

Les mathématiques dans la cité

Introduction à la publication

Marie-José Durand-Richard (Université Paris VIII-REHSEIS)

"A quoi çà sert, les maths ?". Quel est le professeur de mathématiques qui n'a jamais eu à répondre à cette question ? Une question qui d'ailleurs l'a le plus souvent laissé sans voix. N'a-t-il pas lui-même appris que seules comptent en ce domaine la valeur esthétique et la rigueur théorique ? Il est en effet très souvent affirmé que les mathématiques ne tirent leur vérité que d'elles-mêmes, et l'enseignement par disciplines ne donne pas souvent aux élèves ou aux étudiants les moyens d'appréhender leurs implications sociétales, même s'ils ont bien conscience de l'existence de technologies fort pointues. Mais s'ils peuvent soupçonner ces technologies d'être fortement étayées par les mathématiques, il leur est cependant difficile d'en préciser le niveau d'implication. Ceci étant, la question de l'utilité des mathématiques est une chose, celle de leur intrication dans les sociétés où elles prennent corps comme domaine actif d'enseignement et de recherche en est une autre, encore plus ignorée, et que le présent volume se propose d'explorer. Une entreprise qui relève à la fois de la mise à jour des relations entre science et société, et de l'examen des conditions de production et de légitimation de cette science. Ces conditions débordent la seule analyse épistémologique, y compris pour l'histoire des mathématiques. L'exemple des "nouvelles technologies de l'information et de la communication" est assez révélateur de cet état de fait. Au quotidien, elles participent d'un bouleversement majeur de nos modes d'organisation relationnelle dans de très nombreux domaines. Au delà, l'autonomie d'action dont disposent les machines concernées modifie sensiblement les conceptions classiques de la relation corps-esprit, et de la situation de l'humain face au monde physique. Leur existence s'appuie en grande partie sur les acquis des sciences et des techniques – pas seulement de la logique – et restructure jusqu'aux rapports économiques entre les différents pays de la planète. C'est dire que notre histoire est profondément marquée par celle des disciplines scientifiques.

Et pourtant, paradoxalement, aussi bien l'histoire que les sciences persistent, dans la plupart des cas, à envisager leur enseignement indépendamment l'un de l'autre. L'histoire se présente comme si les sciences et les techniques n'avaient en rien participé aux événements constitutifs

des différentes cultures où elles ont pris place. Et jusqu'à ces dernières années¹, l'enseignement scientifique ne faisait aucune référence à l'inscription des sciences dans l'histoire de ces mêmes cultures et de leur expansion, en dehors de quelques repérages chronologiques et événementiels de "grandes découvertes". Quant à l'histoire des sciences, elle a longtemps souffert – au moins depuis l'emprise du positivisme, si ce n'est depuis la Révolution Scientifique du XVII^e siècle – d'une perspective hagiographique, voire téléologique, privilégiant les références aux progrès², aux ruptures épistémologiques qui les ont accompagnés, et au génie des savants qui les ont promus, plutôt qu'à l'étude de leurs conditions d'émergence et d'intégration dans les sociétés où elles se déploient. Qui plus est, dans la mesure où l'enseignement conduit à présenter les sciences sous leur forme la plus aboutie, comme un édifice théorique logiquement constitué, elles apparaissent à ceux qui les reçoivent sous cette forme, non pas tant comme l'état présent de nos connaissances, que comme un ensemble de certitudes incontestables, et d'autant mieux fondées qu'elles sont mathématisées.

La science n'est pourtant pas le fruit d'une révélation à laquelle ne seraient conviés que quelques rares génies, dont l'esprit ascétique et opiniâtre, se détournant des apparences et des contingences d'un monde essentiellement désordonné et instable, aurait seul permis d'atteindre quelque absolu de la connaissance, comme Platon incitait à le penser dans son allégorie de la caverne³, et dont la posture du scientifique garde aujourd'hui quelque trace. La science est aussi production humaine, et donc production culturelle parmi d'autres, comme elle productrice de sens, porteuse de motivations, de volontés et de valeurs qui, si elles restent masquées sous l'acceptation consensuelle des hypothèses au moment de l'énonciation théorique, ne manquent pas d'interférer dans le processus de légitimation du discours scientifique. Comme toute production culturelle, la science est l'objet d'incertitudes et de débats, d'adhésions et de rejets, qui participent à l'élaboration d'une certaine forme d'appréhension globale du monde, située dans un univers de la permanence, seul susceptible de dépasser la simple maîtrise locale de techniques appropriées à un exercice précis, longtemps perçues comme contingentes. C'est précisément le fait que les contenus

¹ Alors que l'enseignement de la philosophie des sciences était traditionnellement limité aux facultés de philosophie, un enseignement d'histoire et de philosophie des sciences tend à se mettre en place depuis quelques décennies dans les universités à dominante scientifique, et a été encouragé depuis une dizaine d'années par quelques initiatives ministérielles. Celles et ceux qui partagent les préoccupations des initiateurs de cet ouvrage ne peuvent que souhaiter que les exigences de productivité accrue du monde universitaire – telles qu'elles sont actuellement formulées au niveau européen – ne parviennent pas à briser cette tendance.

² Ce que les historiens anglo-saxons qualifient de conception "Whig" de l'histoire.

³ Platon, 1950, "La République", *Œuvres complètes*, Paris, Gallimard. Tome I. Livre VII, § 514-521, pp. 1101-1111.

scientifiques et leur statut se soient modifiés au cours de l'histoire qui les rend interrogeables. François Châtelet nous y invite, lorsqu'il affirme que "la raison elle-même a une histoire"⁴, ainsi que Jean-Pierre Vernant lorsqu'il se démarque de la glorification du "miracle grec" pour préférer associer cette supposée naissance de la science en Grèce, alors synonyme de philosophie, aux valeurs constitutives de l'avènement du *logos*, à savoir l'établissement d'une certaine forme de démocratie, où la recherche d'une vérité propre à la Nature se nourrit d'une exigence de certitude qui permette de dépasser les turbulences du débat sur les conditions d'exercice d'un pouvoir collectif⁵.

Les sciences et les techniques jouent ainsi un rôle organisationnel et symbolique fondamental dans nos sociétés. Et persister à ignorer leurs conditions d'élaboration aboutit à une situation pour le moins pernicieuse, où la sphère publique se trouve scindée entre ceux qui savent manipuler outils et concepts, bien souvent sans aucune idée des médiations nécessaires à leur inscription sociétale, et ceux qui, faute de les avoir assimilés, en sont réduits à s'y référer comme à une pensée magique, du type : "c'est vrai parce que c'est mathématique". Cette dichotomie dans l'appréhension du savoir est bien peu compatible avec l'exercice d'une réflexion critique autonome – avec les effets d'appropriation et de distanciation qui l'accompagnent – qui permette d'étayer un argumentaire rigoureux et circonstancié, pour tous ceux qui interviennent dans des choix où les sciences et les techniques se trouvent de plus en plus massivement impliquées.

Forts de ce type de constat, les historiens des sciences de ces dernières décennies⁶ ont contribué à renouveler les perspectives, en insistant précisément sur la nécessité de distinguer entre l'activité scientifique elle-même – celle du "working scientist", selon l'expression des Anglo-Saxons – et la fonction symbolique de représentation qui donne à la science un statut spécifique dans un contexte donné. En tout premier lieu, la prise en compte de ces deux

⁴ Châtelet, François., 1992, *Une histoire de la raison*, Paris, Seuil. Points Sciences.

⁵ Vernant, Jean-Pierre, 1962, *Les origines de la pensée grecque*, Paris, P.U.F., 1962, 4ème éd., 1981 ; & 1986, *Mythe et Pensée chez les Grecs*, Paris, Maspéro La Découverte.

⁶ Parmi les travaux qui peuvent servir de jalons à ce retournement de perspective : Dahan A. & Pestre D., 2004, *Les sciences pour la guerre, 1940-60*, Paris, EHESS ; Belhoste, B., 2003, *La Formation d'une technocratie. L'École polytechnique et ses élèves de la Révolution au Second Empire*, Paris, Belin ; Gaudillière, J.-P., 2002, *Inventer la biomédecine. La France, l'Amérique et la production des savoirs du vivant (1945-1965)*, Paris, La Découverte ; Hacking, I., 2001, *Entre science et réalité : la construction sociale de quoi*, Paris, trad. frçse ; Castelli, Gattinara Enrico, 1998, *Les inquiétudes de la Raison, Epistémologie et histoire en France dans l'entre deux-guerres*, Paris, Vrin ; Shapin, Steven & Schaffer, Simon, 1993, *Leviathan et la pompe à air, Hobbes et Boyle entre science et politique*, Paris, La Découverte, traduit frçse de Thierry Piélat, avec la collaboration de Sylvie Barjansky ; (ed.) Petitjean, Patrick, & Jami, Catherine, & Moulin, Anne-Marie, 1992, *Science and Empire*, Dordrecht-Boston-London, Kluwer Academic Publishers ; (dir.) Callon M. & Latour B., 1990, *La*

modes d'existence de la science est une étape indispensable pour ne pas brouiller les analyses qui concernent les possibilités conceptuelles ouvertes par le travail scientifique, et celles qui relèvent du statut de la discipline, tel qu'il est projeté et soutenu par les institutions politiques, religieuses ou scientifiques selon les contextes, et auquel savants et scientifiques sont susceptibles de participer. Cette distinction permet de préciser du même coup les apports et les limites d'une théorie scientifique, sans la confondre avec le mythe d'une science qui puisse rendre le monde transparent à son discours, et l'humain "maître et possesseur de la nature"⁷. Elle s'inscrit dans le prolongement des analyses de l'archéologue et paléontologue André Leroi-Gourhan (1911-1986), qui insistait sur l'importance prise par la mémoire d'éducation chez les vertébrés supérieurs que nous sommes, une mémoire d'éducation "coulée dans le langage, totalement socialisée et constituant un capital de pratiques, transmissible d'une génération à l'autre"⁸, mais qui rend du même coup l'humain profondément dépendant des groupes sociaux auxquels il appartient.

Mais pointer cette séparation ne suffit pas, et comporte un risque de spécialisation entre les historiens des sciences. Ce risque est bien réel, et a conduit certains, en particulier en mathématiques, à se réclamer d'une approche internaliste de leur domaine⁹, tandis que d'autres – qu'ils la revendiquent ou qu'ils soient ainsi qualifiés par les autres – en proposent une approche externaliste, voire sociologique. Une fois séparés science et statut de la science, pour les raisons méthodologiques invoquées, il reste à examiner les intrications entre les deux, et à quels niveaux elles se situent. Pourquoi présupposer en effet que les sciences puissent évoluer en tant que telles, parallèlement aux transformations de leur statut, sans que n'ait lieu aucune interférence entre la formation des concepts et leur situation contextuelle ? Pourquoi persister à séparer histoire et histoire des sciences ? Comment procéder pour déplacer cette ligne de fracture ?

De Michel Foucault à Paul Ricœur, en passant par Roland Barthes¹⁰, l'attention portée à l'analyse comparative des textes permet de sortir de cette représentation où le référent du

science telle qu'elle se fait, Paris, La Découverte ; Lloyd, G.E.R., 1990, *Magie, raison et expérience*, Paris, Flammarion ; Latour, B., 1989, *La science en action*. Paris, La Découverte.

⁷ Descartes, René, 1953 (1637), "Discours de la Méthode", *Œuvres et lettres*, Paris, Gallimard, La Pléiade, p. 168.

⁸ André Leroi-Gourhan, 1983, *Le fil du temps, Ethnologie et préhistoire*, Paris, Seuil, Points Sciences, p. 82.

⁹ Cette approche internaliste s'ouvre de plus en plus vers une approche qui intègre l'étude des philosophies contemporaines, mais s'arrête avant d'aborder la question des enjeux dont les philosophes sont eux-mêmes parti prenante dans le contexte historique où ils travaillent.

¹⁰ Barthes, Roland, 1964, *Le degré zéro de l'écriture*, & *Eléments de sémiologie*, Paris, Gonthier ; Foucault, Michel, 1966, *Les mots et les choses, Une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard ; Ricœur, Paul, 1975, *La métaphore vive*, Paris, Seuil, Points Essais.

discours scientifique correspondrait à la réalité d'un monde déjà là, et dont des catégories déjà constituées s'offriraient à la sagacité des savants. A partir de leurs travaux, ce référent peut être envisagé comme lui-même construit à partir d'une recherche de rationalisation dont l'analyse historique permet de cerner les enjeux et les limites. Savants et scientifiques y interviennent dans une tension toujours mouvante entre les exigences théoriques et celles des réseaux de significations auxquels ils appartiennent. Scribes égyptiens et mésopotamiens, citoyens aristocrates grecs, fonctionnaires chinois, administrateurs arabes, théologiens scolastiques, ingénieurs, juristes, savants au service de mécènes, universitaires, académiciens soutenus par la royauté, la nation ou la société civile, laboratoires de recherche aux crédits publics ou privés, civils, militaires ou industriels : ces différents groupes d'acteurs n'ont pas nécessairement la même formation, les mêmes motivations, le même type d'audace inventive, et ne dessinent pas d'emblée les mêmes contours à la démarche rationnelle qui est la leur. Ce qui implique que la transmission des sciences d'une société à une autre passe pas des réinterprétations essentielles à leur appropriation. L'émergence de significations nouvelles se constitue ainsi dans l'interaction entre différents champs d'investigation et différents modes de représentation, qui font intervenir aussi bien la recherche d'une logique interne – garantie de certitude – que celle d'un sens attaché à de multiples formes possibles de légitimation collective, pouvant aller de l'universalité des lois de la nature aux implications militaires de la recherche opérationnelle.

C'est ce long processus d'échanges, à travers lequel s'élabore le discours scientifique, qu'il s'agit donc de restituer, en précisant ses incessants allers-retours entre nouveauté et transmission. L'affirmation de la science comme vérité universelle détachée des contingences, est effectivement une de ses ambitions constitutives, mais ce n'est pas la seule. Le discours par lequel la science s'affirme comme telle n'est que provisoirement consensuel, parce qu'il est soumis aux réinterprétations qui en accompagnent l'élaboration et la circulation. Il n'est pas le fruit du développement téléologique d'une pensée innée, mais celui d'une construction unificatrice entre plusieurs niveaux de significations produites collectivement et représentées institutionnellement. Poser ce problème et en assumer les conséquences épistémologiques n'implique pas de sombrer dans le relativisme, mais d'inscrire la production scientifique dans les débats qui opposent idéalistes et empiristes, au moins depuis que la science s'affirme comme expérimentale – c'est-à-dire issue des pratiques humaines – en même temps que fondée sur les mathématiques. Historiquement, depuis les audaces de Galilée (1564-1642), l'opposition entre Descartes (1596-1650) et Locke (1632-1704) n'a cessé de se prolonger : l'option de ce volume est d'examiner les argumentaires liés à ces orientations plutôt que de

l'occulter, et d'en prolonger l'examen jusqu'aux mathématiques elles-mêmes, dans la mesure où celles-ci se trouvent rarement interrogées dans cette perspective. C'est donc toute la question, non pas de l'objectivité, mais de l'objectivation scientifique, considérée sous ses multiples aspects, qui devient ainsi l'objet même du travail de l'historien des sciences.

Constitué au sein d'un département scientifique dans une université de sciences humaines telle que Paris 8, le groupe de recherche "Sciences, Légitimités, Médiations" s'est inscrit délibérément dans ce type de questionnement, à la recherche d'un mode d'analyse qui conjugue les approches internaliste et externaliste en histoire des sciences. En organisant initialement son séminaire sur les thèmes : "La question de l'interprétation et le rôle de l'historien", puis "Rationalités et interprétations", sa perspective reste précisément d'analyser comment s'harmonisent les différents registres interprétatifs qui contribuent, dans un contexte historiquement situé, à donner au discours scientifique une légitimité telle qu'il puisse faire fonction de référence, contribuer à l'adoption d'un paradigme, étayer cette légitimité qui n'est pourtant jamais totalement assurée, et dont rationalistes et empiristes n'ont jamais cessé d'interroger les fondements, au moins depuis qu'est posée la question du rôle du savant dans l'élaboration de la science. Pourtant, alors que la mathématisation d'un domaine de connaissances joue un rôle majeur dans sa reconnaissance au titre de discipline scientifique, force est de constater que l'analyse des modes d'échanges entre les mathématiques et les autres sciences, et de leur impact sur la constitution des mathématiques elles-mêmes, se trouve assez fréquemment occultée, au point de constituer un véritable point aveugle de l'histoire des sciences. En effet, le point de vue platonicien reste fort, non seulement chez les mathématiciens eux-mêmes, mais aussi chez bien des philosophes et historiens des mathématiques, dont il est régulièrement possible d'entendre certains affirmer que "les mathématiques ne se nourrissent que d'elles-mêmes". Du coup, aussi bien le mode d'intervention des mathématiques dans le processus d'objectivation, que l'influence exercée en retour sur leur développement, sont passés sous silence. Au delà de la référence platonicienne, un tel non-dit se nourrit sans doute de l'ancrage des mathématiques sur le projet de "mathesis universalis" qui, au moins depuis Descartes et Leibniz (1646-1716), les ont installées comme référence ultime de la vérité : l'automatisme du calcul algébrique y apparaît comme un tel gage de puissance et de généralité que les interrogations philosophiques sur le lieu de la signification des symboles ne suffisent pas à ébranler cette idéologie, encore toute entière présente dans les premières ambitions d'une intelligence artificielle que semblait matérialiser l'ordinateur dans les années 1950. Les récents travaux sur l'histoire des mathématiques mésopotamiennes ou chinoises sont venus montrer ce qu'une épistémologie trop centrée sur

une conception contemporaine – voire occidentale – de l'écriture mathématique pouvait avoir de désastreux pour la reconnaissance des procédures algorithmiques comme mode de raisonnement mathématique à part entière¹¹. Ce projet de langue universelle – cette utopie, comme l'écrit Umberto Eco¹² – s'est pourtant trouvé ruiné au 20^{ème} siècle, lorsque le théorème d'incomplétude de Kurt Gödel (1906-78) a marqué l'échec définitif du programme logiciste de réduction des mathématiques à la logique, et conduit à une séparation radicale entre déductibilité et vérité. Quant aux développements de l'informatique et de l'intelligence artificielle, après une première phase utopique elle aussi, ils ont permis de renouveler considérablement l'analyse des relations entre langages artificiels et langages naturels, et de mieux prendre en compte toutes les composantes de la signification du langage¹³. Il n'en demeure pas moins que, si les mathématiques apparaissent davantage aujourd'hui comme base de modélisation que comme gage de certitude, elles persistent bien souvent à légitimer sans phrase l'opérativité des processus de décision.

Dans ces conditions, "Interroger la place des mathématiques dans la cité" relève quasiment de l'urgence. Cette démarche suppose que le scientifique, le savant, ne soient plus saisis dans le splendide isolement du sujet connaissant, celui que lui désignait l'assertion cartésienne du "Je pense, donc je suis". Elle suppose d'intégrer ce sujet dans un contexte historiquement et socialement situé, de lui restituer sa fonction d'acteur et de sujet existant, et d'examiner les différentes fonctions imparties au discours qu'il produit, en s'appuyant non seulement sur la polysémie des concepts, mais sur la diversité des réseaux d'acteurs auxquels il appartient. Dans cette optique, la récente publication du volume "La juste mesure"¹⁴ par nos collègues historiens et historiens des techniques de Paris 8 vient à point nommé insister sur l'importance du long travail de transmission et d'appropriation des mathématiques parmi différents réseaux d'acteurs : administrateurs, architectes, ingénieurs, commerçants, navigateurs, entre le VIII^{ème} et le XVIII^{ème} siècles. Bien que cette période ait été très longtemps négligée comme pré-scientifique, ou observée seulement à partir des centres de pouvoir, elle a pourtant très efficacement préparé la genèse et l'assimilation de la Révolution Scientifique du XVII^{ème} siècle, en faisant pénétrer les ressources de la quantification en de multiples strates de la

¹¹ Chemla, Karine, 2004, *Les neuf chapitres, Le classique mathématique de la Chine ancienne et ses commentaires*, Paris, Dunod ; Proust, Christine, 2004, "Textes mathématiques de Nippur. Reconstitution du cursus scolaire", Thèse Université Paris VII ; Ritter, James, 1989, "Babylone, -1800", & "Chacun sa vérité : les mathématiques en Egypte et en Mésopotamie", *Eléments d'histoire des Sciences*, ss. dir. M. Serres, Paris, Bordas, 1989, p. 17-37 et p. 39-61.

¹² Eco, Umberto, *A la recherche de la langue parfaite*, Paris, Seuil, Essais.

¹³ Victorri, B., & Fuchs C., 1996, *La polysémie. Construction dynamique du sens*, Paris, Hermes.

¹⁴ (dir.) Moulinier, L., & Sallmann, L., & Verna C., & Weill-Parot, 2005, *La Juste Mesure : Quantifier, évaluer, mesurer, entre Orient et Occident (VIII^{ème}-XVIII^{ème} siècle)*, Paris, Presses Universitaires de Vincennes.

société. Comment ignorer l'importance de ce phénomène¹⁵, et les effets du développement de l'algèbre¹⁶ et des techniques¹⁷, dans le si long processus qui conduit du IIIème siècle avant notre ère, avec les démonstrations euclidiennes et archimédiennes donnant une aire sous une ligne courbe (cercle, parabole, ellipse, pour ne citer que les plus simples), et dont la démarche nous semble logiquement si proche de "notre" notion de limite, jusqu'au XVIIème siècle, marqué par l'élaboration du calcul infinitésimal, avec les débats entre Descartes, Fermat, Roberval, Pascal, Wren, Barrow, Wallis, et son identification comme discipline à part entière avec Newton et Leibniz ?

L'importance acquise par la fonction opératoire des mathématiques ne peut éviter d'interroger la responsabilité du sujet en tant qu'acteur, producteur de ses propres représentations, et porteur de celle de son temps et de son milieu social. C'est au croisement entre structure opératoire et polysémie des interprétations que s'établit la fonction symbolique des mathématiques dans une situation donnée. Loin du statut de vérités innées que leur conférait Descartes, renouant avec leur histoire, elles tissent des significations qui participent aussi bien du souci d'édification théorique qu'à la possibilité d'opérer sur des catégories qu'elles contribuent à constituer, renvoyant à la polysémie du langage naturel.

Les textes présentés dans ce volume constituent quelques jalons de cette exploration des différents niveaux d'implication des mathématiques dans les affaires du monde. Ils cherchent à mettre ainsi l'accent sur les intrications entre la conceptualisation des mathématiques et le contexte de leur élaboration à différentes époques et en différents lieux, ainsi que sur la fécondité d'échanges culturels si souvent ignorés entre les différents milieux concernés. Ils insistent parallèlement sur les exigences techniques et pratiques de l'activité mathématique, que l'historiographie classique tend à appréhender comme mineures, comme si l'heuristique n'était que subordonnée à la théorisation, sans en être partie prenante. Et ils offrent chacun une abondante bibliographie invitant le lecteur à poursuivre l'enquête.

Pascal Briost et Alexandre Bruneau examinent l'implication des mathématiques dans la construction des fortifications chez les ingénieurs militaires de la Renaissance, en Italie et en

¹⁵ Il intervient également, sans être le seul facteur, dans la Révolution Astronomique conduite par Copernic, Képler et Galilée.

¹⁶ De l'algèbre littérale des mathématiciens arabes à sa symbolisation à la Renaissance. Rashed, R., 1985, *Entre arithmétique et algèbre : recherche sur l'histoire des mathématiques arabes*, Belles Lettres. Djebbar, Ahmed, 2005, *L'algèbre arabe, genèse d'un art*, (à paraître).

¹⁷ Thuillier, P., 1976, "Au commencement était la machine", *La Recherche*, 63, 47-57. Republié dans 1980, *Le petit savant illustré*, Paris, Seuil.

France, un groupe qui se constitue alors socialement sur la base de leurs connaissances mathématiques, mais que l'historiographie des mathématiques n'a pas suffisamment pris en considération à ce jour. Usage dynamique des mathématiques, qui œuvrent non seulement à dresser les plans des fortifications, mais à apprécier et optimiser les angles de tir ou des axes de défense. Ces problèmes d'optimisation concernent non seulement l'ordre des batailles, mais la construction des fortifications elles-mêmes, et l'organisation matérielle et humaine du travail, puisque les ingénieurs de la Renaissance sont également maîtres d'ouvrage. L'implication des mathématiques dans les affaires militaires a ainsi plutôt préparé qu'attendu la recherche opérationnelle. Avant que la spécialisation des tâches ne hiérarchise les relations jusque là complexes entre maçons, artilleurs et ingénieurs, et que la maîtrise de la géométrie euclidienne n'étaye la compétence des ingénieurs, cette géométrie côtoyait aussi bien l'arithmétique que les instruments de mesure et de visée, et cette fréquentation n'a pas peu contribué à introduire des éléments de quantification absents des *Eléments* d'Euclide, mais bien présents dans la relecture qu'en propose des auteurs comme Simon Stevin de Bruges (1548-1620) au début du 17^{ème} siècle¹⁸.

Irina et Dimitri Gouzévitch présentent un moment spécifique de l'institutionnalisation des sciences, et plus spécifiquement des mathématiques en Russie. Ils analysent les origines franco-hispano-écossaises de l'école mécanico-mathématique russe de Mikhail Vasilyevich Ostrogradsky (1801-62), origines particulièrement méconnues par l'historiographie. Celle-ci insiste sur la formation mathématique d'Ostrogradsky à Paris dans les années 1820s, et sur le théorème qui porte son nom, qui permet de réduire certaines intégrales de volume à des intégrales de surfaces, théorème qu'il établit dans sa démonstration indépendante du théorème de Green. Elle lui reconnaît un rôle majeur dans la mathématisation de l'enseignement supérieur technique, et fait de lui le créateur de l'importante école de mécanique de Saint-Petersbourg, dont les travaux de Pafnutiy LvovitchTchebychev (1821-94) sur la théorie de la régulation automatique constitueront un prolongement essentiel. Mais aucune connexion intime n'est véritablement établie entre ces deux aspects de son œuvre. Cet article restitue la continuité ignorée des échanges conceptuels et institutionnels existant entre l'Europe et la Russie au début du XIX^{ème} siècle – estompés par l'ombre du politique au XX^{ème} siècle – où le tsar Alexandre Ier finance les travaux d'un groupe d'ingénieurs venus de France, et coordonnés par l'Espagnol Augustin Bétancourt (1758-1824), pionnier de la théorie des machines, l'entrepreneur écossais Charles Baird (1760-1843), qui dirige une grande entreprise

¹⁸ Stevin, S., 1634, *Les œuvres mathématiques de S. Stevin, où sont insérés les Mémoires mathématiques, esquelles s'est exercé Maurice de Nassau, prince d'Aurenge*, Leyde, le tout revu, corrigé et augmenté par A.

privée de métallurgie et de mécanique en Russie, et le Polytechnicien français Pierre Dominique Bazaine (1786-1838). Leurs travaux communs, qui portent à la fois sur la construction et la théorie des écluses à bassins d'épargne comme du mouvement des bateaux à vapeur, nourriront des rapprochements essentiels entre géométrie descriptive, mécanique analytique et mécanique appliquée, que les auteurs considèrent comme le "creuset" dont sortira l'école d'Ostrogradsky à l'Institut des Ingénieurs des Voies de Communication (ICIVC). C'est aussi cette formation qui permet à Benoît Paul Emile Clapeyron (1799-1864), à son retour de Russie en France, d'intégrer mieux que d'autres le travail de Sadi Carnot sur la puissance motrice du feu, préparant les développements de la thermodynamique. Qui plus est, en spécifiant les orientations d'Ostrogradsky du côté de la physique appliquée, Irina et Dimitri Gouzévitch répondent indirectement aux auteurs du récent ouvrage, *Computing in Russia*, lorsqu'ils s'étonnent de son indifférence vis-à-vis du travail de Nikolai Ivanovitch Lobatshevski (1792-1856) en géométrie non euclidienne, et surtout vis-à-vis des initiatives moins connues de Semen Nikolayevich Korsakov, qui envisageait d'utiliser une machine à cartes perforées pour automatiser la classification de données statistiques¹⁹ : n'était-il pas trop engagé dans cette voie pour négliger l'intérêt des travaux sur l'outil mathématique lui-même ?

Anne-Marie Décaillot fait partie du groupe de travail qui, autour d'Hélène Gispert²⁰, a publié un ouvrage sur l'*Association Française pour l'Avancement des Sciences*, fondée juste après le désastre de 1870 et la tragédie de la Commune. Conçue sur le modèle britannique, et aux mêmes fins d'innovation et de réunification²¹, l'AFAS est destinée non seulement à la vulgarisation scientifique, mais à doubler les institutions traditionnelles – Académie et Universités – jugées sclérosées, trop isolées et trop centralisées pour promouvoir des recherches avancées. Ingénieurs, enseignants, militaires, et savants étrangers vont y promouvoir des contenus originaux, à partir de préoccupations qui sont à la fois théoriques, pratiques, appliquées et récréatives. Elle promeut également la réalisation d'instruments, dont des machines mécaniques et électriques pour les calculs scientifiques, où on retrouve notamment Tchebychev et l'ingénieur madrilène Leonardo Torrès y Quevedo (1852-1936), souvent cité par les historiens de l'informatique comme créateur d'une école d'automatisme. C'est dans ce cadre, à partir de son intérêt initial pour les problèmes de tissage et la "géométrie

Girard. 6 vols.

¹⁹ Trogemann, G., & Nitussov, A. I., & Wolfgang E. (Eds), 2001, *Computing in Russia. The History of Computer Devices and Information Technology revealed*, Wiesbaden, Vieweg. Translated by A.Y. Nitussov. p. 47-50.

²⁰ (dir.) Gispert, H., 2002, *Par la science, pour la patrie. L'Association française pour l'avancement des sciences (1872-1914). Un projet politique pour une société savante*, Rennes, Presses universitaires de Rennes.

²¹ Morrell, Jack, Thackray, Arnold, 1981, *Gentlemen of Science, Early Years of the British Association for the Advancement of Science*, Clarendon Press, Oxford..

des tissus", que l'arithméticien Edouard Lucas (1842-1891) démontre des tests de primalité – c'est-à-dire des conditions suffisantes pour établir qu'un nombre est premier – qui débouchent assez directement sur des applications mécaniques, avec le "piano mécanique" d'Henri Genaille, qui effectue mécaniquement le test de primalité de Lucas relatif aux nombres de Mersenne, et qui fait déjà usage de la numération binaire. Anne-Marie Décaillot souligne ainsi que, contrairement aux idées reçues sur la théorie des nombres, notamment celles du mathématicien anglais Godfrey H. Hardy (1877-1947)²², celle-ci a pu aussi se développer dans d'autres contextes que celui des mathématiques pures, et s'est trouvée investie par des préoccupations concrètes bien avant que la cryptologie ne s'en empare.

Girolamo Ramunni rend plus sensible encore l'importance des échanges entre les différents types niveaux d'élaboration de la pensée scientifique, à propos du passage des calculateurs électroniques à l'ordinateur, qui a lieu, comme il n'est pas surfait de le rappeler, dans l'immédiate après-guerre avec le passage de la conception de l'ENIAC à celle de l'EDVAC²³. Aussi bien aux Etats-Unis qu'en Grande-Bretagne, l'enregistrement du programme constitue bien la nouveauté déterminante, fondatrice de la naissance de l'informatique. Girolamo Ramunni montre ici que ce n'est pas tant par l'identité de traitement qu'il introduit entre les données et les instructions, mais bien plutôt du fait de la souplesse considérable de la nouvelle machine et de l'ouverture qu'elle autorise sur de nouveaux champs de recherche. Les étroites collaborations issues de la Seconde Guerre Mondiale, entre physiciens, ingénieurs électroniciens, logiciens et mathématiciens, ont sensibilisé ces acteurs à l'importance d'une approche non seulement logique, mais empirique des processus de calcul, qui se joue dans un subtil compromis entre les limites du matériel et du logiciel de la machine, les exigences de précision et la prise en compte du temps d'exécution. Si cette pensée du compromis rend contestable l'habituelle classification des ordinateurs en générations²⁴, c'est elle qu'il convient de considérer comme la véritable rupture, par l'étendue des nouveaux champs de recherche qu'elle ouvre au calcul scientifique. Cette perspective est ici repérée aussi bien chez John von Neumann (1903-57) que chez Alan Turing (1912-54), alors que sont traditionnellement mises en avant leurs préoccupations sur les fondements des mathématiques, plutôt manifestes

²² Hardy, G. H., 1985, *Autobiographie, L'apologie d'un mathématicien*, Paris, Belin. Collection Un Savant, Une époque. Traduction de D. Jullien et S. Yoccoz. p. 17-18 et 42-43.

²³ L'ENIAC (Electronic Numerator, Integrator, Analyzer and Computer) est un grand calculateur électronique. Le présenter comme le premier ordinateur revient à confondre la mise en œuvre de l'électronique et la mutation conceptuelle que représente la notion de programme enregistré, il est encore très souvent présenté comme marquant la naissance de l'informatique. C'est parce qu'il matérialise la notion de programme enregistré. En ce sens, l'EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer) est bien le premier ordinateur conçu – sinon construit –, ce que le terme anglais "computer" ne permet pas forcément d'apercevoir.

pendant l'entre deux guerres. Et c'est précisément sous cet angle qu'est analysé l'échec du projet de "machine universelle" de Louis P. Couffignal (1902-66) en France dans les années 1950, qui envisage le calcul d'un point de vue strictement théorique, sans prendre en compte ses interactions avec les questions techniques posées par l'électronique.

Comme la naissance de l'informatique le laisse donc percevoir, les interactions entre mathématiques et société ne sont pas à l'œuvre seulement dans le milieu des ingénieurs, ou dans le domaine des applications. Il concerne aussi la recherche fondamentale, comme le montre David Aubin en analysant les orientations de la recherche sous-jacentes à la création en France de l'*Institut des Hautes Etudes Scientifiques* (IHES) en 1958. Les mathématiques souffrent alors d'une grave crise de représentation, entre leur fonction d'intelligibilité de la nouvelle physique pendant l'entre deux-guerres, qui les institue plus que jamais comme langage de la science, et la prise de conscience des potentialités destructrices de l'énergie atomique après Hiroshima. Aussi bien le pouvoir politique et la grande industrie sont alors concernés par la maîtrise civile de l'énergie atomique, susceptible d'offrir des débouchés autres que militaires pour les sciences de guerre. Institution privée de recherche fondamentale, l'IHES, qui se veut aussi prestigieuse que l'*Institute of Advanced Studies* à Princeton, vise à développer les conditions de possibilité d'une troisième voie pour la recherche en mathématiques, qui puisse se démarquer à la fois des mathématiques quantitatives de la prédiction, et des abstractions formelles cultivées pour la seule gloire de l'esprit humain, dont la pureté protège le mathématicien de tout dilemme moral²⁵. C'est dans ce contexte, où se trouve crucialement posée la question du rôle social des mathématiques, que la théorie des catastrophes de René Thom (1923-2002) s'offre comme théorie indépendante de tout substrat pour appréhender l'intelligibilité du réel. Elle fournit notamment une explication mathématique de l'apparition des phénomènes de turbulence dans les fluides, et débouche sur la théorie du chaos déterministe, qui permet de modéliser comment des changements brusques peuvent être induits par des variations continues. Cette relation marquée entre pratique mathématique et pratique sociale n'échappe ni à Thom lui-même, ni aux mathématiciens qui comme lui, engagent leur responsabilité en considérant leur activité comme démocratie de la connaissance, au sens où chacun peut y porter droit de regard et droit de jugement. Ce type de réponse suppose précisément de ne pas faire abstraction de la signification et des implications

²⁴ G. Ramunni a déjà remis en cause cette habituelle classification des ordinateurs en "générations", qui ne se soucie que de l'aspect matériel, dans *La physique du calcul*, Paris, Hachette, 1989.

²⁵ Dieudonné, J., 1988, *Pour l'honneur de l'esprit humain*, Paris, Hachette. L'article d'Amy Dahan Dalmedico, dans ce volume, indique l'origine historique de cette expression, réponse de Carl G. Jacobi (1804-51) à Joseph Fourier (1768-1830) sur la nature des mathématiques.

des acquis théoriques, et marque un abandon radical de la position platonicienne associant la science à l'idée du Bien²⁶.

Il ressort de ces travaux que l'opposition entre mathématiques pures et mathématiques appliquées n'est ni aussi pertinente, ni aussi évidente que son usage fréquent incite à le penser. Amy Dahan Dalmédico en décline ici les différentes modalités, et montre non seulement que cette opposition est fluctuante, mais qu'elle a été historiquement construite, essentiellement au XIX^{ème} siècle, avec les différents modes d'intégration sociale des savoirs techniques aux organes de pouvoir, de cohabitation des écoles d'ingénieurs et des Universités. En France et en Allemagne, mais aussi en Grande-Bretagne²⁷, la laïcisation du savoir s'accompagne de l'affirmation de l'universalité des mathématiques, comme condition de subordination des autres sciences qui en deviennent des applications. Conquêtes coloniales et Seconde Guerre Mondiale accentueront cette fonction idéologique de la pureté des mathématiques, alors que les liens entre scientifiques et militaires n'ont jamais été aussi étroits. Si la science fait tout autant autorité à l'Est qu'à l'Ouest, elle n'est pas légitimée par cette même césure vis-à-vis du réel ou du politique. Les années 1980 ont cependant vu basculer cette hiérarchie des valeurs, et les scientifiques tendent aujourd'hui à s'orienter vers une pluridisciplinarité où la notion de modèle a remplacé celle de structure, en même temps que les pouvoirs politiques les invitent à sortir de leur tour d'ivoire supposée pour investir des programmes de recherche plus directement orientés par l'économie.

Depuis la Révolution Scientifique du 17^{ème} siècle, et de plus en plus fortement au fur et à mesure de la laïcisation du savoir, si les mathématiques offrent aux sciences expérimentales la garantie d'objectivité que leur confère l'universalité de leurs énoncés, cette universalité a un prix : celui d'une coupure de plus en plus affirmée entre la part de signification des concepts qui permet de les articuler à l'intérieur de la théorie, et celle qui provient du réel, ou qui y retourne. Ce prix à payer est la garantie épistémologique de la rigueur logique de la conceptualisation mathématique. Mais aucun gendarme ne saurait arrêter le sens aux portes des mathématiques, aucune loi ne saurait interdire ni la polysémie du langage, ni la socialité des mathématiciens, qui sont l'une et l'autre conditions de possibilité et facteurs de transformations de toute production humaine. Et c'est précisément à restituer les intrications de ces significations que travaille l'historien des mathématiques lorsqu'il interroge le rôle des

²⁶ Platon, 1950, "La République", livre VI, § 507-508-509, *Œuvres complètes*, Paris, Gallimard, vol. 1, p. 1096-97.

mathématiques dans la cité. Les Journées d'Etude organisées en 2002 et 2003 à l'université Paris 8 sur ce thème ont été conçues comme une contribution à cette entreprise. Je tiens à remercier les chercheurs du groupe "Sciences, Légitimités, Médiations" qui ont participé à leur organisation, les collègues de l'université qui ont contribué à leur réussite et bien évidemment surtout les conférenciers qui y sont intervenus pour nourrir cette problématique. Les articles de ce volume explorent ainsi quelques pistes d'un champ de recherche qui reste largement ouvert, puisqu'il se propose de confronter sans cesse la signification des phénomènes de conceptualisation mathématique à ses conditions d'élaboration, en même temps qu'à ses implications multiples. La question de la signification est au cœur de cette problématique, et son analyse demande la superposition de plusieurs grilles de lecture, tant épistémologique qu'institutionnelle ou symbolique, afin de pouvoir examiner ensemble histoire à long terme et histoire à court terme.

²⁷ Durand-Richard, M.-J., 1996, L'Ecole Algébrique Anglaise : les conditions conceptuelles et institutionnelles d'un calcul symbolique comme fondement de la connaissance, in (éd.) C. Goldstein, J. Gray, J. Ritter, *L'Europe mathématique - Mythes, histoires, identités*, Paris, Editions de la Maison des sciences de l'homme.