent de travailler la logique élémentaire, elles sont liées au maniement des ensembles et elles nécessitent des raisonnements rigoureux, 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 ressortir à 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 fait appel, dès les niveaux élémentaires, aux sciences physiques mais aussi aux probabilités et à la notion de variabilité. Bien sûr les professeurs de SVT peuvent enseigner les mathématiques indispensables 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 co disciplinaire classique demandera aussi^(12, 13).

La réflexion générale sur les sciences, leurs interactions entre 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. Le manque de réflexion sur les formes variées du travail inter et pluridisciplinaire se retrouve dans la formation des enseignants.

Il faut donc poser de manière ouverte, au-delà d'injonctions administratives, en permettant des discussions sérieuses, le problème des rapports précis mais évolutifs entre mathématique et informatique au niveau secondaire. 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

(12) Pédagogie de projet Chantiers mathématiques n° 168. Claudie Asselain-Missenard, Rémy Coste.

(13) L'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 !

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, souvent privée, d'informatique 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 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 nationalité et du flux entrant dont on ne peut prévoir ce qu'il sera. 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 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.