

SOUS LA DIRECTION DE
THOMAS LEPELTIER



Histoire et philosophie des sciences

Édition revue
et augmentée



SOUS LA DIRECTION DE THOMAS LEPELTIER

Histoire et philosophie des sciences

Édition revue et augmentée



Conception couverture et intérieur: Isabelle Mouton

Crédit photo couverture :

Laborantin : ©Archive Holdings/Getty

Astronomes arabes : ©Pictures from History/Getty

Galilée : ©Pictures from History/Getty

RETROUVEZ NOS OUVRAGES SUR :

www.scienceshumaines.com

<http://editions.scienceshumaines.com>

Diffusion/Distribution : Interforum

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement, par photocopie ou tout autre moyen, le présent ouvrage sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français du droit de copie.

© **Sciences Humaines Éditions, 2022**

38, rue Rantheaume

BP 256, 89004 Auxerre Cedex

Tél. : 03 86 72 07 00/Fax : 03 86 52 53 26

ISBN 9782361067557

INTRODUCTION

LA SCIENCE N'EXISTE PAS

D'où vient la science? Comment fonctionne-t-elle? Que faut-il en attendre? Trois questions qui se ramènent finalement à une seule: Qu'est-ce que la science? Pour apporter des éléments de réponse à ces questions, ce livre se propose d'entreprendre un cheminement historique, philosophique et sociologique. Il présente ainsi dans une première partie quelques grandes étapes de la science: en Grèce, en Chine, dans le monde arabe, dans l'Europe médiévale et au cours des Temps modernes. L'objectif n'est pas de proposer une nouvelle histoire des sciences, mais d'offrir une réflexion sur la dimension historique de l'activité scientifique. Ensuite, une deuxième partie présente quelques grandes réflexions sur la nature de l'activité scientifique. Entre philosophie et sociologie des sciences, il est question de comprendre comment les penseurs modernes ont tenté de définir la science et de caractériser son mode de fonctionnement. Enfin, la troisième et dernière partie présente quelques débats contemporains autour de la science afin d'analyser les attentes et les inquiétudes qu'elle suscite chez nos contemporains. La science ne se définit-elle pas aussi par les espoirs et les craintes qu'elle génère?

Les grandes étapes de la science

Pour commencer, retour donc sur l'idée de début: quand la science est-elle née? Dans un article sur le supposé miracle grec (p. 17)¹, Jean-François Dortier met en garde contre l'idée « d'une miraculeuse émergence d'une forme particulière d'intelligence qu'on nommerait la raison et qui succéderait à un esprit mythique ». De fait, les savants grecs qui élaborent leurs réflexions « scientifiques » le font à partir de connaissances leur étant antérieures et venant d'ailleurs que la Grèce (civilisations

1- Par souci de clarté, cette « Introduction » ne présente que les chapitres de l'ouvrage sans évoquer les encadrés qui les accompagnent, car ceux-ci ont surtout pour rôle de les illustrer, compléter ou prolonger.

babylonienne, égyptienne, etc.). Qu'apportent-ils donc de si nouveau? Peut-être, suggère l'auteur, un goût de la preuve inégalée auparavant. Pour expliquer cette évolution de la pensée, plusieurs scénarios ont été proposés: impératif économique, nouvel esprit démocratique, adoption d'une écriture alphabétique, etc. Aucun n'est satisfaisant tout seul. Mais leur combinaison offre une explication plausible de l'émergence de ce que, rétrospectivement, nous considérons être l'esprit scientifique.

Ce dernier ne disparaîtra pas. Comme le rappelle Achille Weinberg (p. 27), les sciences vont s'épanouir dans le monde arabe, entre le VIII^e et le XV^e siècle. Contrairement à une idée reçue, les savants de langue arabe ne se sont pas contentés de transmettre l'héritage grec. Beaucoup d'entre eux ont en effet contribué à développer les mathématiques, l'astronomie, la chimie et la médecine. En outre, les sciences arabes se sont aussi intéressées aux êtres humains, préfigurant nos actuelles sciences humaines. Danielle Jacquart montre ainsi (p. 31) comment la linguistique, la psychologie, l'histoire et la géographie ont été des sujets d'étude au sein de cette civilisation.

Si le rattachement de la science moderne à la science grecque *via* la science arabe est un fil fondamental de l'histoire des sciences, il ne constitue pas le tout de l'histoire. La Chine est aussi un acteur fondamental du développement de la science. Comme le montre Jean-Marc Bonnet-Bidaud (p. 35), sur nombre d'aspects, particulièrement en astronomie, la Chine a été, avant le XV^e siècle, beaucoup plus loin en termes d'observations et de découvertes que les Grecs de l'Antiquité, que les Arabes et que les Européens de la période médiévale. Mais la dynamique s'est enrayée, laissant l'Europe engendrer sa propre « Révolution scientifique » au XVII^e siècle. Toutefois, rien ne dit, comme le suggère l'auteur, que la « pensée chinoise » n'aura pas un jour sa revanche.

Qui dit Révolution, dit rupture. La « Révolution scientifique » du XVII^e siècle marque ainsi un point de discontinuité dans l'histoire des sciences. Mais ce n'est pas une révolution qui sort de nulle part. Comme le montre Thomas Lepeltier (p. 41), elle trouve une partie de ses racines chez des penseurs de l'Europe médiévale. Sous la rupture, il y a donc des continuités trop souvent oubliées, mais rappelées dans cet article. Cette approche « continuiste » ne veut pas dire qu'il n'y a pas une spécificité de cette science appelée classique, qui couvre l'évolution des savoirs entre le XVII^e et la fin du XVIII^e siècles. C'est justement celle-ci que Michel Blay tente d'appréhender (p. 47). Selon cet auteur, il est impossible

de comprendre l'ébranlement de cette évolution du savoir sans se pencher sur les institutions, les lieux d'enseignement ou les cercles savants qui en sont porteurs. Il est également important de se dégager de toute analyse qui distinguerait la théologie, la philosophie et la science. L'auteur l'illustre parfaitement en montrant comment la réflexion sur l'infini a été pendant longtemps, avant de s'en dégager, éminemment liée à des questionnements métaphysiques.

La science classique, c'est bien sûr d'abord la physique. Mais, dans son sillage, les sciences de la vie émergent. La biologie naît ainsi au ^{xix}^e siècle. Jean-Louis Fischer nous raconte l'essor de cette nouvelle discipline (p. 59) qui délaisse une vision globalement statique du vivant pour s'engouffrer dans une conception dynamique. Il nous conduit ainsi de Lamarck à la naissance de la génétique au début du ^{xx}^e siècle, en passant par Darwin. Dans cette histoire, le darwinisme, par son influence fondamentale sur notre conception actuelle du vivant, mérite un traitement spécial. Jean-François Dortier s'en occupe (p. 75) en analysant sa genèse et en évoquant son évolution depuis lors, ainsi que ses liens avec les sciences humaines.

La naissance des « sciences humaines » au ^{xix}^e siècle, et plus précisément de la sociologie, est justement l'objet de l'article suivant de Laurent Mucchielli (p. 83). Sans entrer dans les débats épistémologiques récurrents sur la scientificité de ces disciplines, l'auteur montre qu'elles répondent à cette époque à deux critères fondamentaux pour se voir attribuer le titre de « science » : la spécialisation et l'institutionnalisation. Par cette approche historique et sociologique, il montre qu'on ne peut réduire ces disciplines à leurs contenus théoriques, tant ces derniers véhiculent les idées de leur temps. C'est pourquoi il est important de les appréhender à travers les cadres institutionnels et les contextes politiques au sein desquels elles s'inscrivent.

Après les sciences dites classiques, il est temps d'aborder celles qui s'imposent au ^{xx}^e siècle. À partir de l'exemple de la « découverte » du photon, ou particule de lumière, Léna Soler nous fait pénétrer dans l'univers étrange de la mécanique quantique, où une entité peut être à la fois un objet ponctuel et une onde (p. 91). Mais, surtout, elle montre que la notion de « découverte » ne peut être vue comme un brusque dévoilement de la réalité. Une découverte est plutôt le fruit d'un consensus entre une multiplicité d'acteurs qui ont parfois mis du temps à s'entendre sur ce qu'ils ont découvert. Toujours à partir de la mécanique quantique, Thomas

Lepeltier montre comment cette nouvelle physique a bousculé les conceptions que l'on pouvait avoir de la relation entre théorie scientifique et réalité, au sens où les caractéristiques de cette dernière n'apparaissent plus indépendantes de ceux qui l'observent (p. 103).

Parmi les nouvelles disciplines du ^{xx}^e siècle, il faut aussi inclure les sciences cognitives. Leur objet : l'esprit humain. Pour comprendre son mode de fonctionnement, elles font appel à la linguistique, à l'anthropologie, à l'informatique, aux neurosciences, etc. Elles sont donc fondamentalement pluridisciplinaires. Comme l'illustre Jean-François Dortier (p. 113), c'est un domaine de recherche très riche, en permanente évolution, mais où aucun grand modèle du fonctionnement du cerveau ne s'est imposé chez les chercheurs. L'esprit reste encore une énigme.

On retrouve la même incertitude à propos de la psychologie évolutionniste. Rien de plus naturel, pourrait-on penser, que d'appliquer la théorie darwinienne de l'évolution, si féconde pour étudier les formes biologiques, à la psychologie humaine. Pourtant, comme le montre Nicolas Journet (p. 121), ce champ de recherche reste encore très controversé, pour de bonnes et mauvaises raisons. Il faut dire que les sciences biologiques développent actuellement de nouvelles visions de l'évolution où il est question d'épigénétique, de symbiose, de réseaux sociaux, etc. Or, comme le souligne Jean-François Dortier (p. 127), ces bouleversements conceptuels pourraient avoir des conséquences importantes sur notre conception de l'humain. On voit donc que l'aventure du savoir reste encore ouverte.

Cette aventure n'est pas que d'ordre conceptuel. Elle s'inscrit aussi dans un contexte social et institutionnel. Comme Yves Gingras, Peter Keating et Camille Limoges l'explicitent clairement (p. 135), les modalités de la fabrique du savoir ont beaucoup changé ces derniers siècles : de l'esprit universaliste du ^{xviii}^e siècle au scientifique contemporain lancé dans la course aux brevets, la science a subi une évolution mouvementée. Elle n'est plus ce qu'elle était et ne sera peut-être plus demain ce qu'elle est aujourd'hui. Ce qui montre bien que définir ce qu'est la science n'est jamais aisé. D'autant plus, comme le souligne Hélène Frouard (p. 145), que, de nos jours, la science ne se pratique plus systématiquement par des savants isolés dans leur laboratoire. Des groupes, plus ou moins importants de citoyens, peuvent y contribuer.

Philosophie et sociologie des sciences

Qu'est-ce que la science ? Nombre de penseurs ont essayé de répondre à cette difficile question. Dans le premier article de cette deuxième partie de l'ouvrage (p. 153), Thomas Lepeltier offre un panorama des différentes tentatives philosophiques depuis un peu plus d'un siècle pour saisir cette nature de l'activité scientifique. Il en dégager deux grandes traditions : une approche historique et une approche logique. La question, toujours en suspens, est de savoir laquelle privilégier.

Poursuivant cet état des lieux des questionnements sur la science, Jean-François Dortier présente le « Cercle de Vienne » qui est, d'une certaine manière, le mouvement fondateur de l'approche logique de la science (p. 161). Les bêtes noires de ce mouvement étaient la métaphysique et, d'une manière générale, toute spéculation non fondée sur des données empiriques. Mais, face aux difficultés rencontrées pour fonder la science sur un discours logique totalement cohérent, il se dissoudra rapidement. Ce qui ne l'empêchera pas d'exercer une influence durable sur la philosophie des sciences, comme le montre encore Jean-François Dortier (p. 165), même si de nombreux historiens et philosophes des sciences estimeront que la science s'appréhende finalement mieux dans sa dimension historique que logique.

En tout cas, c'est bien cette approche historique que privilégiait le philosophe Gaston Bachelard. Son influence sur les philosophes des sciences en France est fondamentale. Mais ce fut un penseur à double visage : l'un tourné vers le rationalisme en œuvre dans la science ; l'autre vers l'imaginaire et la poésie. Il revient à Louisa Yousfi de montrer la complémentarité de ces deux aspects de sa réflexion (p. 169). C'est ensuite au tour de Catherine Halpern de présenter une autre grande figure française de l'approche historique, Georges Canguilhem (p. 177). Au lieu de s'intéresser à la physique, comme le faisaient en général les philosophes des sciences, ce dernier choisit de porter son regard vers la médecine et les sciences de la vie. Il en ressortira une œuvre originale qui, toute en nuancant les thèses de Bachelard, réaffirmait l'importance de la dimension historique des sciences. À la suite de ce tour d'horizon, Marion Vorms s'interroge sur la notion de théorie scientifique (p. 185). Elle nous rappelle que c'est à la fois la forme la plus aboutie de la connaissance et celle qui peut toujours être remise en question. Il est donc difficile de saisir le rapport existant entre

les théories scientifiques et la réalité. Les premières décrivent-elles la seconde ou n'en sont-elles que des représentations symboliques ? À moins, suggère Marion Vorms, qu'il nous faille plutôt considérer qu'une théorie soit une construction reflétant des mécanismes cognitifs pour expliquer et prédire ce qui se passe autour de nous.

Dans ce travail de réflexion sur la nature des sciences, les sociologues ne sont pas en reste. Pour Olivier Martin qui en décrit les grands courants (p. 195), la sociologie des sciences naît véritablement des travaux séminaux de Robert K. Merton vers 1940. Prenant l'institution scientifique comme objet d'étude, le sociologue avait cru pouvoir montrer qu'elle était régie par des normes (l'universalisme de la connaissance, la mise en commun du savoir, le désintéressement et le scepticisme). Stimulant de nombreuses recherches sur les conditions de production du savoir scientifique, il finit toutefois par être critiqué sur deux fronts. D'un côté, certains sociologues ont tenté de montrer que Merton avait idéalisé les normes censées guider la communauté scientifique : celle-ci ne serait pas aussi égalitaire, démocratique et méritocratique qu'il voulait le croire. D'un autre côté, des sociologues ont cherché à montrer que les savoirs dépendent des conditions de leur production. Approche plus ou moins relativiste suivant le cas, qui n'a pas été sans susciter des controverses sur la nature de l'activité et de la connaissance scientifiques. Jean-François Dortier rappelle d'ailleurs dans l'article qui suit (p. 207) comment l'histoire des sciences est passée d'une histoire des idées et concepts scientifiques à une histoire des pratiques scientifiques, à travers ses instruments, ses laboratoires, ses institutions, etc.

Parmi les sociologues à s'inscrire dans l'approche « relativiste », Bruno Latour occupe une place de choix. Xavier Molénat (p. 213) nous raconte en effet comment, il y a une quarantaine d'années, Latour a rénové cette approche en prônant une véritable ethnographie de l'activité scientifique consistant à étudier le fonctionnement des laboratoires comme s'il s'agissait de tribus aux mœurs inconnues. Loin des idéalizations ou des constructions rétrospectives, cette analyse de la science telle qu'elle se fait au quotidien était censée permettre de mieux comprendre ce qui fait que les chercheurs se mettent d'accord entre eux. Récusant autant l'idée que c'est le social qui détermine le contenu du savoir scientifique que celle selon laquelle c'est la nature qui le détermine, Latour pensait échapper aux controverses autour de l'approche « relativiste » de la science. En vain. Mais, comme le

souligne Dominique Pestre (p. 221), ce travail de mise en contexte de la production du savoir scientifique a quand même servi à sortir des visions idéalisées de la science.

Comme on peut le voir, les études de la science sont parfois sujettes à controverses entre sociologues et philosophes. Dans le bilan qu'il en dresse, Nicolas Journet (p. 227) remarque toutefois que, sans avoir été forcément résolues, ces dernières semblent aujourd'hui apaisées. De toute façon, elles n'ont jamais empêché les scientifiques de poursuivre leurs travaux comme si de rien n'était. Ces scientifiques seraient en revanche plus concernés par les débats autour des usages que l'on peut faire de leurs découvertes. Justement, pour conclure cette partie, Béatrice Kammerer (p. 237) souligne que, pour la communauté scientifique, il est important de défendre la rationalité face à un esprit de défiance vis-à-vis de la science dans la société et, notamment, de lutter contre les pseudosciences. Mais la tâche n'est pas aisée dans la mesure où la pensée critique ne peut s'imposer de manière autoritaire. Il lui faut convaincre une société qui n'est pas toujours disposée à l'accueillir...

Débats autour de la science

La science doit-elle rechercher la vérité? C'est la question que pose Thomas Lepeltier au début de la troisième et dernière partie (p. 245). Il est d'usage de répondre spontanément « oui ». Mais, comme le montre l'auteur, cette notion de vérité, au-delà de son apparente évidence, est difficile à saisir. Ce qui a conduit certains philosophes à vouloir s'en débarrasser. Dans ce cas, un scientifique devrait, par exemple, se contenter de montrer que ses théories sont cohérentes et en accord avec les observations, sans prétendre qu'elles correspondent à la réalité. Cette conception minimaliste a toutefois le défaut de laisser de côté une dimension importante de la recherche scientifique. Si la vérité n'est pas un concept très bien défini, il semble qu'elle soit quand même une norme qui régit le travail scientifique.

Au-delà des questions concernant son rapport à la vérité, c'est parfois la légitimité de la science qui est l'objet de débats. D'un côté, il y a ceux qui voient dans l'activité scientifique une entreprise fondée sur des jeux de pouvoir ne servant pas forcément l'intérêt des citoyens ; de l'autre, ceux qui voient la science comme un facteur de progrès fondé sur la rationalité, à défendre à tout prix. Or Thomas Lepeltier montre (p. 251) que ces débats entre

soi-disant pros et anti-sciences sont souvent maladroits, dans la mesure où le terme « science » recouvre tellement de pratiques et d'idées différentes que l'on peut être critique de certains aspects de la science pour les mêmes raisons que l'on peut être séduit par d'autres aspects. La raison de ces malentendus est que « la » science n'existe pas et qu'il n'y a, au mieux, que « des » sciences.

Pour illustrer cette diversité de la pratique scientifique, Jean-François Dortier aborde le sujet, lui aussi objet de débats, de la scientificité des sciences humaines (p. 257). Ces dernières sont-elles des sciences au même titre que les sciences de la nature ? Mais plutôt que de chercher à les définir dans leurs généralités pour établir dans quelles mesures elles répondraient à des critères de scientificité, l'auteur offre une description concrète d'une discipline particulière : les recherches sur la mémoire. Cette étude de cas lui permet de montrer comment, à partir de données empiriques, de diverses méthodes et de différentes théories, les sciences humaines produisent du savoir. Ce qui les rattache immanquablement à la famille des disciplines scientifiques.

C'est ensuite au tour de Laurent Mucchielli (p. 267) d'enfoncer le clou en montrant que la diversité des méthodes dans les sciences humaines n'est pas un signe de leur manque de scientificité. Pour cela, il retrace l'histoire des débats sur les questions de méthodologie au sein des sciences humaines et montre que chaque méthode, qu'elle soit qualitative, quantitative ou expérimentale, correspond à des champs d'investigation différents. Ce qui ne l'empêche pas d'inviter les chercheurs à mettre en œuvre davantage d'interdisciplinarité. Dans le même esprit, Marc Richelle (p. 277) poursuit cette réflexion en défendant la thèse que la psychologie est bien une discipline scientifique. Il regrette d'ailleurs l'utilisation de l'expression « sciences humaines » qui laisse penser qu'il y aurait une spécificité des disciplines étudiant les humains.

La question du langage est bien sûr importante dans ces débats. Par exemple, les sciences humaines ne peuvent pas s'appuyer, comme le fait la physique, sur le langage mathématique. Mais les sciences de la nature peuvent aussi être questionnées sur leur façon de décrire le monde. Par exemple, la question de l'usage de métaphores intervient dans les débats concernant les recherches sur la spécificité et l'origine de la vie. Comme l'explique Evelyn Fox Keller dans un entretien (p. 285), malgré de très grands progrès dans les sciences du vivant, il est probable que nous ne disposerons jamais d'une théorie générale de la vie, notamment parce qu'aucun mode d'explication ne semble emporter l'adhésion des

chercheurs une fois pour toute. Par quel modèle faut-il expliquer la vie ? Par quelle analogie ? Par quelle métaphore ? Ainsi, le propos d'Evelyn Fox Keller consiste moins à souligner les limites de nos capacités cognitives qu'à nous inviter à réfléchir sur la signification d'une notion de compréhension qui évolue en permanence.

Ces débats sur la question de l'origine de la vie sont du pain béni pour tous ceux qui rejettent la théorie darwinienne de l'évolution. Thomas Lepeltier raconte ainsi comment les mouvements créationnistes (p. 293) ont su tirer profit à la fois des difficultés à en rendre compte et des discussions, plus philosophiques, concernant l'existence de critères de scientificité pour défendre la scientificité de leur propre approche du vivant, au grand dam de la plupart des darwiniens qui n'y voyaient qu'une pseudoscience.

C'est d'ailleurs pour lutter contre ce qu'ils perçoivent comme des pseudosciences jouant de la crédulité de nos contemporains qu'a été fondée la zététique (p. 303). Comme l'explique Henri Broch, son fondateur, cette discipline étudie des phénomènes dits « paranormaux » en y employant les méthodes classiques des sciences naturelles pour révéler, soit que ces phénomènes ne sont que des illusions, soit qu'ils peuvent s'expliquer grâce à la physique, la chimie ou la physiologie. En somme, la zététique cherche à montrer que, derrière le paranormal, il n'y a que du normal.

Derrière tous ces mouvements de contestation de l'entreprise scientifique, on trouve souvent, de façon plus ou moins concomitante, une quête de spiritualité et une peur du développement technologique. Pourtant, en s'appuyant sur les réflexions de plusieurs philosophes, Catherine Halpern rappelle que la technique est un phénomène très humain (p. 309). Les objets techniques ne sont-ils pas des extensions de nos organes biologiques ? Ce qui ne veut pas dire que les développements technologiques ne posent jamais de problème. Mais, au-delà des débats nécessaires sur le bon usage des nouvelles technologies, l'auteure souligne que la peur de la technique révèle parfois une inquiétude existentielle relative à notre place dans le monde. François Dagognet, quant à lui, se démarque des mouvements de contestation de la science ou du développement technologique en prônant une philosophie de la matérialité des choses et en célébrant l'artificiel ainsi que l'innovation technique. Dans l'entretien qu'il donne ici (p. 315), ce philosophe montre d'ailleurs pourquoi toute sacralisation de la nature s'apparente à une idéologie permettant de condamner toute évolution de la société. Or l'aventure humaine est justement une aventure du changement et de l'artificiel.

Bien sûr, cette évolution suscite de l'inquiétude qui s'exprime notamment à propos du posthumanisme. Derrière ce mot se trouve un projet de modification de l'être humain ayant pour objectif d'augmenter de manière indéfinie sa longévité et ses capacités mentales. Que faut-il en penser et, notamment, qu'elles sont les espoirs ainsi que les risques de ce projet ? C'est ce sujet qu'explore Rémi Sussan dans l'article qui clôt ce volume (p. 323).

Deux derniers mots...

Des réflexions des savants grecs aux rêves d'une humanité améliorée grâce aux nouvelles technologies, ce livre parcourt plus de 2000 ans de pratiques scientifiques et de questionnements sur leur nature et leurs orientations futures. À la lecture des pages qui suivent, les lecteurs et lectrices découvriront la multiplicité de ces champs de recherche. C'est pourquoi, s'il fallait retenir une idée forte de ce recueil d'articles, ce serait bien celle de la diversité des pratiques scientifiques. Ce simple constat n'est pas anodin. Souvent, dans des débats de société, il est fait référence à « la science » comme à une instance d'un seul tenant capable de séparer d'un coup le vrai du faux, le rationnel de l'irrationnel, l'esprit progressiste du conservatisme, etc. Contre ces simplifications, ce recueil montre que l'on n'a jamais affaire à « la science », mais toujours à « une » science parmi d'autres, chacune ayant ses spécificités. C'est d'ailleurs cette complexité qui fait la richesse de l'univers des sciences. Et c'est ce que ce livre vous invite à découvrir.

Thomas Lepeltier

LES GRANDES ÉTAPES DE LA SCIENCE

- Y a-t-il eu un miracle grec ? (*Jean-François Dortier*)
- *La naissance des mathématiques grecques* (encadré)
- *La raison n'est pas une invention grecque* (encadré)
- L'apport du monde arabe (*Achille Weinberg*)
- Les sciences arabes à la découverte de l'humain (*Danielle Jacquart*)
- La science chinoise (*Jean-Marc Bonnet-Bidaud*)
- La science médiévale (*Thomas Lepeltier*)
- La science classique en chantier (*Michel Blay*)
- *La révolution scientifique (XVII^e-XVIII^e siècles)* (encadré)
- L'essor de la biologie au XIX^e siècle (*Jean-Louis Fischer*)
- *Les sciences au XIX^e siècle* (encadré)
- Darwinisme : une pensée en évolution (*Jean-François Dortier*)
- La naissance de la sociologie française (*Laurent Mucchielli*)
- Anatomie d'une découverte : le photon (*Léna Soler*)
- *La question de la preuve en science* (encadré)
- Les physiciens et l'énigme de la réalité (*Thomas Lepeltier*)
- *La physique décrit-elle le monde ?* (encadré)
- Une histoire des sciences cognitives (*Jean-François Dortier*)
- La darwinisation de l'esprit humain (*Nicolas Journet*)
- *La psychologie évolutionniste en question* (encadré)
- Révolution dans le vivant (*Jean-François Dortier*)
- Du savant au chercheur entrepreneur (*Yves Gingras, Peter Keating et Camille Limoges*)
- *Craig Venter et le génome humain* (encadré)
- Sept milliards de scientifiques (*Hélène Frouard*)

JEAN-FRANÇOIS DORTIER

Y A-T-IL EU UN MIRACLE GREC ?

Le miracle grec. C'est ainsi qu'Ernest Renan qualifiait le prodigieux épanouissement culturel qui survient en Grèce au v^e siècle avant notre ère. Dans quelques cités-États de la péninsule grecque prend place une révolution culturelle sans précédent. Architectes, sculpteurs, peintres produisent des œuvres d'une exceptionnelle beauté : le temple du Parthénon et la statue du Discobole en sont les chefs-d'œuvre les plus connus. La floraison littéraire est tout aussi brillante avec la grande période du théâtre tragique (Eschyle, Sophocle, Euripide) ou de la comédie (Aristophane). De leur côté, Hérodote et Thucydide inventent le genre historique : Hérodote en racontant dans ses *Enquêtes* les mœurs des peuples étrangers et l'histoire des guerres médiques, Thucydide avec sa *Guerre du Péloponnèse*.

À la même époque, une autre discipline intellectuelle apparaît : la philosophie. Aux dires des Grecs eux-mêmes, elle serait née en Ionie avec Thalès de Milet. Mais c'est un siècle plus tard et toujours dans cette période cruciale que la nouvelle discipline se déploie vraiment, avec les présocratiques (Héraclite, Parménide, Zénon d'Élée, Empédocle, Anaxagore, etc.), puis avec Socrate et Platon. La philosophie est une nouvelle façon de questionner le monde. Elle s'interroge sur les principes premiers de toute chose – l'être humain, la société, l'univers – et sa démarche repose sur l'argumentation et la recherche de preuves.

Cette philosophie ne se sépare pas vraiment, à l'époque, de ce que l'on nomme aujourd'hui la science. Car le philosophe est aussi un savant, rompu à la géométrie, aux mathématiques, à l'astronomie. On dit que Platon voulut inscrire sur le fronton de son Académie : « Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre. »

Autour du v^e siècle avant J.-C., on assiste donc dans les cités grecques au déploiement de plusieurs domaines scientifiques : des mathématiques pures (géométrie et arithmétique), en passant par les mathématiques appliquées à l'astronomie, à l'harmonie

musicale, à l'optique, à la géographie, jusqu'à une médecine nouvelle qui se constitue autour des écoles de Cnide ou de Cos.

La raison n'est pas une invention grecque

Quelles sont les causes de cette révolution mentale qui se produit en Grèce entre les ^{vi}e et ^ve siècles avant notre ère ? Qu'est-ce qui caractérise cette nouvelle façon de penser ?

Depuis plus d'un siècle, les historiens débattent de la question. Pendant longtemps, on a décrit l'histoire de la pensée grecque comme le passage du mythe à la raison. Auparavant, dans les périodes plus reculées, les hommes auraient vécu sous l'empire des dieux, des mythes, des croyances magiques. Puis soudainement, avec la naissance de la philosophie et des sciences, les hommes auraient accédé à la pensée rationnelle...

Ce beau récit n'est plus admis aujourd'hui. « La thèse selon laquelle les cultures qui ont précédé la Grèce ne sont pas rationnelles n'est plus recevable », affirme Bernard Vitrac¹, spécialiste des mathématiques de l'Antiquité. Les grandes civilisations, babylonienne ou égyptienne, antérieures à la civilisation grecque, ont développé un imposant corpus de connaissances en médecine, en astronomie, en mathématique, en botanique. « Ces savoirs n'étaient ni des croyances, ni des simples savoirs empiriques », ajoute-t-il. Les Babyloniens étaient par exemple de grands astronomes. Ils savaient décrire le mouvement des étoiles avec précision, et prédire leur position à un moment donné. En géométrie, ils avaient fait de nombreuses découvertes : ils connaissaient, bien avant que Pythagore ne les démontre, les propriétés du triangle rectangle (le carré de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des autres côtés). Les Babyloniens savaient aussi résoudre des équations algébriques, comme celles du premier ou du deuxième degré. Ils possédaient bien d'autres connaissances en médecine et en botanique. Une partie du savoir grec est tributaire des civilisations égyptienne et babylonienne.

Les civilisations qui ont précédé les Grecs avaient donc acquis des connaissances élaborées non réductibles à quelques croyances ou recettes techniques. Comme d'ailleurs la plupart des civilisations humaines. « Il n'existe pas de civilisation qui n'ait

1- « La naissance des mathématiques grecques », entretien avec B. Vitrac (publié pour la première fois dans le magazine *Sciences Humaines*, hors-série n° 31, janvier-février 2001), voir encadré ci-après.

pas de connaissances », affirme Maurice Caveing², autre spécialiste des mathématiques antiques. Depuis que Claude Lévi-Strauss a rédigé *La Pensée sauvage* en 1962, les anthropologues ont bien montré qu'il existe dans toutes les sociétés dites « primitives » des corpus de connaissances – botaniques, zoologiques, médicales, techniques, etc. – qui ne se réduisent nullement à des croyances mythiques.

Qu'est-ce que la science grecque ?

Faut-il dès lors faire remonter les origines de la science aux Babyloniens ou aux Égyptiens ? Tel n'est pas l'avis des chercheurs. Pour B. Vitrac, « les Babyloniens sont bien rationnels, mais je refuse d'utiliser le mot science pour qualifier leurs connaissances ». En effet, les Babyloniens ont accumulé une grande somme de savoirs, mais ils ne se sont jamais interrogés sur les causes profondes des phénomènes qu'ils observaient. Par exemple, en astronomie, ils connaissaient avec précision le mouvement des étoiles. Mais il n'y avait rien chez eux d'équivalent aux systèmes cosmologiques grecs, qui visaient à trouver un ordre du cosmos qui régit le mouvement des astres. En médecine, les Babyloniens connaissaient de nombreuses maladies et thérapeutiques, mais ils ne cherchaient pas leurs causes. Les Égyptiens, pour embaumer les corps, ont acquis de nombreuses connaissances anatomiques et physiologiques, mais rien n'atteste qu'ils aient cherché à expliquer le fonctionnement de l'organisme.

Ce qui marque justement l'originalité des Grecs réside en ceci : on passe de la connaissance des faits à la recherche des causes, de la maîtrise de certains savoirs à la démonstration rigoureuse de leur validité. Et cela s'observe dans tous les domaines du savoir : l'astronomie, les mathématiques, la médecine, l'histoire, et bien sûr la philosophie. Hérodote, le premier historien, ne se contente pas de raconter les guerres entre Grecs et Barbares, il en recherche les raisons. Dès la première phrase de son *Enquête*, il écrit : « Hérodote d'Halicarnasse présente ici les résultats de son enquête, afin que le temps n'abolisse pas les travaux des hommes et que les grands exploits accomplis soit par les Grecs, soit par les Barbares, ne tombent pas dans l'oubli ; et il donne en particulier la raison du conflit qui mit ces deux peuples aux prises. » Hippocrate

2- « La raison n'est pas une invention grecque », entretien avec M. Caveing (publié pour la première fois dans le magazine *Sciences Humaines*, hors-série n° 31, janvier-février 2001), voir encadré ci-après.

de Cos, celui que l'on considère comme le père de la médecine occidentale, ne se contente pas d'établir des listes de maladies, d'en répertorier les symptômes, il propose pour une première fois une étiologie (recherche des causes) de la maladie.

En mathématique, la recherche des causes prend la forme de la démonstration. Alors que les Babyloniens connaissaient les propriétés des angles, des cercles... les Grecs, eux, veulent prouver. Toute l'entreprise des *Éléments* d'Euclide se distingue de la simple collection des découvertes géométriques (des Babyloniens) en ce que son auteur veut démontrer chacune des propositions. Les *Éléments* sont le couronnement d'un ouvrage débuté presque deux siècles plus tôt par les géomètres grecs.

Qu'il s'agisse donc d'astronomie, de mathématiques, de médecine, d'histoire ou de philosophie, il y a, souligne B. Vitrac, « un point commun intellectuel dans toutes ces activités intellectuelles différentes – on retrouve la même démarche: la recherche des causes ».

La recherche de la preuve

Voilà donc la spécificité de la science grecque: une pensée tournée vers la recherche des causes au moyen de preuves. Mais comment expliquer cette soudaine émergence de cette révolution mentale? Pourquoi en Grèce et à ce moment? Plusieurs facteurs ont été invoqués pour rendre compte de ce « miracle grec ».

Selon M. Caveing, le premier facteur explicatif tient à la nature de la civilisation grecque. « Nous voilà en présence d'un peuple de voyageurs qui sillonne la Méditerranée, fonde des colonies, pousse ses explorations au-delà du détroit de Gibraltar. Au sein de certaines cités et colonies s'est constituée une élite de commerçants, de navigateurs, d'armateurs, d'entrepreneurs. Ces gens ont une vue large du monde. » Cette période serait comparable à la Renaissance: grandes découvertes, rencontres avec les autres peuples qui vivent différemment, parlent d'autres langues, ont d'autres coutumes. « Tout cela contribue à ouvrir l'esprit », souligne M. Caveing.

Un facteur sociotechnique a peut-être également joué: le développement des villes dans le bassin de la Méditerranée posait des problèmes spécifiques: les travaux hydrauliques, la construction d'aqueducs ont sans doute joué dans l'émergence d'un esprit physique et géométrique. « Dès le ^v^e siècle (avant notre ère), un ouvrage comme le canal souterrain construit à Samos par

Eupalinos de Mégare suppose l'emploi de procédés déjà ardu de triangulation », notait Jean-Pierre Vernant³.

Plus généralement, l'essor des techniques nécessaires à la construction de machines de guerre ou de navires a pu jouer un rôle stimulant pour la science grecque. Cette influence de la technique a été avancée par des historiens comme Benjamin Farrington ou Maurice Daumas⁴. Même si on a fait remarquer que les Grecs n'ont pas beaucoup innové en matière technique et que les élites intellectuelles s'y intéressaient assez peu, reste que, selon M. Caveing, on a peut-être trop minimisé ce facteur technique. Lorsque Archimède construit des machines de guerre, invente des machines fonctionnant avec des poulies, leviers, vis, etc., il dépasse largement le cadre de la simple technique artisanale pour mettre en œuvre une véritable technologie, c'est-à-dire une théorie mathématique et physique appliquée à des problèmes pratiques⁵. « Songez que l'on savait même monter et démonter les machines de guerre en pièces détachées », note M. Caveing. De même, la découverte de la fameuse loi de la poussée d'Archimède est manifestement liée à la question qu'il se posait sur les conditions de flottaison d'un navire.

Un autre facteur explicatif de l'émergence de la science grecque est d'ordre sociopolitique. Dans les empires voisins, pharaonique ou babylonien, le pouvoir est de type hiérarchique et pyramidal. Les Grecs, eux, ont une longue tradition de structure politique où l'Assemblée joue un rôle central. Dans la cité-État, le pouvoir politique fonctionne autour de l'Assemblée et le débat est toujours présent. « L'Assemblée peut être aristocratique ou démocratique. Le débat peut avoir lieu au sein d'une élite ou être élargie à tout le peuple. Mais dans tous les cas, les décisions sont prises après que chacun ait pris la parole (logos) et argumenté en faveur de telle ou telle thèse. La décision est toujours précédée de la discussion », rappelle M. Caveing.

Dans la période de la Grèce classique, on assiste à la disparition de l'institution des rois-prêtres. La politique est laïque. Il n'y a donc pas d'Église et pas de clergé détenteurs d'un dogme unique. Chacun peut se livrer au culte d'Apollon, d'Athéna ou de Déméter.

3- J.-P. Vernant, « Remarques sur les formes et les limites de la pensée technique chez les Grecs », in *Mythes et pensée chez les Grecs*, Maspero, 1974.

4- B. Farrington, *La Science dans l'Antiquité. Grèce, Rome*, Payot, 1967 ; M. Daumas (dir.), *Histoire de la science*, Gallimard, 1957.

5- B. Gille, *Les Mécaniciens grecs. La naissance de la technologie*, Seuil, 1980.

Le polythéisme permet une liberté de choix des cultes. S'il existe bien une mythologie commune, elle n'a jamais eu le caractère de dogme sectaire et croyance officielle. Il n'y a donc pas de monolithisme de la pensée dans les cités-États, comme ce fut le cas dans les empires voisins où l'enseignement restait le monopole des scribes.

La science, fille de la démocratie ?

La science serait-elle fille de la démocratie ? C'est la thèse centrale avancée par Geoffrey Lloyd, auteur de nombreux ouvrages sur les origines de la science grecque⁶. Selon l'historien anglais, la « recherche de la preuve » est liée à la structure politique des cités grecques. À Athènes, le débat d'idée est permanent en matières politique, religieuse ou judiciaire. Il y a une pratique du débat entre gens qui se considèrent comme des égaux. Aucun discours d'autorité n'est possible. Pour convaincre, il faut argumenter, démontrer, avancer des preuves. Il va donc se développer, note M. Caveing, toute une panoplie de « techniques de la parole » : la rhétorique, le plaidoyer judiciaire, la dialectique, l'éristique (qui est l'art d'enfermer l'adversaire dans ses contradictions). Quelles sont les preuves qui démontrent que Socrate est coupable ? Qu'est-ce qui prouve que la Terre est ronde ? Pourquoi faut-il attaquer Sparte ? Partout, il faut « rendre raison » de ce que l'on dit ; la raison, c'est la recherche de la preuve.

« Il y a là une forte influence des pratiques juridiques », note B. Vitrac. Dans le domaine juridique, les tribunaux fonctionnent avec des jurys qui statuent en audience contradictoire. Cela suppose aussi que défenseurs et accusés argumentent et apportent des preuves, car il n'y a pas de justice divine. « En grec, *Aitia* signifie la cause, mais c'est aussi le coupable », rappelle B. Vitrac. Dans les domaines politique, juridique et philosophique vont se développer des habitudes de débats critiques, des techniques de parole liées à l'argumentation. Le sens logique, l'esprit de la preuve se développent.

G. Lloyd a tenté d'établir un lien étroit entre le débat démocratique et l'émergence de la science. La thèse est séduisante... mais discutable. Un tel déterminisme sociologique entre forme sociale et forme de pensée résiste mal à une analyse fine. Car pour

6 - G. Lloyd, *Origines et développement de la science grecque. Magie, raison et expérience*, 1979, trad. fr. Flammarion, 1990.

les Grecs eux-mêmes, « argumentation n'est pas démonstration ». Platon et Aristote avaient parfaitement conscience de la différence entre la rhétorique – qui vise à persuader – et la vraie démonstration – qui vise à prouver, et il n'est pas aussi évident que l'esprit de la preuve soit une transposition directe, en mathématique, des formes du débat démocratique.

Pour B. Vitrac, s'il y a bien eu développement combiné de la philosophie, des mathématiques et de la rhétorique, on aurait tort de les lier de façon trop mécanique.

Le rôle de l'écriture

L'écriture aurait-elle été un autre facteur du développement de la science grecque ? La coïncidence des faits semble le suggérer. C'est vers le VII^e siècle avant J.-C. que les Grecs vont adopter le système alphabétique inventé par les Phéniciens. Et l'apparition d'une véritable littérature en prose – philosophique, mathématique, médicale, historique – concorde justement avec le moment du miracle grec. C'est à ce moment que la philosophie passe du dialogue oral (Socrate refusait d'écrire) au traité écrit (les premiers *Dialogues* de Platon). En histoire, l'écriture fut sans doute une condition pour passer des grands récits poétiques transmis de façon orale (comme *L'Iliade* et *L'Odyssée*, transcrits par écrit par Homère) à une écriture historique en prose (Hérodote et Thucydide). C'est à la même époque qu'apparaissent les premiers traités de mathématiques et de médecine. Pour l'anthropologue anglais Jack Goody, l'écriture marque l'entrée dans un nouveau mode de pensée : elle permet une codification plus rigoureuse de la pensée, une mémorisation plus étendue, la circulation des idées à une grande échelle.

Aujourd'hui, les historiens sont plus mesurés sur les apports véritables de l'écriture. Babyloniens et Égyptiens possédaient l'écriture et n'ont pourtant pas développé l'équivalent de la science grecque. De même, on admet aussi qu'une grande partie de la pensée grecque est restée confinée dans le cadre oral. Si l'écriture a exercé une influence sur la pensée grecque, ce n'est pas comme un facteur unique et déterministe (ainsi que l'a soutenu l'historien Eric Havelock⁷), mais plutôt comme un facteur parmi d'autres au sein d'une configuration plus générale.

7- Voir les contributions du dictionnaire *Le Savoir grec*, J. Brunschwig et G. Lloyd (dir.), Flammarion, 1996.

Le miracle grec ou la recherche de la preuve

Il est désormais acquis que la science et la philosophie sont nées en Grèce à l'époque classique. Mais ce n'est pas en vertu d'une miraculeuse émergence d'une forme particulière d'intelligence qu'on nommerait la raison et qui succéderait à un esprit mythique. La science grecque s'appuie sur des acquis antérieurs, ceux des Babyloniens et Égyptiens. Mais les Grecs inventent une nouvelle démarche intellectuelle : la recherche systématique de la preuve.

Depuis un demi-siècle, tout un courant d'historiens anglo-saxons a tenté de relier l'émergence de cette science grecque à un facteur social ou technique : l'économie monétaire pour G. Thomson, la technique pour B. Farrington, l'alphabet selon E. Havelock, la démocratie pour G. Lloyd. Aujourd'hui, les spécialistes sont plus mesurés. Si on admet l'influence des facteurs sociotechniques, la tendance est plutôt d'admettre la diversité des causes. Autant de facteurs qui contribuent à lever une part du mystère qui a longtemps entouré le miracle grec.

Jean-François Dortier

La naissance des mathématiques grecques

De quand datent les débuts des mathématiques grecques ?

Les Grecs eux-mêmes attribuaient à quelques pères fondateurs, dont Thalès et Pythagore, qui ont vécu au ^{vi}e siècle avant J.-C., l'invention de la philosophie, des mathématiques et de la science en général. Mais il y a une part de légende et de reconstruction rétrospective dans la glorification de ces « héros » scientifiques. Il est très difficile de faire la part entre leur apport et les emprunts auprès des civilisations proches-orientales (Égypte, Mésopotamie). Ni la thèse d'une radicale nouveauté, ni celle d'une continuité directe n'ont de solide argument à faire valoir. La question des origines des mathématiques grecques restera sans doute toujours dans l'ombre. Il est sûr qu'à partir du ^ve siècle – entre -430 et -320, soit à l'époque de Platon et d'Aristote –, on assiste à une véritable « explosion » des mathématiques au moment où se déploie l'écriture en prose : en philosophie, en philosophie, en histoire et en mathématiques. Chez les philosophes présocratiques Anaxagore, Zénon d'Élée, Protagoras et Démocrite, les questions mathématiques sont mêlées aux débats philosophiques. Mais il y a aussi de purs mathématiciens, comme Hippocrate de Chios et Théodore de Cyrène. Hippocrate de Chios est l'auteur du premier recueil d'*Éléments*, qui est l'ancêtre des *Éléments* d'Euclide.

Quelle est l'originalité de ces mathématiques grecques ?

Elle tient à quelques traits : le développement d'applications fondamentales en astronomie et en harmonie musicale. Ces applications vont bien au-delà des usages pratiques (arpentage, comptabilité). Ces mathématiques sont liées à une philosophie naturelle. Il y a un travail réflexif des Grecs à propos des éléments « primitifs » qui gouvernent le cosmos ; de même, ils réfléchissent à la nature des nombres et de leur rapport entre eux. Enfin, ils mettent l'accent sur les procédures d'argumentation et de validation. Les Grecs ont inventé la démonstration.

Entretien avec B. Vitrac, propos recueillis par J.-F. Dortier

La raison n'est pas une invention grecque

Quelle est la spécificité de la science grecque ?

Il est vain de croire qu'avant les Grecs, les peuples baignaient dans une sorte de mentalité primitive faite de croyances et de mythes. L'anthropologie contemporaine le montre de mieux en mieux : toutes les cultures ont des connaissances étendues sur la nature, les plantes, les étoiles. Et ces connaissances sont soigneusement distinguées des mythes. Les Égyptiens ou Babyloniens avaient des connaissances poussées en astronomie, en botanique, en médecine ou en calcul. Mais dans la civilisation assyro-babylonienne, beaucoup de connaissances se présentaient sous une forme énumérative. On composait des listes selon un certain ordre mal assuré : listes de remèdes, de plantes, de maladies, de résultats mathématiques. Or, la science suppose un ensemble de connaissances ordonnées de façon méthodique et accompagnées de preuves raisonnées.

Dans les sciences de la nature, la preuve prend la forme de l'observation ; en mathématiques, celle de la démonstration. Les Babyloniens ont trouvé nombre de résultats mathématiques, de techniques de calculs mais ils ne faisaient pas de démonstration. La science grecque est une science démonstrative, mais elle n'est pas expérimentale. Le cas de Claude Ptolémée, qui a expérimenté en optique pour tenter de trouver les principes de réfraction de la lumière, est une exception.

La recherche de la preuve se retrouve dans les quatre domaines clés où s'est déployée la science grecque : 1) Les mathématiques pures (géométrie et arithmétique). 2) Les mathématiques appliquées aux phénomènes naturels (astronomie, harmonie musicale, optique, mécanique, géographie au sens de mesure de la Terre). 3) Les sciences naturelles (la botanique et zoologie) qui sont des entreprises de classement des êtres vivants. 4) La médecine, à la fois science et art avec le corpus hérité d'Hippocrate.

Le tout a mis des siècles à se mettre en place, même s'il y a incontestablement un moment fondateur qui se situe au ^v^e siècle avant J.-C.

Entretien avec M. Caveing, propos recueillis par J.-F. Dortier

ACHILLE WEINBERG

L'APPORT DU MONDE ARABE

« **E**ntre le ^{viii}e et le ^{xv}e siècle, la recherche scientifique la plus avancée se faisait en arabe. L'arabe était alors la langue de la science, depuis l'Espagne jusqu'aux confins de la Chine », écrit Roshdi Rashed, qui a dirigé la monumentale *Histoire des sciences arabes* (trois tomes parus au Seuil en 1997). Au ^{xix}e siècle, les historiens occidentaux comme Ernest Renan considéraient la science arabe comme un simple relais entre la science grecque et la Renaissance occidentale. Exceptée l'invention de l'algèbre, les savants de langue arabe n'auraient fait que transmettre l'héritage grec – Ptolémée, Aristote, Hippocrate, Euclide et quelques autres – aux Occidentaux. On sait désormais qu'il n'en est rien. Les recherches des historiens contribuent à montrer combien les Arabes ont non seulement préparé, parfois devancé, et rendu possible la révolution scientifique du ^{xvii}e siècle. Et ce dans de nombreux domaines: mathématiques, astronomie, chimie et médecine.

Mais qu'est-ce que la science arabe ?

La science arabe? On désigne ainsi toutes les productions savantes en langue arabe entre le ^{viii}e et le ^{xv}e siècle. Rappelons qu'à la suite de l'effondrement de l'Empire romain, la vie intellectuelle s'était presque éteinte en Occident. La pensée est restée confinée pendant plusieurs siècles aux monastères, où la place de la science était presque inexistante. En Orient, une vie intellectuelle se maintient dans les grands centres urbains. Dès le ^ve siècle, dans l'Empire sassanide (Iran actuel), à la frontière de l'Empire byzantin, fleurit une culture originale. Elle bénéficie des apports des civilisations grecque, indienne et chinoise, mais s'effondrera avec la conquête musulmane.

En quelques décennies, à partir de la mort du prophète Mahomet (en 632), l'islam va s'étendre à tout le Moyen-Orient, à l'Afrique du Nord et à l'Espagne. Les souverains arabes prennent possession des grandes cités et imposent l'arabe comme langue

officielle et langue de la culture. Ces princes arabes sont des esprits éclairés. Ils favorisent les arts, les lettres et les sciences. Ils construisent de grandes bibliothèques, font traduire en arabe des ouvrages grecs, indiens, égyptiens, byzantins, syriaques, etc. Bagdad, puis plus tard Le Caire et Cordoue, deviennent des centres intellectuels prestigieux où les princes et les califes côtoient les hommes de lettres, les mathématiciens, les astronomes et les grands médecins.

Une vie intellectuelle d'une exceptionnelle richesse se déploie à partir du VIII^e siècle. On distingue généralement deux périodes : la première est consacrée aux traductions, commentaires et compilations des œuvres anciennes. La seconde, plus tardive (bien que ces deux périodes se recouvrent en partie), est une ère d'innovations. Les savants de langue arabe vont particulièrement s'illustrer dans plusieurs domaines : les mathématiques, l'astronomie, la médecine et l'alchimie.

Les mathématiques. Les mathématiques arabes héritent d'abord de deux grandes traditions : celle des Grecs (*Les Éléments d'Euclide* sont traduits), mais aussi du très riche apport indien axé sur les techniques de calcul. Les mathématiciens arabes vont intégrer ces acquis et porter plus loin les découvertes. Al-Khwarizmi (dont le nom est à l'origine du mot algorithme), l'un des plus grands représentants de l'école des mathématiciens de Bagdad, publie vers 830 un traité portant sur le calcul d'équations à plusieurs inconnues, dont le titre va donner son nom à une nouvelle discipline : l'algèbre. Comme l'écrit R. Rashed : « L'événement fut crucial (...) Son importance n'a pas échappé à la communauté mathématique de l'époque, ni à celle des siècles suivants. Ce livre d'al-Khwarizmi n'a cessé d'être source d'inspiration et objet de commentaires des mathématiciens, non seulement en arabe et en persan, mais aussi en latin et dans les langues de l'Europe de l'Ouest jusqu'au XVIII^e siècle. »

Les travaux d'Al-Khwarizmi ouvrent une lignée de recherches mathématiques qui vont s'orienter, selon R. Rashed, dans une double direction, géométrie et arithmétique. À sa suite, on assiste à un envol de l'arithmétique, des algorithmes de calcul, de la géométrie, de l'algèbre et de la trigonométrie.

L'astronomie. L'intérêt des arabes pour l'astronomie est lié à des préoccupations religieuses. Cette science se trouvait en effet en rapport direct avec certaines exigences du culte : détermination du mois du Ramadan, des heures de prière, de l'orientation

vers La Mecque. L'astronomie arabe s'est enrichie des sources indienne et babylonienne, mais sa référence principale restera celle du Grec Ptolémée et de son système géocentrique.

Les savants arabes vont se consacrer à l'observation du mouvement des étoiles grâce à l'usage de nombreux instruments d'observation portatifs (l'astrolabe, le quadrant). Ils vont aussi édifier des grands observatoires, à partir desquels ils établissent des tables astronomiques et emploient des outils mathématiques perfectionnés pour calculer le mouvement des étoiles et des planètes. Cela les amène à affiner, corriger ou réviser le modèle de Ptolémée, sans pourtant le remettre fondamentalement en cause. Mais en mettant à jour certaines anomalies, en multipliant observations et calculs, ils préparent indéniablement la révolution copernicienne.

L'alchimie. L'alchimie antique et médiévale ne se réduit pas, comme on le croit souvent, à quelques manipulations magiques visant à transformer le plomb en or (le « grand œuvre »). L'alchimie arabe n'est rien d'autre que le précurseur de la chimie moderne. On y étudie les propriétés des métaux, des sels, des minéraux, leur composition, leur réaction à la chaleur, au froid, aux mélanges, etc. Le médecin Abu Bakr al-Razi (864-925), appelé Rhazès en Occident, se situe « au sommet de la science alchimique arabe ou plus exactement chimique ». Il décrit dans son traité *Secretum secretorum* de nombreuses opérations chimiques: distillation, calcination, solution, évaporation, cristallisation, sublimation, filtration, amalgamation, etc. Cette science alchimique, mi-philosophique, mi-expérimentale, a aussi un usage pratique: elle sert à fabriquer des médicaments, des poisons, des couleurs pour la peinture et la teinture, des réactifs pour purifier les métaux.

Jabir ben Hayyan (721-815), l'alchimiste arabe le plus célèbre, est connu en Occident sous le nom de Geber. Établi auprès de plusieurs califes (mécènes des arts et des sciences), il est à la fois expérimentateur, théoricien et compilateur. On lui attribue une immense production livresque (*Les Cent Douze Livres*, *Les Dix Livres de rectifications*, *Les Livres des balances*, etc.). Geber propose une classification des éléments selon leur qualité: le sec et l'humide, le chaud et le froid. Il tente ainsi, par combinaison, de trouver les propriétés des corps naturels connus. S'il croit bien à la transmutation des métaux, il reste réservé à l'égard des conceptions ésotériques et magiques véhiculées par l'alchimie.

La médecine. Comme les autres disciplines (mathématiques, astronomie, alchimie), la médecine arabe est tributaire des

influences grecque et romaine (Hippocrate et Galien), mais aussi de la riche pharmacopée indienne, ainsi que des techniques médicales issues de ces corpus. Dans son encyclopédie médicale, *Le Livre complet de la médecine*, al-Razi, dit Rhazès, énonce pour chaque maladie l'opinion des Grecs, des Syriens, des Indiens, des Persans et des Arabes, qu'il complète et critique en s'appuyant sur ses propres observations. À la fois praticien et professeur, il est directeur de l'hôpital de Bagdad. Son œuvre la plus connue porte sur la description très minutieuse de la variole et de la rougeole.

L'autre grand nom de la médecine arabe est Ibn Sina (980-1037), connu en Occident sous le nom d'Avicenne. Ce médecin et philosophe persan compose au ^x^e siècle une œuvre majeure, *Le Canon de la médecine*. On ne retient souvent d'Avicenne que sa théorie des quatre humeurs, héritée en partie d'Hippocrate et de Galien, ainsi que ses commentaires d'Aristote. C'est oublier l'essentiel. Clinicien hors pair, Avicenne a proposé dans ses écrits des analyses très précises de maladies comme la méningite, la pleurésie et l'apoplexie. Son point de vue thérapeutique se fonde sur des techniques médicamenteuses et diététiques.

Comment la science arabe a été transmise à l'Occident

Au ^x^e siècle, quelques contacts intellectuels marginaux ont lieu entre Orient et Occident. Mais c'est à partir du ^{xii}^e siècle que les sciences arabes commencent à pénétrer en Occident. Par la suite, les traductions se multiplient. Les universités européennes, en plein éveil intellectuel, vont découvrir la tradition grecque par la voie arabe. Aristote, Euclide, Ptolémée, Hippocrate sont traduits *via* l'arabe.

Les mathématiciens et astronomes comme Al-Khwarizmi sont également traduits. C'est par l'intermédiaire de l'Espagne que l'influence a d'abord pénétré. Puis par des auteurs juifs, venus d'Orient, qui connaissaient la langue arabe. Enfin, les clercs de l'Église ont encouragé l'introduction de textes, puis la traduction directe de certaines œuvres du grec au latin. Cette migration des idées et des savoirs allait être un des principaux ferments de la révolution scientifique du ^{xvii}^e siècle.

DANIELLE JACQUART

LES SCIENCES ARABES À LA DÉCOUVERTE DE L'HUMAIN

La brillante civilisation qui accompagna l'expansion territoriale des premiers siècles de l'islam fit de la langue arabe le véhicule de multiples savoirs. Au gré des dilatactions et des contractions de ce vaste empire musulman, sujet aux fluctuations de frontières, aux invasions périodiques et aux rivalités de pouvoir, l'adoption de l'arabe comme langue de culture donna une portée universelle à l'expression de ces savoirs. Elle assura aussi, grâce à la circulation des hommes et des livres, la transmission, malgré des particularismes, d'un système commun de références et d'un ensemble de curiosités. Ceci même lorsque le persan, dès le x^e siècle, mais surtout au xiii^e, puis le turc à partir du xv^e siècle, accédèrent à leur tour au statut de langues de culture, particulièrement dans le domaine qui recouvre l'actuel périmètre de nos sciences humaines.

À chaque civilisation correspond une organisation générale des savoirs que les générations successives affinent ou modifient. La civilisation qui s'instaura dans les siècles suivant l'avènement de l'islam créa de nouveaux champs disciplinaires, tout en s'en appropriant d'autres, plus anciens, représentés auparavant dans les aires gréco-byzantine et indo-persane. Une première distinction est donc à faire de ce point de vue.

Sciences religieuses, sciences des anciens

Les sciences religieuses, traditionnelles ou musulmanes englobaient, outre la lecture et le commentaire du Coran, l'étude de la langue arabe, en tant que véhicule sacré de la Révélation, ainsi que le « droit ». Alliant réflexion théorique sur la « Loi » – ou *chari'a* – et mise au point de règlements pratiques, le domaine juridique touche à la fois aux prescriptions religieuses et aux divers aspects de la vie sociale. Des clivages d'ordre religieux, politique ou doctrinal aboutirent à l'éclosion de différents courants ou écoles juridiques.

Parallèlement à ces sciences propres à l'islam, se sont développées des sciences dites étrangères, sciences des anciens ou rationnelles, avec pour point de départ les amples mouvements de traductions, qui virent leur apogée à Bagdad au IX^e siècle. L'organisation de ces sciences fut articulée, selon des modalités différentes d'un auteur à l'autre, en fonction des thèmes qu'offrait la lecture des œuvres d'Aristote et de ses commentateurs néoplatoniciens. Étaient ainsi couvertes la philosophie avec ses diverses branches (métaphysique, logique, morale, naturelle, politique), les sciences exactes, la médecine, mais aussi des techniques divinatoires comme l'astrologie.

En dehors de ces disciplines liées d'une part à la religion musulmane, d'autre part à l'héritage grec, des curiosités nouvelles menèrent à la création de genres aux contours plus flous, soit orientés spécifiquement vers une application pratique, soit destinés à délivrer, avec des accents littéraires et divertissants, un savoir encyclopédique à une élite urbaine cultivée. Il faut donc puiser dans ces diverses catégories d'écrits pour retrouver des intérêts recouvrant nos actuelles sciences humaines.

Des curiosités nouvelles

La science de la langue. La nature du texte coranique, « dicté » lors de la Révélation, puis retranscrit par les successeurs de Mahomet, de même que la collecte et l'analyse critique des propos prêtés au Prophète ou des récits relatant ses actes (hadith) conduisirent à une étude approfondie de la langue arabe, dans sa morphologie et sa syntaxe, dès le VIII^e siècle. À côté d'ouvrages de grammaire et de lexicographie, la spécificité de la langue arabe suscita une réflexion méthodologique sur un plan linguistique plus général. En particulier, une démarche combinatoire fut inaugurée pour explorer ses possibilités morphologiques. Elle rejoignit au XIII^e siècle les recherches des mathématiciens algébristes. L'apparition de termes spécifiques dans une langue autrefois orale et vernaculaire devenue, avec l'écrit, le véhicule de tous les savoirs fut aussi un objet d'étude.

La psychologie. Entre le IX^e et le XII^e siècle, la *falsafa*, la philosophie d'inspiration grecque, a laissé sa marque dans l'histoire de la pensée. Les noms d'Avicenne et d'Averroès suffisent à en suggérer l'éclat. Dans les efforts manifestés par ces philosophes pour faire se rejoindre la tradition grecque et la doctrine musulmane, la définition de l'âme humaine et de ses rapports au corps

constituait des points cruciaux et délicats. Suscitées par la lecture du traité *De l'âme* d'Aristote, ces réflexions se sont aussi nourries de la pensée médicale grecque, en particulier de Galien (II^e siècle apr. J.-C.). Une « psychologie » s'est ainsi déployée à l'intersection de la médecine et de la philosophie. Avec des solutions différentes selon les auteurs, la frontière entre ce qui revient à l'âme, et relève donc de la morale, et ce qui revient à la physiologie a fait l'objet de multiples débats. Quels sont les rôles respectifs du cerveau, siège des facultés psychiques, et du cœur, siège des émotions ? Quelle part de raisonnement peut-on attribuer aux facultés cérébrales ? Quelle est l'incidence des dérèglements physiologiques sur les comportements moraux ? À ces réflexions philosophico-médicales s'est joint l'apport de l'optique, particulièrement développée, notamment pour ses applications en astronomie. L'optique arabe incluait une importante dimension psychologique, en soulignant le rôle déterminant, dans le processus de la vision, du jugement opéré par les facultés cérébrales et leurs possibilités d'erreurs menant aux illusions.

L'histoire. L'écriture de l'histoire est intervenue en marge des deux grands groupes formés par les sciences religieuses et les sciences rationnelles. Le désir de replacer l'avènement de l'islam dans une histoire universelle, de décrire les étapes de la conquête, de trouver une unité aux multiples peuples qui formèrent la communauté musulmane donna lieu à différents genres historiques. Au fil des siècles, il s'agissait aussi de réfléchir sur les revers de l'épopée musulmane et l'astrologie y avait parfois son mot à dire. Parmi les genres adoptés, doivent être signalées les *tabaqat*, ces récits tendant à montrer les chaînes de transmission de savoirs et de traditions au sein de catégories d'individus ou de groupes particuliers : écoles juridiques, philologues et poètes, ascètes et mystiques, médecins et savants, etc. C'est la succession des biographies qui forme alors la trame historique de ces récits. Les replis régionaux entre le XIII^e et le XV^e siècle ouvrirent une période propice aux histoires locales. De même, la domination ottomane inaugura une floraison d'écrits historiques en langue turque.

La géographie. Il faut encore chercher à l'intersection de plusieurs disciplines, recourir à différents genres d'écrits pour reconstituer l'ensemble d'un savoir géographique. Dans la ligne de la *Géographie* de Claude Ptolémée (II^e siècle apr. J.-C.), s'est développée une géographie mathématique, qui emprunte à l'astronomie et à la trigonométrie pour dresser la carte du monde et

des climats. Les écrits vont de pair avec des réalisations cartographiques, pour la terre comme pour la mer, et avec la fabrication de mappemondes. Les besoins de l'administration centrale, du commerce, des déplacements des armées, la mise en place d'un réseau postal incitèrent à décrire les routes, les régions, les villes de l'empire, et à s'intéresser aux populations qui s'y rencontraient. Enfin des récits de voyages, certains intégrant une part de merveilleux, d'autres plus authentiques relatant de vastes périples effectués à l'occasion du pèlerinage à La Mecque, par exemple, complètent le tableau riche et foisonnant de la géographie arabe. Comme l'histoire, la géographie pouvait inclure des intérêts de type ethnographique et sociologique, que la diversité du monde musulman, son destin particulier et son aspiration à l'unité avaient stimulés.

En recueillant et en faisant évoluer les disciplines héritées de l'Antiquité grecque, les savants arabes jouèrent un rôle clé dans la transmission et l'enrichissement du savoir à l'origine de nos sciences humaines. Du IX^e au XV^e siècle, de l'Espagne à l'Asie centrale, une vaste communauté de penseurs donna à la civilisation arabe, cimentée par une communauté de langue et de concepts, un rayonnement qui imprègne toujours une partie de notre intellect.