



Au XX^e siècle émerge la question, jusque-là inédite, de l'éthique du scientifique dans son travail, que ce soit en physique nucléaire, en génie chimique, en biologie moléculaire, en génétique... On assiste en outre à une sophistication du langage mathématique (précision des notions, nouveaux concepts opératoires) permettant de quantifier les données de l'expérience. Que de bouleversements ! Répétition des observations et recours aux statistiques pour gommer les imperfections et aléas sur les phénomènes observés permettent de tendre vers une certaine forme, *faible*, d'objectivité au sein de la communauté scientifique. Plus précisément, le consensus sur une adéquation entre des énoncés et des faits réels tend alors à s'imposer, au détriment de l'objectivité *forte*, idéale, portant sur les choses elles-mêmes, qui a cependant toujours ses adeptes.

Supprimer les dessins : une fausse bonne idée !

Tournons-nous vers les mathématiques « pures », pour lesquelles limitations matérielles et protocoles expérimentaux ne sont généralement pas des entraves aux progrès. L'éthique du chercheur est-elle alors déconnectée des préoccupations sociétales dans lesquelles ces recherches sont conduites ? L'objectivité forte a-t-elle seulement cours ?

Un petit schéma explicatif dans un texte présente le risque d'être perçu comme un cas particulier, une instance d'un phénomène. La subjectivité n'est pas loin... On peut dès lors imaginer supprimer toute figure des ouvrages scientifiques, comme l'a d'ailleurs fait le groupe de mathématiciens Bourbaki, menant à son paroxysme une démarche initiée par David Hilbert en 1899 avec ses *Grundlagen der Geometrie*.

Aujourd'hui encore, il reste impensable de faire reposer une démonstration sur un schéma, un diagramme ou une figure : ces derniers ne sont là que comme supports de l'intuition et ne peuvent en aucun cas se substituer à un raisonnement en bonne et due forme. Ils aident néanmoins à la diffusion des idées et, à ce titre, participent à l'objectivité, faible, des résultats établis. Au cours du XX^e siècle se développent ainsi une plus grande rigueur, une exigence logique perçue comme nécessaire et une méfiance accrue vis-à-vis des figures : un tracé, aussi précis soit-il, n'est pas une construction ! L'objectivité forte aurait-elle trouvé un asile ?

Une activité sociale et profondément humaine

L'objectivité forte ferait penser à la validité intangible d'un théorème parfaitement rigoureux, à un raisonnement implacable. Or, le processus de validation d'un résultat nouveau n'est pas définitif et se fait par consensus des experts du domaine, puis par un ensemble de plus en plus élargi de la communauté. On commence à voir poindre un lien entre le mathématicien et le monde qui l'environne.

Examinons en particulier deux questions d'actualité très concrètes. La première est : que faire face au risque qu'une erreur subtile échappe à tous, comme cela a pu être le cas avec des « démonstrations » de théorèmes invalidées, parfois des années après leur publication ?

La seconde question peut se formuler ainsi : comment gérer une proposition de preuve trop longue pour être embrassée par des pairs ou trop complexe pour être formalisée à l'aide d'un assistant de preuve ?

Au-delà des preuves formelles (comme le théorème des quatre couleurs) ou des démonstrations qui nécessitent de longs calculs informatiques (telle la conjecture de Kepler), l'interrogation est bel et bien légitime, comme on peut le voir aujourd'hui avec la preuve toujours en chantier depuis les années 1980 de la classification des groupes finis simples, ou l'intimidante proposition de démonstration de la conjecture ABC par le mathématicien japonais Shinichi Mochizuki en août 2012.

Des risques d'erreur et des preuves trop longues...

Ces deux interrogations suscitent depuis une trentaine d'années des débats enflammés, à tel point que le médaillé Fields Vladimir Voïevodsky a mis un terme à ses recherches en géométrie algébrique pour se lancer dans un projet de refonte des fondements des mathématiques.

Pour trouver une réponse à nos deux questions spécifiques (comment débûsquar les erreurs subtiles et comment examiner les preuves

complexes), la seule solution semble consister à donner du temps à des professionnels qui ont la déontologie bien chevillée au corps. Ainsi, les grandes lignes de la gigantesque théorie élaborée par Mochizuki ont été comprises par un groupe extrêmement réduit d'experts courageux, qui ont passé des années à en examiner la structure... au détriment de leurs propres recherches. L'heure est aujourd'hui à la consolidation des arguments, à l'inspection de la théorie dans ses moindres rouages, à la validation (on l'espère) et à l'élargissement de la communauté des experts capables et désireux de s'approprier ces nouveaux outils. Viendra ensuite, si tous les voyants sont au vert, la diffusion des idées apportées par le mathématicien japonais.

Une petite histoire de l'objectivité

Au Moyen Âge, une chose existe objectivement quand elle existe en tant que chose connue, en tant qu'objet de l'esprit. En 1641, Descartes écrit dans ses *Méditations métaphysiques* : « Être objectivement, [c'est] être dans l'entendement en la manière que les objets ont coutume d'y être. » On découvre en effet que les sens nous trompent, la perception elle-même n'est pas fiable. L'objectivité ne saurait donc être donnée par l'expérience. La pensée de Kant marque un tournant épistémologique. Il rétorque que les perceptions multiples fournies par l'expérience sont organisées et ordonnées par notre entendement. Ce qui est connu n'est pas l'objet par lui-même, mais l'objet tel qu'il est représenté par l'esprit : « *Des principes a priori fondent des jugements objectivement valables tout en étant empiriques* » (*Prolegomènes à toute métaphysique future qui pourra se présenter comme science*, 1783). La connaissance est le résultat de deux facteurs : l'objet et le sujet. Mais comment parler d'objectivité lorsque objet et sujet ne font qu'un ? C'est le cas des sciences humaines et sociales, la sociologie notamment, qui émergent à cette époque... Pour atteindre une certaine objectivité, la science du XIX^e siècle propose alors de dissocier, voire d'opposer, l'objet connu et le sujet connaiseur. Les scientifiques se voient eux-mêmes comme de potentiels obstacles à la connaissance. Le XX^e siècle voit arriver le doute vis-à-vis de la notion même d'objectivité : les lois scientifiques les plus sûres (comme la gravitation de Newton) sont remises en cause ! Des instruments de mesure de plus en plus précis et de puissantes technologies permises par l'avènement de l'informatique obligent à revoir certains modèles théoriques. Une connaissance scientifique pourra-t-elle jamais être totalement objective ? La science se révèle elle-même être irréductiblement construite sur des valeurs subjectives ! L'idée de l'objectivité forte, portant sur les choses elles-mêmes, correspondrait à une science idéale, indépendante de l'histoire et de la société. Or, la science est une activité sociale. Henri Poincaré l'exprimait ainsi dans *la Valeur de la science* en 1905 : « *Ce qui est objectif doit être commun à plusieurs esprits, et par conséquent pouvoir être transmis de l'un à l'autre.* »

L'objectivité se construit petit à petit, elle possède un caractère dynamique. Les notions subjectives de perceptions, de concepts et de valeurs sont en fait l'unique moyen de l'atteindre. L'observation, l'expérience, l'expérimentation, la méthode en sont les garants.

En pratique, le chercheur, qui d'autant plus est en charge d'une multitude de tâches et de missions administratives, est censé appliquer dans ses recherches une méthode scientifique, basée sur l'observation, l'expérience et le doute constructif, porteuse de garde-fous et garante d'une certaine valeur des résultats produits. Hélas, la mise en œuvre de telles méthodologies nécessite des moyens considérables en termes de temps et de ressources humaines, denrées dont nos politiques de recherche sont de plus en plus avares. Comment valoriser le travail d'expertise, idéalement anonyme, réalisé par un professionnel qui évalue minutieusement la qualité d'une étude originale soumise à la communauté ? Il y a là matière à réunir scientifiques et décideurs autour d'une même table pour y réfléchir.

La passion et la curiosité, le vrai moteur des maths !

Les progrès techniques de ces dernières décennies (saisie et traitement de texte, édition scientifique, communication instantanée, baisse des coûts d'impression, partage massif de documents...) marquent une rupture : ils facilitent le travail du scientifique et donnent dans le même temps naissance à des problématiques nouvelles et des défis passionnants (les précédents articles consacrés au calcul scientifique, à la simulation numérique et à la transdisciplinarité en attestent). Par exemple, le chercheur peut vite se trouver totalement submergé par la massive production de ses pairs ! Comment maintenir une veille bibliographique sérieuse, dans un domaine d'activité donné, quand des centaines de nouveaux articles sont rendus disponibles chaque jour ? La solution la plus immédiate pour le chercheur consiste à se spécialiser dans un secteur extrêmement pointu (où les experts, peu nombreux, sont parfaitement identifiés et où les progrès sont lents) ou dans une thématique « à la mode ». Ces choix stratégiques se font au détriment d'une exploration plus audacieuse, plus originale, plus personnelle, et sont une conséquence de la gestion et de l'évaluation de la recherche scientifique dans nos sociétés. Ne risque-t-on pas alors de voir à terme la science se scléroser ?

Heureusement, la curiosité, la passion, l'enthousiasme et l'abnégation de nombreux chercheurs dans tous les domaines du savoir rendent ce scénario peu probable. En mathématiques, la beauté d'un résultat, la finesse d'un raisonnement, l'esthétique d'une construction, l'émerveillement devant une équation ou une théorie nouvelle, la jouissance de « cracker » un problème ardu qui énerve les experts depuis des années, l'admiration d'un(e) collègue à la pensée féconde ou totalement investi(e) dans ses recherches, autant de notions subjectives, animent les défricheurs de nouvelles terres. Et ce, quelles que soient les difficultés : haute technicité du domaine, débouchés incertains, indifférence des médias, chute des effectifs dans les filières scientifiques, charges

d'enseignement et missions administratives lourdes, racket éhonté des éditeurs scientifiques (le développement de journaux spécialisés de nouvelle génération, comme récemment *Discrete Analysis* sous l'impulsion de Tim Gowers, montre cependant que des solutions existent pour ce problème... et pour les autres).

La science a besoin de temps, pas de tampons !

Un autre sujet d'inquiétude majeure est apparu, lui aussi consécutif de l'ingérence du politique et des instances administratives dans le pilotage de la recherche fondamentale : le « *publish or perish* » est devenu une réalité dévastatrice ! Obtenir un poste relève de la mission impossible et tous les coups sont permis pour publier vite. Il faut opposer à ces pressions un retour à la déontologie : la science a besoin de temps, pas de tampons ! Les chercheurs parlent de passion, de partage, de soif de connaissance, de découvrir les lois subtiles de l'univers, quand les décideurs et politiques raisonnent en termes de projets à court terme (à ce titre, l'obsession de certains de figurer en bonne place dans le prochain « classement de Shanghai » des universités est significative). La tendance est au financement massif de « grands » projets d'envergure, aux objectifs bien balisés *a priori* (!), mobilisant des dizaines voire des centaines de chercheurs.

Ce modèle n'est pas bien adapté aux mathématiques, dans lesquelles les collaborations se font rarement à plus de quatre ou cinq chercheurs et où les besoins matériels restent relativement modestes. Une autre répartition des moyens financiers (moins conséquents mais à plus d'équipes) serait préférable. Qui peut sincèrement croire que l'électricité a été découverte en investissant massivement dans le perfectionnement de la bougie ? N'est-ce pas plutôt la liberté de pensée de quelques défricheurs courageux qui permet les innovations (les vraies) ? Et si décideurs et scientifiques se retrouvaient, là encore, pour en discuter ?

Revenons aux valeurs fondamentales et fondatrices pour continuer à donner envie à nos jeunes d'embrasser des carrières exaltantes, et pour que cessent les affaires de fraude scientifique. Ces dernières se sont multipliées ces dernières années, notamment (mais pas seulement) dans les sciences humaines et sociales : études bidonnées, résultats créés de toutes pièces ou non vérifiables, plagiat, données inventées, expériences biaisées, théories non testables, conflits d'intérêt... Publier le premier et se faire remarquer pour obtenir le financement nécessaire à une étude peuvent pousser le plus vertueux des scientifiques à franchir la ligne rouge, surtout si ses collègues n'ont plus le temps de vérifier ses travaux.

Des enjeux sociétaux majeurs, de la finance au Big Data

Les mathématiques ne sont pas épargnées par ces considérations ! On a ainsi vu en 2006, après la démonstration de la conjecture de Poincaré par le Russe Grisha Perelman, des tentatives d'attribution indue de ce glorieux résultat scientifique. La communauté s'est immédiatement indignée, et les deux chercheurs chinois concernés ont dû faire amende honorable.

Quelques années plus tard, les médias se sont déchaînés sur la responsabilité des mathématiques financières et des enseignants-chercheurs dans la crise actuelle. L'analyse stochastique appliquée a permis l'avènement de produits financiers douteux. On a créé des outils théoriques qui peuvent être détournés de leurs fins et s'avérer concrets et dangereux ! Avait-on déjà oublié le rôle de l'algèbre dans la fabrication de la bombe atomique ? Qui est responsable de l'exploitation illicite d'un théorème assorti de ses hypothèses, ou d'un concept sorti du cadre conceptuel dans lequel il a été défini : le découvreur ou l'utilisateur ? Qui est responsable du détournement d'un outil, livré avec sa notice d'utilisation, à des fins malveillantes ?

Plus proche de nous, l'affaire Snowden illustre certaines dérives liées aux données et au Big Data. Ainsi, la National Security Agency est l'une des principales sources de financement de la recherche américaine en mathématiques. Mais l'exploitation du fruit de ces recherches invite à s'interroger quant à la moralité voire à la légalité de plusieurs activités de l'agence, notamment concernant certaines collectes de données à des fins de surveillance électronique massive de la population. Rares sont les mathématiciens qui ont le courage de proposer de rompre tout lien, scientifique, financier ou autre, avec la NSA...

Plus encore que la cryptographie hier ou la finance aujourd'hui, demain c'est le Big Data et toutes les sciences des données qui seront concernées par ces questions déontologiques profondes. Oui, le mathématicien, par son travail, par son indépendance, a un impact sur le monde, sur la société : plus aucun domaine technologique, aujourd'hui, ne peut se passer des mathématiques. Notre communauté doit en prendre conscience et agir en conséquence. Même si le plaisir de faire des maths, la curiosité et la passion seront toujours nos moteurs !

É.T.

Pour en savoir (un peu) plus :

La science selon Henri Poincaré. Henri Poincaré, Dunod, 2013.

Les trois classiques de Poincaré, très lisibles et toujours d'actualité : la Science et l'Hypothèse, la Valeur de la science et Science et Méthode.