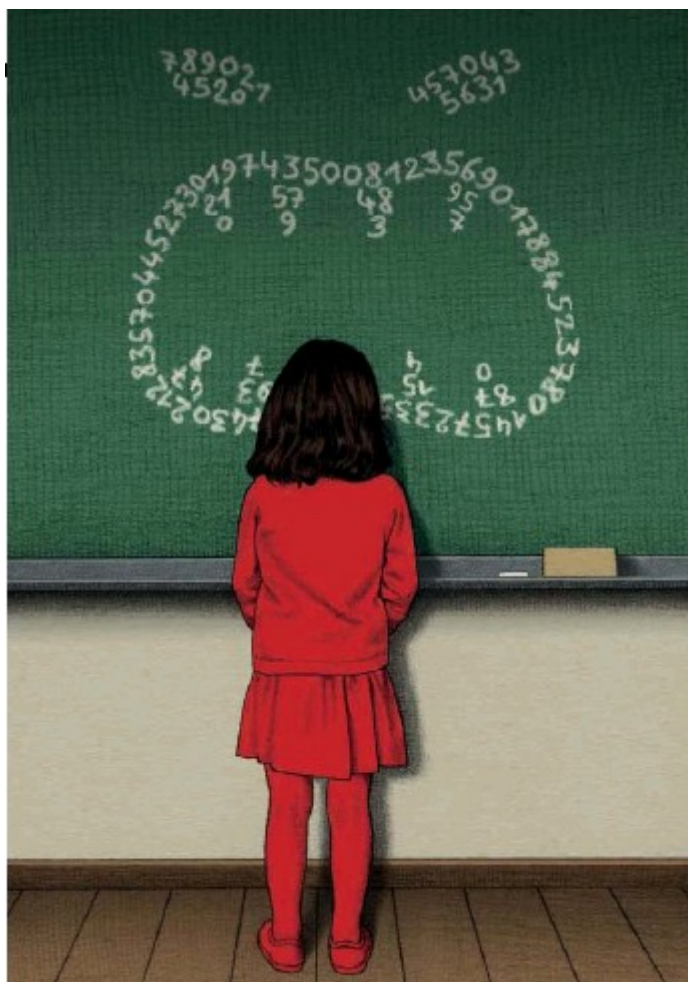


VIVE les MATHS

“L’Obs” et “le Monde” lancent une collection de livres consacrée aux “Génies des mathématiques”, que l’on découvrira chaque semaine en kiosque. A cette occasion, Nalini Anantharaman, prix Poincaré, invite les créateurs d’algorithmes à retrouver leur suppl

L'Obs · 22 mar. 2018 · Propos recueillis par VÉRONIQUE RADIER

Les mathématiques semblent au profane une matière aride, obscure, pourquoi vous passionnent-elles? On me pose souvent cette question, comme s'il y avait là quelque chose d'un peu extraordinaire, mais j'aimerais rappeler qu'elles sont, avec l'observation des étoiles, l'une des activités qui nous intéressent depuis toujours. Je ne suis pas une exception... Les mathématiques n'ont rien d'inhumain, bien au contraire elles occupent les hommes depuis que nous traçons des chi res, des figures, avant même l'invention de l'écriture. Elles sont ancrées dans



une tradition qui remonte à l'Antiquité, et cette continuité dans l'histoire est l'une de leurs plus belles caractéristiques. Par exemple, savoir si le cinquième axiome d'Euclide dépendait ou non des autres nous a posé question durant plus de deux millénaires, jusqu'à la découverte, au xix^e siècle, de la géométrie non euclidienne. C'est assez fascinant. Dans la science, les mathématiques constituent une exception. Si la physique ou la chimie d'aujourd'hui n'ont plus grand rapport avec celles que pratiquaient nos lointains prédécesseurs, les théorèmes découverts par les premiers savants restent d'actualité, et leurs ouvrages sont encore lus.

Ce domaine de la pure abstraction n'est d'ailleurs pas un monde froid, et il procure à ceux qui le pratiquent des émotions particulières...

Nous ne sommes pas une espèce en soi, les uns sont calmes, les autres colériques ou farfelus. En se plongeant dans la biographie des grands mathématiciens, on découvre des personnages palpitants au cerveau sans cesse en alerte, portés par l'excitation, l'amour de leur discipline. Je pourrais comparer ce que je ressens en travaillant sur un problème aux émotions que me procure l'écoute de certains morceaux de musique, ou bien la visite d'une cathédrale. J'admire d'abord les prouesses architecturales, l'audace, la prise de risque. Je me demande comment cet ensemble a pu s'édifier, comment une personne, sans doute très visionnaire, a eu l'idée de rassembler toutes ces briques et comment elle est parvenue à les faire tenir ensemble? Ensuite, on s'émerveille de la finesse des détails, des trouvailles faites çà et là. Ces moments de magie ne sont évidemment pas le quotidien, mais ils surviennent toujours et de façon inattendue.

Dans la collection que nous publions, dans l'histoire des mathématiques, certains génies vous ont-ils inspirée?

L'intérêt pour la vie et les oeuvres originales des grands génies m'est venu assez tardivement. Dans ma jeunesse, comme la plupart des étudiants, je ne me sentais pas nécessairement concernée. Je suis surtout, comme beaucoup, une héritière des oeuvres de Poincaré et de Kolmogorov, et je suis toujours sidérée par la lecture des oeuvres d'Einstein. Ses travaux représentent l'équilibre parfait entre la rigueur mathématique et l'intuition de la physique. Depuis la naissance de la physique mathématique avec Descartes et Newton, une relation très étroite et quelque peu mystérieuse s'est développée entre ces deux disciplines. Je pense à ce magnifique texte du physicien Eugene Wigner, qui date des années 1960, intitulé « La déraisonnable efficacité des mathématiques dans les sciences naturelles ». Il s'y interroge sur le pouvoir un peu miraculeux des mathématiques, langage le plus abstrait qui soit mais dont les découvertes se trouvent en adéquation parfaite avec des expériences concrètes, ancrées dans le monde matériel.

Cette articulation entre le monde imaginaire des mathématiques et celui bien réel du vivant demeure à ce jour un grand mystère...

En lisant les oeuvres des physiciens, on est frappé de voir comment surgit à un moment, un peu de nulle part, une équation, à partir de données expérimentales, empiriques. La raison qui conduit le chercheur à la proposer reste assez mystérieuse, et la façon dont ce concept imaginaire finit par coller à la réalité l'est encore davantage. C'est assez troublant. Je viens de finir « les Somnambules » d'Arthur Koestler, un essai écrit en 1959 qui traite de l'histoire de l'astronomie jusqu'à Galilée. Il s'interroge sur la création scientifique, le cheminement des idées. Pour lui, les chercheurs « tombent » sur leurs découvertes un peu comme des somnambules empruntant un chemin à l'aveugle, sans savoir pourquoi ils s'y engagent. Cette lecture m'a ébranlée. Koestler critique la science moderne qui se serait trop éloignée de l'intuition pour s'enfermer dans un formalisme mathématique, et une trop grande spécialisation qui nous aurait conduits dans l'impasse. Depuis cinquante ans, la physique bute en effet pour comprendre l'univers et sa formation, comme l'astronomie d'avant Galilée, Kepler et Newton se trouvait entravée par la physique héritée d'Aristote, avec ses deux branches inconciliables, l'une pour la vie céleste et l'autre pour la vie terrestre. De la même façon, nous ne parvenons pas à faire cohabiter la théorie de la relativité, qui s'applique à l'infiniment grand, et celle de la mécanique quantique, pour les atomes.

Quel est votre propre domaine de recherche?

J'essaie d'appliquer la théorie du chaos à la mécanique ondulatoire. La théorie du chaos est née au XIX^e siècle grâce aux travaux d'Henri Poincaré. Il voulait démontrer que le mouvement des planètes se répétait de manière stable et régulière sur de très grandes échelles de temps mais, de façon très surprenante, c'est l'inverse qu'il a découvert. A partir d'équations déterministes du mouvement ont émergé des phénomènes d'imprévisibilité. A sa suite, des chercheurs ont dégagé des concepts mathématiques

sur ce qu'est le chaos, le désordre, et nous disposons aujourd'hui d'une théorie assez aboutie. Avec d'autres, j'essaie d'appliquer certains de ces concepts aux mouvements des ondes présentes dans la nature – sonores, sismiques, lumineuses –, dont certaines présentent un aspect désordonné. Certains peuvent aussi s'appliquer à la mécanique quantique, celle des mouvements des atomes. A cette échelle, tout phénomène se manifeste à la fois comme une particule et comme une onde, c'est l'un de ses aspects les plus énigmatiques, ce que l'on appelle le chaos quantique.

En 2012, vous avez reçu le très prestigieux prix Poincaré, et ces dernières années d'autres Françaises ont décroché des récompenses internationales. Est-ce le début d'une nouvelle vague de mathématiciennes?

Nous appartenons un peu toutes à la même génération, entrée à Normale-Sup au cours d'une année considérée comme très exceptionnelle, puisque nous étions six jeunes femmes sur quarante admis. La direction de l'école s'est alors imaginé qu'une nouvelle ère débutait, mais il n'en a rien été. Lors du dernier concours, par exemple, aucune fille n'a été reçue. Une autre génération de mathématiciennes, à laquelle appartenait ma mère, a marqué son époque avec des travaux tout à fait reconnus quand il existait une Ecole normale supérieure réservée aux jeunes filles. Sans que l'on sache précisément pourquoi, avec la mixité, la proportion de femmes en mathématiques s'est effondrée. Sans doute sont-elles moins confiantes pour affronter la compétition, leur famille les encourage souvent moins à entrer dans les filières d'excellence, sauf peut-être chez les enseignants.

Selon une récente enquête, 90% des Européens jugent les femmes peu douées pour la science, et certains chercheurs avancent l'idée d'une supériorité masculine d'origine biologique dans ce domaine. Qu'en pensez-vous?

Ces éventuelles différences pèsent bien peu en regard du poids avéré des préjugés. On a demandé à des enfants de reproduire des dessins assez compliqués : dans un cas, les chercheurs ont parlé d'un test de géométrie, et dans l'autre, d'un test de dessin. Dans le premier cas, les filles ont moins bien réussi, alors que dans l'autre on n'a observé aucune différence. Dans une autre expérience, deux groupes d'étudiants devaient réaliser des calculs. Le premier n'a reçu aucun avertissement, au second on a dit : attention, filles et garçons réussissent différemment ce type d'exercice. Cette simple mise en garde a suffi pour observer davantage d'échecs chez les jeunes filles! Cela donne une idée de l'angoisse qui les pénalise face à ces disciplines, et le fait que des rumeurs soient continuellement diffusées à ce sujet ne fait qu'accroître celle-ci. Et puis n'oublions pas que, durant des siècles, on a tout simplement interdit aux femmes d'étudier les sciences. Elles ont dû recourir à des stratagèmes, s'inscrire sans préciser leur sexe, signer leurs articles de noms masculins.

Cela dit, les maths font peur à beaucoup, filles ou garçons... Avons-nous un problème avec l'enseignement de cette discipline?

On ne laisse guère place au tâtonnement, à l'erreur, à la créativité. Souvent, une question est posée en donnant le sentiment qu'il n'existerait qu'une seule réponse et qu'il faut la trouver très vite. Mais il y a surtout cette injonction assez paralysante : il faut « comprendre ». C'est sans doute la seule

matière à l'école où, dès le cours préparatoire, l'enseignement et les exercices sont posés en ces termes : il ne s'agit pas d'écouter, de réfléchir, d'apprendre, mais de comprendre. Et que faire lorsque, justement, on ne comprend pas ? En cours de sport, j'ai pu connaître ce genre d'affres : arriver ou non à grimper à une corde, à faire des barres parallèles. Plus tard, j'ai compris qu'on peut s'entraîner, pratiquer un peu tous les jours,

progresser et finir par comprendre le mouvement. En mathématiques, c'est un peu la même chose. Ne pas y arriver n'est pas une catastrophe, il faut se donner le temps de refaire, plusieurs fois si nécessaire, de comprendre ses erreurs. Je l'ai su très tôt, grâce à mes parents, tous deux chercheurs. Les multiplications à retenue ou les conversions d'unités m'ont causé quelques soucis... Dans beaucoup de familles, si un enfant n'a pas compris, on se retrouve désespéré, et même parfois chez les enseignants. Bien sûr, certains comprennent plus rapidement, et c'est une source de stress pour les autres, puisque les mathématiques sont utilisées comme matière de sélection. Pourtant, lorsque la réponse fuse très vite, on ne voit qu'une seule piste et l'on n'envisage pas d'autres aspects de la question qui pourraient être très intéressants.

L'arithmétique, l'algèbre, la géométrie sont assénées d'une façon un peu surplombante et austère aux enfants...

Un peu d'histoire des sciences pourrait y remédier et rendre les cours plus vivants. Ainsi, on explique rarement aux enfants que les concepts ont mis plusieurs centaines d'années à se développer, que certaines idées sont restées très longtemps en attente. J'ai par exemple raconté dans une classe de CM1 l'histoire du nombre pi, que beaucoup voyaient comme une simple touche sur leur calculatrice. C'est un nombre dont le besoin s'est très tôt fait sentir, notamment en architecture puisqu'il permet de calculer à la fois le périmètre d'un cercle et l'aire d'un disque, mais il a fallu attendre Archimède pour le définir. Il a fallu attendre le xviii^e siècle pour découvrir que pi n'était pas une fraction mais ce que l'on appelle un nombre irrationnel, et voilà deux millénaires que les savants s'interrogent sur ses propriétés, la façon de le calculer de la manière la plus précise possible. Je partage le constat de Cédric Villani, les élèves ne sont pas suffisamment entraînés au raisonnement et à la réflexion scientifiques. Il faudrait aussi mieux former les enseignants du primaire, mettre en place des « modules de réconciliation » pour les élèves qui ont besoin de davantage de temps.

Vous appelez aussi les mathématiciens, dont les algorithmes occupent une place grandissante dans nos existences, à réfléchir au sens de leur travail ?

Les algorithmes sont des techniques de programmation, d'optimisation des calculs, qui rendent les ordinateurs très efficaces, mais ils sont écrits et lancés par des êtres humains. Le problème, aujourd'hui, c'est que certains fonctionnent très bien sans que nous comprenions réellement pourquoi, ni ce qui pourrait survenir s'ils rencontraient une situation inconnue. Probablement, la théorie finira par rejoindre la pratique, mais il faut rester prudent, en particulier autour des questions d'intelligence artificielle, mais aussi des algorithmes financiers. Les mathématiciens ont perdu l'habitude d'entrer dans des questionnements philosophiques, éthiques. Ceux qui sont engagés dans la recherche fondamentale s'entendent parfois dire qu'ils ne servent à rien ; à l'inverse, faire des mathématiques pour une entreprise devient synonyme d'une certaine utilité sociale. Mais trop souvent le plaisir d'inventer de belles formules, parfois celui d'être le meilleur, exonère de toute interrogation sur les retombées de ses travaux. Voir certains grands noms mettre leur talent au service de sites de vente en ligne pour proposer des publicités mieux « ciblées » me met hors de moi. Nous avons tellement mieux à faire dans la médecine, l'écologie, ou encore la modélisation du climat.