mérite d'avoir fait connaître, outre la science arabe, la science classique à l'Occident bien avant les premières versions directes à partir des originaux grecs. Citons, parmi ces traducteurs, Gérard de Crémone, Hermann le Dalmate et Abélard de Bath.

Au XIIIe siècle, quatre facteurs favorisent le transfert des idées d'Orient en Occident :

— En Italie du sud, l'empereur Frédéric II réunit à sa cour les meilleurs connaisseurs chrétiens, dont Michel Scot, formé à Tolède.
— Alphonse X, roi de Castille, suit une politique similaire qui l'amène à commander de nombreuses traductions.
— L'apparition des premières universités européennes lance une dynamique scientifique irréversible.
— La qualité des traductions de l'arabe à l'hébreu.

L'influence de ces traductions ne fut pas uniquement considérable au niveau scientifique, mais sur le plan même des institutions. Il semble bien que les asiles d'aliénés et les permis d'exercer la médecine furent copiés sur la médecine arabe.

Enfin, J. Vernet clôt cette somme par l'examen des prolongements de ces traductions dans les domaines artistique et littéraire jusqu'au XVe siècle. Ce qui fait de cet ouvrage une magnifique synthèse indispensable à tout chercheur désireux de mieux comprendre la nature de la science en Espagne médiévale.

Floréal SANAGUSTIN
(Paris)

AL-BĪRŪNĪ, *Kitāb Maqālīd ʿilm al-Hayʾa,* (La trigonométrie sphérique chez les Arabes de l'Est à la fin du Xe siècle), texte établi et traduit par Marie-Thérèse Debarnot. Damas, I.F.D., 1985. 23 × 31 cm., XXVII + 314 p.

Marie-Thérèse Debarnot édite, traduit et commente « Les clefs de l'astronomie » d'al-Bīrūnī, en replaçant cet ouvrage à l'intérieur de l'histoire de l'astronomie sphérique dans le monde arabe; elle montre ainsi qu'il se place à une époque charnière de l'évolution de cette science.

Très longtemps, la trigonométrie sphérique n'a été considérée que comme une science auxiliaire de l'astronomie. A partir du IXe siècle, les astronomes arabes travaillèrent sur la base des formules de trigonométrie de Ptolémée dans son *Almageste,* où les calculs sont effectués avec les longueurs de cordes des arcs, en utilisant le « quadrilatère de Menelaus », figure très lourde qui met en jeu des rapports composés; ces astronomes arabes systématisant alors l'emploi du *sinus,* d'origine indienne, et introduisant la notion de tangente. Au cours du Xe siècle, la trigonométrie prend une place de plus en plus grande dans les traités d'astronomie, et les auteurs s'orientent vers la « figure qui dispense du quadrilatère », ce qui revient en fait à la résolution de triangles sphériques. Cette évolution est continue jusqu'au XIIIe siècle, où Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī, dans son traité sur le « quadrilatère » (ou la « figure-secteur » comme l'appelle M.T.D.), donne une indépendance complète à la trigonométrie, comme telle, par rapport à l'astronomie.

BCAI 4 (1987) al-Bīrūnī: Kitāb Maqālīd ʿilm al-hayʾa, (La trigonométrie shérique chez les Arabes de l'Est à la fin du Xe siècle), éd. trad. M.-Th. Debarnot, recensé par R. Morelon
© IFAO 2025 BCAI en ligne http://www.ifao.egnet.net

Al-Bīrūnī était né en 973, le livre sur « Les clefs de l'astronomie » est l'une de ses œuvres de jeunesse car il paraît avoir été composé entre 994 et 1004 (cf. pp. 68-69). Selon son habitude, cet auteur fait le bilan de ce qui l'a précédé, il cite soigneusement ses sources, en particulier les œuvres de ses maîtres, puis présente ses propres solutions aux problèmes posés. Après la dédicace et l'introduction générale, son livre est très nettement divisé en quatre parties :

1) Histoire de la découverte de la figure « qui dispense du quadrilatère complet », et détail du rôle des prédécesseurs immédiats d'al-Bīrūnī, qui rend à chacun ce qui lui revient (p. 96-103).
2) Reprise critique des démonstrations antérieures, avec proposition d'autres solutions (p. 104-151).
3) Systématisation, par l'auteur, de sa propre solution, avec une classification des différents triangles sphériques en dix catégories selon la qualité de leurs angles (obtus, aigus ou droits), et résolution des quinze cas déterminables par le groupement deux par deux des éléments connus (côté ou angles) (p. 152-195).
4) Application des raisonnements précédents à la solution de vingt-quatre problèmes classiques d'astronomie, avec rappel des méthodes antérieures (p. 196-297).

Cette dernière partie couvre environ la moitié du livre, et toutes les démonstrations antérieures sont ainsi orientées vers ces applications, mais l'intérêt de l'ouvrage réside surtout dans les trois premières parties, purement trigonométriques.

Cette œuvre d'al-Bīrūnī n'avait encore jamais été éditée; elle avait fait l'objet d'une présentation par E.S. Kennedy, et le manuscrit qui la contient avait simplement été reproduit photographiquement en Iran, ce qui ne permet pas un véritable accès au texte, d'autant plus que l'écriture de ce manuscrit unique est entièrement dépourvue de points diacritiques. Le texte arabe et sa traduction sont présentés face à face en édition bilingue, et le contenu en est longuement présenté et commenté : M.T.D. commence par situer et expliciter les raisonnements cités par al-Bīrūnī, c'est-à-dire ceux de ses maîtres ou de ses contemporains, Abū 'l-Wafā', Abū Naṣr, al-Ḫuǧandī, Kušyār b. Labbān; elle passe ensuite à la période précédente en donnant l'évolution de la trigonométrie sphérique au IXe siècle à partir du double héritage grec et indien, et en s'attardant longuement sur l'œuvre de Ḥabaš, dont la partie trigonométrique est ici dépouillée de façon systématique pour prouver que c'est cet auteur qui a fixé le cadre dans lequel cette science s'est développée par la suite; enfin, elle détaille les éléments originaux dans les « Clefs de l'astronomie » en cherchant quelle a été leur influence sur le « Traité du quadrilatère » de Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī. Dans ces chapitres introductifs, M.T.D., dans la majorité des cas, s'appuie sur des œuvres existant encore seulement sous forme manuscrite, et leur dépouillement est très précieux. Ajoutons que les index de vocabulaire et de calculs seront appréciés par tous les historiens des sciences arabes.

On pourrait faire à la présentation de l'ouvrage quelques critiques, telles que la seule mention de la page pour un terme donné en index, ou la difficulté de trouver le sens de certains symboles utilisés pour caractériser des formules. Mais il ne s'agit là que de points de détail, et cette

BCAI 4 (1987) al-Bīrūnī: Kitāb Maqālīd 'ilm al-hay'a, (La trigonométrie shérique chez les Arabes de l'Est à la fin du Xe siècle), éd. trad. M.-Th. Debarnot, recensé par R. Morelon
© IFAO 2025 BCAI en ligne http://www.ifao.egnet.net

publication constituera désormais un ouvrage de référence pour l'étude de la trigonométrie sphérique dans le monde arabe aux IXe et Xe siècles.

Régis MORELON
(C.N.R.S., Paris)

Sharaf al-Dīn AL-ṬŪSĪ, *Œuvres mathématiques* (Algèbre et Géométrie au XIIe siècle), texte établi et traduit par Roshdi Rashed. Paris, Les Belles Lettres, 1986. 2 tomes, 16 × 24 cm., 470 et 450 p.

Šaraf al-Dīn al-Ṭūsī est un scientifique de la fin du XIIe siècle. On sait peu de chose à son sujet, puisque son nom n'est mentionné par les biobibliographes arabes que lorsqu'ils signalent que tel ou tel auteur avait travaillé sous sa direction à Damas ou à Mossoul vers la fin du XIIe siècle (cf. tome I, p. XXXII-XXXVI). Cet auteur est surtout connu pour son « astrolabe linéaire », ou « bâton d'al-Ṭūsī », sur lequel plusieurs publications avaient été faites depuis la fin du XIXe siècle. Rien n'avait été publié sur son grand traité d'algèbre, avant les articles de R. Rashed, à partir de 1974 (articles repris dans *Entre arithmétique et algèbre,* Paris 1984, p. 93-194).

Les deux tomes présentés ici regroupent les œuvres mathématiques de cet auteur qui nous sont parvenues : le grand traité sur les équations (244 pages d'arabe), puis un opuscule sur l'asymptote et une épître sur un problème de construction géométrique (respectivement 6 et 7 pages de texte arabe). C'est évidemment le « traité sur les équations » qui est la pièce maîtresse de cet ensemble. Cette œuvre importante était connue dans un manuscrit unique de la fin du XVIIIe siècle, conservé à Londres, jusqu'à la découverte par R.R. du modèle de celui-ci, à Patna en Inde, manuscrit de la fin du XIIIe siècle, dans lequel manque le premier tiers du texte; puis un troisième manuscrit partiel tardif, à Venise, contient le premier cinquième du traité. Ces trois témoins permettent dans de bonnes conditions l'établissement de la version de ce texte à laquelle tous trois donnent accès.

Ce travail de Šaraf al-Dīn est présenté par R.R. comme l'œuvre la plus importante, avec celle d'al-Ḫayyām, entre les travaux d'Apollonius et ceux de Descartes et de Fermat. En effet, après l'apparition de l'algèbre avec al-Ḫwārizmī au IXe siècle, puis le développement de cette science au Xe siècle, c'est al-Ḫayyām, au XIe, qui systématise le couplage entre algèbre et géométrie en faisant une étude des équations du 3e degré et en trouvant leur solution par l'intersection de deux coniques. Cette formulation théorique du problème de la construction géométrique des équations algébriques paraissait totalement isolée dans le monde arabe, dans la mesure où aucun autre auteur ne semblait avoir poursuivi le travail. Or la mise à jour de l'œuvre présentée ici montre qu'al-Ḫayyām avait créé une tradition et que Šaraf al-Dīn a prolongé et développé largement les analyses de son prédécesseur, environ un siècle plus tard.

Šaraf al-Dīn étudie d'abord la parabole et l'hyperbole, l'étude du cercle étant supposée connue, dans la mesure où il aura besoin de tout cela dans la suite de son traité. Puis il classe les 25 équations qu'il retient en deux grandes catégories : celles qui admettent des solutions positives, et celles qui présentent des « cas impossibles » car elles admettraient des solutions négatives. La

BCAI 4 (1987) al-Bīrūnī: Kitāb Maqālīd ʿilm al-hayʾa, (La trigonométrie shérique chez les Arabes de l'Est à la fin du Xe siècle), éd. trad. M.-Th. Debarnot, recensé par R. Morelon
© IFAO 2025 BCAI en ligne http://www.ifao.egnet.net