Rashed R. (dir.), *Histoire des sciences arabes,* avec la collaboration de R. Morelon.

Paris, Seuil, 1997, 3 volumes,
17 × 22 cm, 376 p., 422 p., 321 p.

La version anglaise de cette encyclopédie avait été publiée chez Routledge en 1996 ; la version française en est une traduction révisée et mise à jour. Une version arabe a été publiée à Beyrouth en 1998, et une version persane est sous presse à Téhéran.

Première synthèse de cette ampleur, fruit des recherches accumulées depuis le début du siècle, mais plus particulièrement ces dernières décennies, les trois tomes de cette encyclopédie viennent combler une lacune et, tout en contribuant à la connaissance de la culture islamique, ouvrent la voie à une véritable compréhension de la science classique en replaçant les sciences arabes (*i. e.* les sciences écrites en langue arabe, laquelle est à partir du IXe siècle, et ce dans une partie du monde qui s'étend de l'Andalous aux confins de la Chine et de l'Inde, la langue des mathématiques et de la philosophie) dans l'histoire générale des sciences.

Le premier volume porte sur l'astronomie théorique et appliquée. Placée au départ sous des influences diverses, grecques essentiellement, mais également indiennes ou persanes, l'astronomie arabe, qui connaît un développement sans précédent à partir du VIIIe siècle, s'est construite sur la tension entre deux approches : une approche physique dans laquelle la représentation matérielle totale de l'univers d'Aristote est prépondérante, et une approche mathématique dans la postérité de l'œuvre de Ptolémée. Après un panorama général de l'histoire de l'astronomie (R. Morelon), le second chapitre de cet ouvrage est consacré aux débuts de l'astronomie, du VIIIe au XIe siècle (R. Morelon). Cette période voit se multiplier les observations astronomiques (observatoires de Gundishâpûr, Bagdad, Damas, Raqqa, etc.) faites dans le cadre des schémas géométriques hérités de Ptolémée, retravaillés et critiqués sur la base des nouvelles observations, et se clôt avec la parution de l'ouvrage *Les doutes sur Ptolémée* d'Ibn al-Hayṯam, bilan critique des recherches astronomiques et catalogue des incohérences non encore résolues, ce qui débouche sur une impasse provisoire. Deux échappatoires à cette impasse vont être cherchées, une plus philosophique, en Andalousie, l'autre plus scientifique, autour de l'école de Marāġa. Un chapitre est consacré aux recherches des astronomes andalous partisans d'un retour à l'astronomie physique d'Aristote (Juan Vernet et J. Samso) ; fondées sur des bases presque uniquement philosophiques, ces recherches aboutiront à une autre impasse. Le chapitre suivant (Les théories planétaires en astronomie arabe après le XIe siècle, par G. Saliba), s'attache à l'étude de la deuxième période de l'astronomie arabe en Orient, l'école de Marāġa : l'équipe constituée autour de l'observatoire de Marāġa, fondé par Hülegü en 1259, recherche de nouveaux modèles géométriques, toujours géocentriques mais non ptoléméens ; ces recherches culmineront avec l'œuvre d'Ibn al-Šāṭir au XIVe siècle, mais se prolongeront tout au long des XVe et XVIe siècles. Les travaux des astronomes de l'école de Marāġa marqueront la recherche astronomique ultérieure en Occident latin. L'observatoire de Marāġa servira en outre de modèle aux grands observatoires postérieurs. Un chapitre est également consacré aux petits instruments dont l'astrolabe (F. Maddison). Les diverses applications de l'astronomie, pour l'orientation sur terre et sur mer, pour la géographie mathématique, pour la gnomonique et la détermination des heures et des directions, ainsi que pour la confection des calendriers se voient consacrés trois chapitres (Astronomie et société musulmane : « *qibla* », gnomonique, « *mīqāt* », par D. A. King, Géographie mathématique et cartographie, par E. S. Kennedy, La science nautique arabe, par H. Grosset-Grange et H. Rouquette). Ce volume enfin ne serait pas complet s'il ne mentionnait pas les prolongements de l'astronomie arabe tant en latin qu'en hébreu, ce à quoi sont consacrés les deux derniers chapitres (B. R. Goldstein et H. Hugonnard-Roche).

Le deuxième volume traite des sciences mathématiques et physiques. Il s'ouvre sur un premier chapitre consacré aux méthodes indiennes de calcul (système décimal de position, et opérations effectuées dans ce système) introduites à Bagdad au IXe siècle par le traité d'arithmétique d'al-Ḫwārizmī (A. S. Saidan).

C'est cependant l'algèbre, à laquelle est consacré le second chapitre (R. Rashed), qui constitue l'apport le plus célèbre des mathématiciens du monde arabe. À la suite d'al-Ḫwārizmī, dont le traité *Le livre concis du calcul de l'algèbre et d'al-muqabala* fonde la discipline, les recherches de ses successeurs vont essentiellement se développer dans deux directions : la théorie des polynômes et la résolution des équations. Les mathématiciens arabes ne réussiront pas à résoudre les équations du troisième degré par radicaux dans le cas général, mais leurs recherches vont se développer dans une autre direction : la résolution géométrique de ces équations au moyen d'intersections de courbes convenablement choisies. Deux noms sont essentiellement attachés à ce chapitre des mathématiques, ceux d'al-Ḫayyām et de Šaraf al-dīn al-Ṭūsī.

La constitution de l'algèbre comme discipline provoque également un développement de l'analyse diophantienne, de la théorie des nombres, de l'analyse combinatoire, et de l'analyse numérique (chapitre 3, R. Rashed). L'analyse combinatoire qui fait ses débuts séparément chez les linguistes (pour les besoins de la phonologie, de la lexicographie, et de la cryptographie) et chez les algébristes (à qui l'on doit la formule du binôme

BCAI 16 (2000) Rashed R. (dir.) : Histoire des sciences arabes, avec la collaboration de R. Morelon, recensé par Hélène Bellosta
© IFAO 2025 BCAI en ligne http://www.ifao.egnet.net

et le triangle de Pascal), devient par la suite un instrument applicable aux situations les plus diverses. C'est également en liaison avec l'algèbre, et pour les besoins de l'astronomie d'observation que se développe l'analyse numérique. De nombreux algorithmes numériques nouveaux voient le jour, pour l'extraction des racines carrées, des racines cubiques, et même des racines nièmes ; c'est pour améliorer ces approximations que se développe la théorie des fractions décimales ; des méthodes d'interpolation d'origine indienne seront également mises en œuvres pour la confection des tables trigonométriques. L'étude de l'analyse indéterminée, ou analyse diophantienne rationnelle, dont l'objet est de résoudre par l'algèbre des problèmes traités jusqu'alors par les arithméticiens et dont les débuts remontent au milieu du IXe siècle, sera poursuivie et systématisée et deviendra un chapitre de l'algèbre. Quant à l'analyse diophantienne entière, chapitre de la théorie des nombres, de nombreux travaux verront le jour sur les triangles numériques, les nombres congruents ; les mathématiciens du monde arabe tenteront même de démontrer l'impossibilité du premier cas du théorème de Fermat. La théorie des nombres enfin, au confluent de deux traditions, euclidienne et néo-pythagoricienne porte sur l'étude des nombres amiables, ainsi que sur les nombres parfaits et la caractérisation des nombres premiers.

La contribution des mathématiciens du monde musulman aux déterminations infinitésimales fait également l'objet d'un chapitre (R. Rashed). Engagées dans la postérité des travaux d'Archimède, leurs recherches les ont conduits à retrouver certaines des méthodes d'Archimède dont ils n'avaient pas eu connaissance, à calculer de nouveau la surface du cercle et celle de la sphère, ainsi que le volume de celle-ci. Ils se sont également intéressés à la quadrature de la parabole, et au calcul du volume de diverses sortes de paraboloïdes de révolution, ainsi qu'aux problèmes isopérimétriques et isépiphanes (voir le compte rendu de l'ouvrage de R. Rashed, *Les Mathématiques infinitésimales du IXe au XIe siècle*).

La géométrie connaît également un grand développement (B. A. Rosenfeld et A. P. Youschkevitch). Stimulées par les tentatives de résolution géométrique des équations du troisième degré et par les recherches en optique, les études sur la théorie des coniques se développent. Le développement de l'astronomie à partir du IXe siècle va induire également de nouvelles directions de recherches en géométrie et susciter en particulier une multiplication des recherches sur les projections (projections de la sphère sur un plan, projections cylindriques d'axes quelconques, et projections coniques à partir d'un point quelconque). Cette théorie des projections, née des besoins de l'astronomie, va assez vite se développer indépendamment de la construction des astrolabes et les projections deviendront en elles-mêmes un objet d'étude et un domaine de recherches. Les mathématiciens du monde arabe se sont également intéressés à d'autres transformations géométriques (affinités orthogonales, translations, homothéties, similitudes directes, transformations affines, et transformations projectives).

C'est encore pour les besoins de l'astronomie que se développe la trigonométrie plane et sphérique (M. T. Debarnot) ; les notions de sinus et de sinus verse, absentes des mathématiques grecques, sont les deux apports de l'astronomie indienne. La découverte, au Xe siècle, du théorème des sinus, puis du théorème général des sinus, dont plusieurs mathématiciens se disputent la paternité (proportionnalité des sinus et des arcs correspondants des triangles sphériques), pierre de touche du renouveau de la trigonométrie sphérique, va impulser un nouvel élan à ce chapitre des mathématiques, dont le *Traité du quadrilatère complet* de Naṣīr al-dīn al-Ṭūsī (1201-1274) sera le point culminant. Cette première partie du tome 2, consacrée aux mathématiques, se clôt par un chapitre sur l'influence des mathématiques arabes dans l'Occident médiéval (A. Allard). C'est en effet par les traductions latines, faites dans l'Italie du sud et en Espagne, que l'Europe, à partir du XIIe siècle s'initiera aux mathématiques, tout particulièrement à l'algèbre et aux méthodes de calcul dit « indien », préparant ainsi l'essor intellectuel de la Renaissance.

Après un chapitre sur la science musicale (J. C. Chabrier), partie du *quadrivium*, dans lequel est étudiée l'évolution des divers systèmes acoustiques à partir du système pythagoricien, un chapitre est consacré à la statique (M. H. Rozhanskaya) : y est montré comment se dégagent et se différencient lentement les notions de poids et de pesanteur ; y sont étudiés, dans la postérité d'Archimède, les travaux sur les centres de gravité, sur les leviers, l'équilibre hydrostatique, la balance, et les poids spécifiques.

Trois chapitres enfin sont consacrés à l'optique, tant à l'optique géométrique (R. Rashed) qu'à l'optique physiologique et aux théories de la vision (G. A. Russel), ainsi qu'à la transmission à l'Occident de l'optique arabe (D. C. Lindberg). À la suite des recherches d'al-Kindī au IXe siècle sur les miroirs ardents, les recherches en optique, non seulement sur les miroirs ardents et la réflexion, mais aussi sur la réfraction et l'étude des lentilles, les rayons optiques et la vision, se poursuivent, renouvelant et bouleversant totalement la tradition grecque. Outre Ibn Sahl, à qui l'on doit la loi de la réfraction, al-Fârisî à qui l'on doit la première explication correcte de l'arc-en-ciel, il faut surtout citer Ibn al-Hayṭam dont le *Kitāb al-manāẓir*, traduit en latin à la fin du XIIe siècle sous le titre *Opticae thesaurus Alhazeni*, abandonnant définitivement la théorie du flux visuel, révolutionne l'optique et sera la principale source en Europe de Witelo, Kepler et Descartes.

Le troisième volume porte sur la technologie et les sciences de la vie. Il s'ouvre sur un chapitre portant sur le génie civil et la technologie de précision (D. R. Hill). Les techniques de génie civil, parmi lesquelles l'irrigation dont on sait l'importance vitale pour tous les pays du monde musulman où le manque d'eau est chronique, mais aussi

BCAI 16 (2000) Rashed R. (dir.) : Histoire des sciences arabes, avec la collaboration de R. Morelon, recensé par Hélène Bellosta
© IFAO 2025 BCAI en ligne http://www.ifao.egnet.net

les barrages, les ponts et la topographie y sont passées en revue ; y sont également étudiées les techniques de génie mécanique (machines pour élever l'eau, moulins à eau et à vent), et la technologie de précision (automates, clepsydres, fontaines, instruments astronomiques).

La géographie, au confluent de la géographie scientifique dans la tradition de Ptolémée et de l'*adab*, hésitant souvent entre les récits de voyages, la géographie administrative et les encyclopédies, se voit consacré le second chapitre (A. Miquel). Le chapitre portant sur la botanique et l'agriculture fait la part belle au monumental ouvrage qu'est l'*Agriculture Nabatéenne*, mais évoque également les nombreux ouvrages andalous sur le sujet (T. Fahd).

Deux chapitres sont ensuite consacrés à l'alchimie arabe (G. C. Anawati) et à sa réception en Occident (R. Halleux). Après une évocation des sources anciennes de l'alchimie (essentiellement grecques, mais aussi égyptiennes, indiennes, juives et chrétiennes), sont ensuite étudiées les œuvres des alchimistes arabes eux-mêmes, étude rendue difficile tant par l'abondance que par l'hermétisme du corpus. En émergent les grandes figures de Ǧābir b. Ḥayyān, auteur d'une immense œuvre en partie apocryphe reposant sur la théorie aristotélicienne de la composition de la nature en quatre éléments (terre, eau, air, feu), à partir de laquelle il élabore sa propre théorie de la balance ou de l'équilibre des natures censée permettre la transmutation des métaux par l'intermédiaire d'élixirs, et d'Abū Bakr al-Rāzī, sommet de la science alchimique arabe. Cette étude montre comment l'alchimie arabe se développe autour de deux pôles, spéculations ésotériques certes, mais aussi expérimentation pratique et observations précises (manipulations de laboratoire et indications pour la fabrication de certains produits), constituant ainsi la préhistoire de la chimie. Le chapitre se clôt enfin par l'exposé des réfutations de l'alchimie dues à Avicenne et Ibn Khaldun. Le chapitre suivant complète celui-ci et montre comment l'alchimie latine, tout entière fondée sur l'héritage arabe, se développera dans la continuité de celui-ci.

Le long chapitre suivant concernant la médecine (E. Savage-Smith) s'ouvre par un état des sources qui rendent possible cette étude. Après les tout débuts de la médecine avant le califat abbasside (l'auteur relativise l'influence de Gundishâpûr dans le développement de cette médecine), on suit le développement de la première médecine abbasside, influencée, plus que par Hyppocrate, par Galien et sa théorie des humeurs ; après quoi vient le temps des grands systèmes (Abū Bakr al-Rāzī, et Avicenne), à côté desquels, et peut-être pour un public différent, se développe la médecine dite du Prophète qui insiste sur la prévention. Après une étude des hôpitaux et de leurs diverses fonctions (depuis les premiers hôpitaux de Bagdad, jusqu'aux grands hôpitaux fondés en Syrie et en Égypte sous les Ayyoubides et les Mamelouks.), l'aspect sociologique de la médecine comme profession est également abordé. Des développements sont également consacrés à la chirurgie, l'ophtalmologie (la cécité due essentiellement à la cataracte ou au trachome était en effet la première cause d'invalidité), l'anatomie (la description de la circulation pulmonaire par Ibn al-Nafis est une contribution notable à l'histoire de l'anatomie humaine), sans oublier enfin l'évocation de la médecine populaire. Un chapitre consacré à la réception de la médecine arabe en Occident médiéval (D. Jacquart), comportant un tableau des traductions latines d'œuvres médicales arabes, vient utilement compléter le précédent.

Une analyse du développement des institutions scientifiques dans le Proche-Orient médiéval avant et après le XIe siècle (*Bayt al-Ḥikma*, bibliothèques, hôpitaux déjà évoqués dans le chapitre sur la médecine, observatoires, madrasas, sans oublier les modes de financement de ces institutions sous la forme de dotations en *waqf*-s) ainsi qu'un exposé des diverses classifications des sciences clôturent ce dernier tome (F. Micheau et J. Jolivet). On trouvera en outre à la fin de cette encyclopédie une abondante bibliographie, comprenant les publications les plus récentes.

Fruit des efforts conjugués des plus grands spécialistes en leur domaine, cette synthèse qui s'adresse à un large public cultivé, sans toutefois être une œuvre de vulgarisation, est appelée à devenir un ouvrage de référence et un outil indispensable à tous ceux qui s'intéressent à l'histoire des sciences arabes.

Hélène Bellosta
IFEAD, Damas

BCAI 16 (2000) Rashed R. (dir.) : Histoire des sciences arabes, avec la collaboration de R. Morelon, recensé par Hélène Bellosta
© IFAO 2025 BCAI en ligne http://www.ifao.egnet.net