



Paris, le 15 décembre 2017

La Société informatique de France (SIF) a été auditionnée le 23 novembre 2017 (avec France IOI et INRIA) par la mission *Enseignement des mathématiques* animée par Charles Torossian et Cédric Villani. Cette mission a été diligentée par Monsieur le Ministre de l'Education nationale, Jean-Michel Blanquer et doit rendre ses conclusions début 2018.

Sur la base d'une liste de questions préalablement posées par la mission, une version préliminaire de ce présent document avait été transmise à la mission.

## Préambule

L'informatique est à la fois une science, une technique et une discipline. La science informatique est en interaction avec toutes les autres sciences qui manipulent de l'information sous forme symbolique, en premier lieu les mathématiques. La technique informatique permet de concevoir des dispositifs qui mettent en œuvre ces traitements. Les progrès techniques fascinants de ces dernières années ont rendu possible le monde numérique d'aujourd'hui.

La discipline informatique doit donc être enseignée en tant que telle à l'école. Cet enseignement a deux objectifs complémentaires : certes, former les futurs spécialistes en informatique dont le pays a besoin : techniciens, ingénieurs, chercheurs, décideurs de l'économie numérique française ; mais surtout, former les futurs citoyens qui vont construire la France et l'Europe de demain. Tous les élèves ont besoin d'une culture générale en informatique, pour comprendre le monde dans lequel ils vont vivre, et pour contribuer en connaissance de cause aux décisions citoyennes. Beaucoup auront à exercer une responsabilité ou un métier, dans lequel une compréhension de l'informatique et de ses enjeux sera nécessaire ; il est vital de les y préparer.

La situation actuelle, dans laquelle l'informatique est enseignée en partie dans le programme de mathématiques et en partie dans celui de technologie, n'est pas à la hauteur des besoins. Nous faisons nôtre la position de l'Académie des Sciences qui « recommande fortement des qualifications et des modes de recrutement alignés sur ceux des autres disciplines de

l'enseignement secondaire ». En d'autres termes, l'informatique doit être enseignée comme discipline à part entière par des professeurs d'informatique.

L'interaction de l'informatique avec les mathématiques est majeure, au niveau scientifique et au niveau disciplinaire. Nous nous réjouissons particulièrement que la Société française d'informatique puisse aujourd'hui contribuer à la réflexion sur l'enseignement des mathématiques.

## La place du calcul dans l'enseignement et ses différents paliers

Nous considérons ici le mot calcul comme la mise en œuvre d'un modèle mathématique, pour juger de sa pertinence par rapport à une réalité terrain : évaluer la capacité du modèle à prédire des comportements, déterminer ses limites, proposer des variations, etc. Cette insistance sur la mise en œuvre et l'évaluation expérimentale des techniques mathématiques enseignées à l'école s'est accrue ces dernières années, et nous nous en réjouissons. C'est un domaine d'interaction privilégiée entre l'informatique et les mathématiques.

Sous sa forme la plus simple, cette mise en œuvre est seulement le calcul de la valeur numérique d'une expression : c'est le domaine de la calculatrice. Sous une forme plus avancée, c'est par exemple la construction d'une figure géométrique paramétrée, permettant d'explorer un espace de solutions : c'est le domaine des logiciels de géométrie interactive, qui ont atteint une maturité remarquable. Sous une forme plus accomplie, c'est par exemple la programmation effective des équations d'un modèle et la visualisation de courbes et d'objets 2D ou 3D permettant d'évaluer son comportement : c'est le domaine de Scilab, etc.

Sous ces trois formes, la machine est utilisée pour valider un modèle mathématique plus ou moins élaboré. C'est une avancée merveilleuse par rapport aux antiques calculatrices. Ces machines sont à la disposition de tous : PC, mais aussi tablettes ou même smartphones. Mais comme tous les outils sophistiqués, il est nécessaire d'apprendre à bien s'en servir. Quelles qu'elles soient, ces machines doivent être programmées, et la qualité du résultat est fonction directe de la qualité de la programmation. Par exemple, la question de la précision des calculs d'un programme est trop souvent ignorée. Un autre exemple est la très faible qualité de nombreux programmes Scilab conçus par des élèves, qui ne comprennent pas les notions de fonctions, de résultats, de passage de paramètres, de variables locales et globales, etc.

L'informatique offre des outils de calcul diversifiés, adaptés à chaque palier de l'enseignement des mathématiques. Cependant, l'utilisation efficace et fiable de ces outils nécessite une formation aux concepts de la programmation. Cela va de comprendre le mécanisme de saisie des chiffres successifs d'un nombre sur une calculatrice, jusqu'à concevoir des programmes Python modulaires et portables.

## La préparation à l'enseignement supérieur

L'objectif est ici d'attirer plus d'élèves vers les sciences, en particulier les mathématiques et l'informatique, et de permettre aux élèves intéressés de trouver dans l'enseignement scolaire une formation à la mesure de leur appétit. Grâce à cet apprentissage précoce, ces élèves se dirigeront plus naturellement vers les formations de l'enseignement supérieur, qui prolongent ces enseignements, en vue d'une véritable carrière scientifique.

La SIF a collaboré avec la SMF, la SMAI et la SFdS pour proposer un programme de mathématiques en lien avec l'informatique pour le lycée. Un groupe de travail élargi, réunissant des membres des sociétés savantes de mathématiques, physique, chimie, biologie et informatique, ainsi que des associations de professeurs du secondaire de ces disciplines, s'est constitué pour proposer des contenus de programme de sciences au lycée. La discipline informatique est appelée à prendre toute sa place dans ces programmes.

Dans la perspective d'une carrière scientifique, il y a un double écueil. Si l'informatique est enseignée sans lien avec les mathématiques, on risque de former des élèves qui ne posséderont pas les fondements conceptuels nécessaires pour évoluer tout au long de leur carrière. Si les mathématiques sont enseignées sans lien avec l'informatique, on retrouve la situation des classes préparatoires avant la réforme. On voit combien la formation de nos élites s'est améliorée avec l'introduction des classes MP\* et des épreuves d'informatique aux concours.

Nous recommandons que les élèves de lycée passionnés de science puissent choisir une majeure en informatique, comme une majeure en mathématiques, de manière symétrique et complémentaire.

## Intérêt pédagogique de l'informatique pour l'enseignement des mathématiques

L'informatique peut intervenir à plusieurs niveaux dans l'enseignement des mathématiques. L'illustration informatique permet de concrétiser des notions abstraites. En analyse, on peut observer qu'une recherche (linéaire) séquentielle dans une liste triée est généralement plus « lente » qu'une recherche (logarithmique) dichotomique. En géométrie, l'observation des déplacements d'un robot, que l'élève a lui-même programmé pour dessiner un triangle ou un carré, lui permet de voir de façon concrète ce que signifient des côtés égaux, et des angles droits. L'utilisation d'instructions conditionnelles portant sur la conjonction de deux conditions, peut permettre d'introduire les connecteurs logiques « et », « ou » et « non » et d'introduire les lois de Morgan. L'écriture de fonctions récursives permet d'introduire naturellement les suites récurrentes d'entiers.

L'apprentissage de l'informatique développe des qualités indispensables en mathématiques, par des activités concrètes, variées, voire ludiques : le raisonnement logique (écrire la séquence des instructions dans un certain ordre), la rigueur (toutes les instructions doivent être explicitées) et la précision (si dans un programme ScratchJr on veut que le personnage atteigne le bas de la grille, il faut compter exactement le nombre de cases que doit parcourir le personnage).

L'informatique permet de développer une démarche complète de modélisation. On part d'un problème, on le modélise, on propose un algorithme, on le programme, on l'exécute et on analyse les résultats. On part du concret, on passe par l'abstraction et on retourne au concret.

## Formation des enseignants

La synergie entre informatique et mathématiques est délicate. Elle exige une compréhension fine de la place de chacune de ces disciplines par les enseignants de ces disciplines. Il est donc nécessaire d'organiser le parcours de formation en master MEEF des futurs enseignants en coordonnant soigneusement la formation en mathématiques et en informatique. C'est particulièrement important pour les professeurs des écoles souvent issus des filières non scientifiques.

Une question particulièrement préoccupante est celle de la formation continue en informatique des professeurs de mathématiques déjà en poste dans le cadre de l'évolution des programmes de mathématiques. En effet, il est indispensable que cette formation leur permette d'acquérir le recul nécessaire pour guider leurs élèves dans une maîtrise fine de l'informatique pour les mathématiques.

La principale difficulté actuelle est l'absence de partenaire identifié pour la mise en place équilibrée de cette synergie entre mathématiques et informatique. Nous recommandons la création d'un groupe disciplinaire Informatique spécifique au sein de l'Inspection générale comme partenaire des autres groupes disciplinaires actuels, en tout premier lieu, le groupe Mathématiques.