



پروفیسر شہناز گاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی
پرتال جامع علوم انسانی

deux précédents, a vu le jour à Istanbul. Il a été conçu par Ibn Ma^crūf al-Qushjī et financé par l'Etat ottoman⁵⁹.

Quant au domaine théorique, il suffit de rappeler que, indépendamment de la question des influences qui sera peut-être élucidée un jour, le procédé géométrique, qui a servi à exprimer les mouvements des planétaires d'Ibn ash-Shāṭir et, plus tard, ceux de Copernic⁶⁰.

* * *



59. Op. cit., pp. 289-305.

60. Kennedy, E. s. : *Planetary Theory: Late Islamic and Renaissance*, *Awrāq*, n° 5-6 (1982-83), pp. 19-24; Kennedy, E. S. : *Planetary Theory in the Medieval Near East and its Transmission to Europe*, Proceedings of the Syposium: Oriente e Occidente nel Medioevo, Accademia Nazionale dei Lincei, Rome, 1971, pp. 595-604; Saliba, G. : *Arabic Astronomy and Copernicus*, *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, n° 1 (1984), pp. 73-87.

politiques qui l'ont critiqué sévèrement pour avoir pratiqué les sciences occultes. Une des critiques les plus virulentes a été celle que lui a faite le théologien hanbalite Ibn Qayyim al-Jawziyya (m. 1350), élève d'Ibn Taymiyya (m. 1328) et adversaire acharné des philosophes, qui dit dans l'un de ses livres, à propos d'aṭ-Ṭūsī: "le partisan de l'idolâtrie et de l'incroyance, l'athée, le ministre des athées, Naṣīr aṭ-Ṭūsī, le ministre de Hulāgū, Il a assouvi sa vengeance contre les adeptes du Prophète et contre ses coreligionnaires; il les a exposés à l'épée jusqu'à ce que ses frères les athées en soient satisfaits et qu'il en soit lui-même satisfait. Il a tué le calife al-Musta'ṣim, les juges, les juristes, les gens du Ḥadīth et a préservé les philosophes, les astrologues matérialiste et les sorciers. (...) Et il a mis à la disposition des athées des écoles et a tenté de substituer au Coran les Ishārāt du guide des athées Ibn Sīnā. Mais, n'ayant pas pu réaliser cela, il a dit: "c'est le Coran de l'élite et l'autre est le Coran de la masse". *Et il a tenté de changer les prières et de les ramener à deux, mais il n'a pas réussi. Et, en dernier lieu, il a appri la sorcellerie et il est devenu un sorcier qui adorait les idoles*"⁵⁷.

Nous ne savons pas si les accusations d'Ibn Qayyim al-Jawziyya sont basées sur des faits précis qui ont réellement ou s'ils sont l'expression d'un antagonisme idéologique doublé d'un ressentiment profond vis-à-vis du pouvoir mongol dont a fait partie aṭ-Ṭūsī et qu'il a donc objectivement soutenu. Quoi qu'il en soit, et quel que soit le jugement que l'on peut porter sur aṭ-Ṭūsī homme d'état ou chef spirituel d'une secte musulman de XIII^e siècle, il reste, aux yeux de l'historien des sciences, un savant d'une grande envergure dont les activités scientifiques, mais également certaines de ses initiatives qu'il a prises en tant que membre de l'Etat mongol, ont permis à la tradition scientifique en pays d'Islam, et en particulier à l'Astronomie, de connaître une certaine réactivation dont les résultats ont traversé les siècles et les continents.

En effet, dans le domaine pratique, l'observatoire de Marāgha, qui a été conçu puis dirigé par aṭ-Ṭūsī, a été, en quelque sorte, un modèle qui a été imité d'abord à Samarcande où un projet semblable a été soutenu par le pouvoir en place (dirigé à l'époque par Ulugh Beg) et réalisé par une équipe d'éminents scientifiques animée par le célèbre d'al-Kāshī (m. 1425)⁵⁸ Plus tard, un dernier projet, de même envergure que les

57. Ibn Qayyim al-Jawziyya: *Ighāthat al-lahfān* [L'assistance à l'insatisfait], Le Caire, 1939, vol. 2, p. 267; cité par az-Ziriklī: *al-A'lam*. [Les figures célèbres], Le Caire, Dār al-'ilm li l-malāyīn, 1980, vol. 7, p. 31.

58. Sayili, al: *The Observatory in Islam*, op. cit., pp. 259-289.

opposées, ils réalisent un allongement et un raccourcissement périodiques du segment. Alors, en plaçant le couple de vecteurs en un point déterminé, il réussit à décrire le mouvement d'une planète sans recourir au modèle de Ptolémée, c'est à dire en évitant d'introduire des mouvements non uniformes.

Dès sa publication, la *Tadhkira* a été étudiée par les astronomes de Marāgha et en particulier par Quṭb ad-Dīn ash-Shīrāzī qui s'est inspiré des méthodes d'aṭ-Ṭūsī dans les deux livres qu'il a écrit pour exposer ses propres modèles planétaires: *Nihāyat al-idrāk fī dirāyat al-aflāk* [L'ultime compréhension dans la connaissance des corps célestes] et *at-Tuḥ fa ash-shāhiya* [La parure du Shāh]. Elle a également été étudiée en Syrie, comme le confirme le commentaire qu'a fait sur cet ouvrage l'astronome de Ḥama, °Umar al-Fārisī (XIV^e s.), qui était au service du prince Ayyubide Abū l-Fidā (ca. 1300)⁵³. Plus tard, le grand astronome de Damas, Ibn ash-Shāṭir (m. 1375), a utilisé les idées d'aṭ-Ṭūsī pour construire son propre modèle.

Parallèlement à cette utilisation directe de son contenu, la *Tadhkira* a bénéficié d'une traduction en persan et d'un certain nombre de commentaires dont les titres nous sont parvenus: le *Tawḍīḥ at-Tadhkira* [L'éclaircissement de la *Tadhkira*], d'al-Ḥasan an-Niṣabūrī, écrit en 1312, le *Bayān maqāsid at-Tadhkira* [Explication des buts de la *Tadhkira*], d'al-Himādhī (XIII^e-XIV^e s.), un astronome de l'observatoire de Marāgha et le *Sharḥ at-Tadhkira an-nāshiriyya fī l-hay'a* [Commentaire sur la *Tadhkira* naséride en Astronomie]⁵⁴ de °Alī al-Jurjānī (m. 1413). Les sources connues attribuent également des commentaires à Qaḍī Zāda ar-Rūmī (m. 1441), à °Abd al-°Alī al-Birjandī (m. 1526) et à Shams ad-Dīn al-Ḥafīrī (vers 1525)⁵⁵.

En liaison avec l'Astronomie, il faut enfin signaler les activités astrologiques d'aṭ-Ṭūsī, activités qu'il a exercées d'abord dans les montagnes d'Alamūt, lorsqu'il était au service du chef mongol Hulāgū. Le nombre des livres ou des chapitres qu'il a consacrés à ce sujet montrent bien que l'astrologie n'a pas été, chez lui, une préoccupation marginale⁵⁶. Cela a d'ailleurs donné des arguments à ses adversaires idéologiques ou

53. King, D. a.: *Islamic Mathematical Astronomy*, op. cit., III, pp. 535, 553.

54. Kaḥḥ āla: *Mu'jam al-mu'allifīn*, op. cit., vol. 5, p.266.

55. Suter, H.: *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*, op. cit., pp. 148-149.

56. Sarton, G.: *Introduction to the History of Science*, op. cit., p. 1008. L'auteur dénombre 7 ouvrages traitant partiellement ou complètement de sujets astrologiques.

ses propres observations⁵⁰

Le *Zīj* d'aṭ-Ṭūsī semble avoir beaucoup été utilisé et étudié à partir du XIV^e siècle, en particulier en Asie, car il nous en est parvenu de nombreuses copies, ainsi que deux traductions en arabe: celle de Shihāb ad-Dīn al-Ḥalabī (m. 1563) et celle de 'Alī ar-Rifā'ī (ca. 1527), intitulée *Ḥall az-zīj* [Résolution des tables]. Il a, de plus, bénéficié de plusieurs commentaires, parmi lesquels on peut citer le *Tawḍīḥ-i Ilkhānī* d'al-Ḥasan as-Samnānī (ca. 1577) et celui de Maḥmūd Shāh Khuljī⁵¹. C'est d'ailleurs à travers ce dernier commentaire qu'une partie du *Zīj* d'aṭ-Ṭūsī est parvenue en Europe et a été traduite en latin par John de Graeves. Cette traduction a été publiée à Londres en 1650⁵²

Quant à la *Tadhkira* qui est, pour l'histoire de l'Astronomie, le livre le plus important ouvrage d'aṭ-Ṭūsī, il est consacré à l'Astronomie théorique et à certains aspects de la Géodésie. Son auteur y discute d'abord des vues cosmologiques d'Ibn al-Haytham (m. 1039). Puis, il expose une critique des modèles de Ptolémée relatifs aux mouvements des planètes, avant de proposer de nouveaux modèles basés sur un résultat géométrique exposé dans l'introduction du livre.

Soit deux cercles C_1 et C_2 , tels que le diamètre de C_1 soit la moitié de celui de C_2 et tel que C_1 soit tangent intérieurement à C_2 . Si les deux cercles tournent dans des directions opposées et avec des vitesses uniformes telles que la vitesse de C_1 soit le double de celle de C_2 , alors le point de contact des deux cercles se déplacera le long d'un diamètre du grand cercle.

Ce résultat va permettre à aṭ-Ṭūsī de construire, dans la seconde partie de son livre, des modèles où n'interviennent que des mouvements circulaires uniformes. Pour cela, il imagine un couple de vecteurs solitaires, d'égales longueurs, placés à l'extérieur d'un segment fixe. Lorsque ces vecteurs tournent à des vitesses égales mais dans des directions

50. Kennedy, *Studies in the Islamic Exact Sciences*, op. cit., p. 742.

51. BNrockelmann, C.: *Geschichte der Arabischen Litteratur*, op. cit., s. I, pp. 930 sq.; Sarton, G. : *Introduction to the History of Science*, op. cit., pp. 1006-1007.

52. Sarton, G. : *Introduction to the History of Science*, op. cit., p. 1006.

tait à Marāgha et dans d'autres villes du Dār al-Islām des commu-nautés mongoles et chinoises qui avaient besoin de ce type de calendrier. C'est ce que nous autorise à penser la présence d'un calendrier semblable dans un autre ouvrage de la même époque, la *Risālat al-Khiṭā' wa l-ighūr* [Epître sur les Khiṭā'et les Ighūr], de Muḥyī ad-Dīn al-Maghribī, qui était un des collaborateurs d'aṭ-Ṭūsī à l'observatoire de Marāgha⁴⁶

Le *Zīj al-ilkhānī* contient aussi des tables trigonométriques donnant les valeurs du sinus, du sinus-verse, de la tangente et de la cotangente⁴⁷, ainsi que des tables donnant les valeurs de certaines fonctions utilisées en Astronomie sphérique. Certaines de ces fonctions dépendent de la latitude 37°; 20, c'est à dire celle de la ville de Marāgha. Quant aux autres chapitres du livre, ils sont semblables à ceux des *Zījs* de la tradition arabe antérieure, c'est à dire qu'on y trouve des tables relatives aux équations du temps, aux mouvements moyens, aux équations planétaires, aux éclipses solaires et lunaires et aux coordonnées de nombreuses villes⁴⁸

La première remarque historique concernant le *Zīj* d'aṭ-Ṭūsī est qu'il utilise des travaux de ses prédécesseurs qui sont parfois explicitement cités. C'est ainsi le cas du *Zīj al-Mumtaḥan* [Les tables vérifiées] de Yaḥyā Ibn Abī Maṣṣūr (ca. 810), du *Zīj aṣ-Ṣābī* [Les tables sabéennes] d'al-Battānī (ca. 900), du *Zīj al-^cAdūdī* [Les tables adndites] d'Ibn al-A^clam (m. 985) et du *Zīj al-ḥākīmī* [Les table hakémides] d'Ibn Yūnus (m. 1009)⁴⁹

La seconde remarque concerne la place du *Zīj al-ilkhānī* dans la tradition astronomique arabe. Déjà, au XIII^e siècle, quelques années à peine après sa publication, ce *Zīj* a subi les critiques de la part de certains astronomes, comme Shams al-Munajjim (XIII^e-XIV^e s.), qui a reproché à son auteur d'y avoir utilisé des mouvements moyens qu'il n'a pas obtenu lui même à l'aide de l'observation mais qu'il a emprunté au *Zīj* de l'astronome égyptien Ibn Yūnus (m. 1009). C'est peut-être cette critique qui a amené Muḥyī ad-Dīn al-Maghribī, un des colla-borateurs d'aṭ-Ṭūsī, à déterminer à nouveau ces mouvements moyens à partir de

46. Sarton, G. : *Introduction to the History of Science*, op. cit., p. 1016.

47. Certaines de ces tables sont tirées d'autres *Zīj*. C'est le cas de la table des sinus qui serait tirée du *Zīj* d'Ibn Yūnus et de la table des tangentes qui est empruntée au *Zīj* d'al-Bīrūnī. Cf. : King, D. A. *Islamic Mathematical Astronomy*, Londres, Variorum reprints, 1987, XVII, p. 216 et Add., p. 2.

48. Kennedy, E. S. A Survey of Islamic Astronomical Tables. *Transactions of American Philosophical Society*, Vol. 46, Part 2 (1956), pp. 39-40.

49. Op. cit., p.3.

tionner après la mort de Hulāgū, en 1265, et même après la mort d'aṭ-Ṭūsī. C'est Ṣadr ad-Dīn, l'un de ses fils, qui en a été directeur, probablement jusqu'en 1304, date à laquelle le chef mongol Oldijeitū a nommé Aṣīl ad-Dīn, le second fils d'aṭ-Ṭūsī, à la tête de cet établissement⁴¹.

Les écrits astronomiques d'aṭ-Ṭūsī

Dans son livre bio-bibliographique, Suter cite cinq titres d'ouvrages astronomiques attribués à aṭ-Ṭūsī: deux ont été écrits en persan. Il s'agit du *Zīj al-ilkhānī*, contenant des tables astronomiques et des calendriers, et la *Risāla bist Bāb* sur l'astrolabe⁴². Les trois autres sont écrits en arabe: le premier est la *Tadhkira* dont nous allons longuement parler. Le second est la *Zubdat al-idrāk fi hay'at al-aflāk* [La crème de l'entendement sur la configuration des corps célestes] qui a été commenté par 'Abd ar-Raḥmān al-'Atā'iḳī (1300-1379) dans son *Kitāb ash-shuhda fī sharḥ ta 'arīb az-Zubda* [Le livre du miel sur le commentaire de la version arabe de la Crème], dont il nous est parvenu une copie⁴³. Le troisième est la *Risāla ḥawla ḥarakat al-Mirriḳh* [Épître sur le mouvement de Mars]⁴⁴. Nous ne connaissons pas le contenu de cette copie et nous ne savons pas si elle correspond à l'appendice que voulait ajouter aṭ-Ṭūsī à son livre *at-Tadhkira* pour décrire le mouvement de Mars à l'aide d'un nouveau modèle. De son côté, Paul Kraus a signalé deux copies d'un traité sur Mercure attribué à aṭ-Ṭūsī, mais l'étude qui en a été faite a montré que son contenu ne contient aucune originalité par rapport au modèle de Ptolémée⁴⁵.

Mais, les plus importants de ces cinq écrits sont incontestablement le *Zīj al-Ilkhānī* et la *Tadhkira*, à la fois par leurs contenus respectifs et par la place qu'ils ont acquise dans la tradition astronomique arabe postérieure à Naṣīr ad-Dīn aṭ-Ṭūsī.

Dans le chapitre du *Zīj al-ilkhānī*, consacré aux calendriers, on trouve, en plus des calendriers hégirien et persan, un calendrier chinois-ouïghur. Aṭ-Ṭūsī l'a peut-être ajouté à ce chapitre pour faire plaisir à Hulāgū et à ses successeurs, mais sa présence dans le *Zīj* peut signifier aussi qu'il exis-

41. Minorsky: *Marāgha, Encyclopédie de l'Islam*, Leiden, Brill, 1936, pp. 277-282.

42. Il existe un commentaire de cette épître par 'Alī al-Birjandī (ca. 1500). Voir King, D. a. : *Islamic Astronomical Instruments*, Londres, Variorum reprints, 1986, III, p. 58.

43. Kaḥḥāla: *Mu 'jam al-mu'allifīn* [Dictionnaire des auteurs], op. cit., vol. 5, p. 167. Le manuscrit de Paris, B. N. n° 2511, serait une copie de la *Zubda*.

44. Ms. Berlin n° 5680.

45. Kennedy, E. S.: *Studies in the Islamic Exact Sciences*, op. cit., pp. 89-90.

ures conditions de travail aux astronomes de son équipe, aṭ-Ṭūsī dota l'observatoire d'une grande bibliothèque, d'une fonderie et d'un atelier où étaient conçus et fabriqués tous les instruments nécessaires aux observations et aux calculs. Nous trouvons d'ailleurs la liste et la description de ces instruments dans un livre écrit par Mu'ayyad al-Dīn al-°Urdī (m. 1266) qui avait été chargé de superviser leur fabrication. Parmi eux, il y avait un cadran mural, une sphère armillaire, un instrument pour mesurer le diamètre de la lune et du soleil au moment des éclipses, un autre pour déterminer l'obliquité de l'écliptique et un troisième pour déterminer le passage du soleil par les équinoxes³⁸.

Lorsque la construction de l'observatoire a été achevée, d'autres astronomes, venant de différentes régions du Dār al-Islām, se sont joints au groupe initial, constituant ainsi une équipe d'une vingtaine de spécialistes, tous de niveau international³⁹. C'est ainsi qu'en plus des trois fils d'al-Ṭūsī, Ṣadr al-Dīn, Aṣīl al-Dīn et Fakhr al-Dīn, il y avait Qutb al-dīn ash-Shīrāzī (m. 1311), Muḥyī ad-Dīn al-Maghribī (un astronome originaire d'al-Andalus et qui vivait à Damas), Abū l-Faraj (ca. 1279), °Alī Ibn °Umar al-Qazwīnī (m. 1277), Athīr ad-Dīn al-Abharī, Kamāl ad-Dīn al-Aykī et °Abd ar-Razzāq Ibn al-Fūṭī (m. 1323) - connu également sous le nom d'Ibn aṣ-Ṣābūnī-, qui était un astronome de Bagdad et qui aurait été fait prisonnier lors de la prise de la ville par Hulāgū. A ces scientifiques musulmans, il faudrait peut-être ajouter un astronome chinois, nommé Fau Mūn Jī⁴⁰.

Les activités de cette équipe de très haut niveau devaient être centrées sur l'observation, le traitement des informations recueillies et le calcul des tables. Il s'agit là d'un travail long et minutieux qui a nécessité des années d'effort. En effet, on sait qu'il a fallu plus de dix ans à aṭ-Ṭūsī pour rassembler les informations et réaliser les calculs nécessaires à la rédaction de ses tables astronomiques.

Il faut enfin signaler que l'observatoire de Maragha a continué à fonc-

38. Les autres instruments sont: un quart de cercle, un instrument à sinus et à azimut, un instrument à sinus et à flèche et l'instrument parfait. Voir Jourdain, A. : *Mémoire sur l'observatoire de Méragah et sur quelques instruments employés pour y observer*, Paris, Bechet, 1810; Seeman, H. J. : *Die Instrumente der Sternwarte zu Maragha, Sitzungsber der Physik. med. Sizietät*, vol. 60, Erlangen, 1928, pp. 15-126.

39. Kennedy, E. S. : *The exact sciences in Iran under the Saljuqs and Mongols, Cambridge History of Iran*, vol. V, Cambridge (Mass.), 1964, Ch. 10, p. 672.

40. Kaḥḥāla: *Mu'jam al-mu'allifin* [Dictionnaire des auteurs], Dār Iḥyā' at-Turāth al-°arabī, Beyrouth, 1957, vol. V, pp. 215-216; Sarton G. : *Introduction to the History of Science*, op. cit., p. 1005.

Trigonométrie et qui a été publié, en 1533, par le mathématicien allemand Regiomontanus³⁵, contient des résultats semblables à ceux d'aṭ-Ṭūsī et, d'une manière générale, à ceux des ouvrages de trigonométrie publiés entre le XI^e et le XIII^e siècle, en Orient et en Andalus³⁶

LES CONTRIBUTIONS D'AṬ-ṬŪSĪ EN ASTRONOMIE

Aṭ-Ṭūsī a eu, dans le domaine de l'Astronomie, deux types d'activités: la première est individuelle et correspond à tout ce qu'il a écrit à la fois sur l'Astronomie théorique et pratique et sur l'Astrologie. La seconde n'est qu'un aspect d'une activité collective à laquelle il a participé, à Marāgha, à la tête d'une importante équipe de chercheurs qui a poursuivi, pendant douze ans, la réalisation d'un programme d'observations et de recherches astronomiques financé entièrement par le pouvoir de l'époque qui était mongol.

Les activités astronomiques à l'observatoire de Marāgha

L'observatoire de Marāgha a été construit grâce à la volonté de Naṣīr al-Dīn aṭ-Ṭūsī et au soutien de Hulāgū. Le financement de sa construction, de son aménagement et de son fonctionnement ont été assurés par les fonds du *waqf* que dirigeait aṭ-Ṭūsī lui-même.

Pour réaliser les plans de l'observatoire, il s'entoura de quelques conseillers qui étaient aussi des astronomes. Voici d'ailleurs ce qu'il a écrit à ce sujet: "Pour construire l'observatoire, j'ai rassemblé un groupe de savants parmi lesquels al-Mu'ayyad al-^cUrḏī de Damas, al-Fakhr al-Marāghī qui était à Mossoul, al-Fakhr al-Khalāṭī qui était à Tiflis et Najm al-Dīn al-Qazwīnī. Et nous avons commencé sa construction en 657, à Marāgha"³⁷

Après l'achèvement des travaux, vers 1262, et pour assurer les meille-

35. J. Regiomontanus: *De Triangulis Omnimodis*, B. Hughes (édit. & trad.), Madison, University of Wisconsin press, 1967.

36. Sarton, G.: *Introduction to the History of Science*, op. cit., p. 1004. Sur un panorama de la tradition trigonométrique des pays d'Islam, voir Debarnot, M.-T.: *Trigonométrie*, in *Histoire des sciences arabes*, Rashed, R. (édit.), Paris, Seuil, 1997, vol. 2, pp. 163-198; Djebbar, A.: *La phase arabe de la trigonométrie*, Actes du Colloque sur "Les instruments scientifiques dans le patrimoine: quelles mathématiques?" (Rouen, 6-8 avril 2001). A paraître aux éditions Ellipse (Paris).

37. Aṭ-Ṭūsī: *az- Zīj al-Ilkhānī*; cité par Ṭūqān, Q. H.: *Turāth al-^carab al-^cilmī fī l-falak wa r-riyāḏiyāt* [Le patrimoine scientifique des Arabes en astronomie et en mathématique], Beyrouth, Dār ash-shurūq, 1963, p. 408.

amis, parmi les gens de science, m'a alors demandé de le traduire en arabe. Je lui ai répondu <favorablement> et j'en ai supprimé quelques longueurs³². L'analyse du contenu du livre montre que son auteur a repris les éléments de géométrie sphérique que l'on trouve déjà dans les ouvrages grecs, comme ceux de Menelaüs (II^e s.), de Théodose (II^e s. av. J. C.) et de Ptolémée (m. 168), ouvrages qu'il connaissait parfaitement puisque, comme on vient de le voir, il en avait rédigé de nouvelles versions. On constate aussi qu'il a repris les résultats de trigonométrie établis aux IX^e-XI^e siècles par Thābit Ibn Qurra, Abū Naṣr Ibn 'Irāq (XI^e s.), al-Khujandī, Abū l-Wafā' (m. 997), Kushyār Ibn Labbān (m. av. 1025), al-Khāzin et d'autres. L'importance du livre ne provient donc pas des résultats qu'il renferme mais de la présentation de ces résultats et des outils qui interviennent dans leurs démonstrations. On remarque, en premier lieu, que le contenu se présente comme un exposé détaillé des aspects essentiels de la Trigonométrie plane et sphérique, mais débarrassé des problèmes particuliers de l'Astronomie qui accompagnaient souvent les résultats trigonométriques. al-Ṭūsī ne résout donc pas les problèmes de l'Astronomie, comme le faisaient par exemple Abū l-Wafā' et al-Bīrūnī, mais il se concentre sur les outils trigonométriques qui permettent de les résoudre, comme ils permettent d'ailleurs de résoudre d'autres problèmes.

La seconde remarque concerne le premier chapitre de ce livre qui est intitulé *fi n-nisab al-mu'allafa wa aḥkāmihā* [Sur les rapports composés et leurs propriétés]. Là aussi, al-Ṭūsī n'innove pas puisqu'il semble s'inspirer des travaux de 'Umar al-Khayyām sur la théorie des rapports³³. Mais, il est le premier, à notre connaissance, à affirmer, explicitement, que les rapports sont des nombres réels positifs et que les compositions de rapports ne sont en fait que des produits de nombres. Il dit en effet ceci: "Nous avons indiqué que la composition d'un rapport par un autre, c'est l'augmentation de la grandeur de l'un des deux par <autant de fois> la grandeur de l'autre. Or la multiplication d'un nombre par un autre nombre, c'est le produit de l'un des deux par l'autre"³⁴

Il faut enfin signaler que cet ouvrage ne sera pas dépassé pendant des siècles et que le premier livre européen important concernant la

32. Op. cit., texte arabe, p. 1.

33. Sabra, A. I. : 'Umar al-Khayyām, *Muṣādarāt Uqlīdis*, Alexandrie, 1961, pp. 39-80; Djebbar, A. : Epître d'Omar Khayyām sur l'explication des prémisses problématiques du Livre d'Euclide, *Farhang* (Téhéran), vol. 14, n°30-40 (2002), pp. 79-136.

34. Carathéodory Pasha, A.: *Traité du quadrilatère*, o p. cit., partie arabe, p. 4.

à Dieu, les critiques que sa haute compétence jugera bon <de faire>”²⁸ Après étude du livre d’at-Ṭūsī, Qaysar lui écrit de nouveau pour lui faire part de quelques critiques. At-Ṭūsī lui envoie alors une seconde lettre pour défendre son point de vue.

Comme on le voit, l’épître d’at-Ṭūsī a circulé et a été étudiée de son vivant. On sait d’ailleurs qu’elle est arrivée jusqu’en Europe puisqu’elle a bénéficié, au XVII^e siècle, d’une traduction latine. Cette traduction a été publiée une première fois en 1651 et une seconde fois en 1693 par le grand mathématicien anglais John Wallis (m. 1703)²⁹.

Quant aux autres livres de géométrie écrits par al-Ṭūsī, ils sont de deux types: il y a la rédaction des *Eléments* d’Euclide, qui est basée, comme nous le dit l’auteur lui-même, sur les deux traductions les plus importantes: celle d’al-Ḥajjāj Ibn Yūsuf (m. 830) et celle d’Ishāq Ibn Ḥunayn (m. 910) qui avait été révisée par Thābit Ibn Qurra. Les autres ouvrages de géométrie, rédigés par at-Ṭūsī, font partie de ce que les mathématiciens arabes appelaient les *Mutawassitāt* [Les intermédiaires], c’est à dire les ouvrages qui étaient étudiés après les *Eléments* d’Euclide et qui devaient permettre de comprendre le contenu de *l’Almageste* de Ptolémée et de fournir les outils de base pour une recherche en Astronomie. L’ensemble de ces nouvelles rédactions ont été regroupés dans un recueil intitulé *al-Mutawassitāt bayna al-handasa wa l-hay’a* [Les intermédiaires entre la Géométrie et l’Astronomie]. La plupart d’entre eux sont des ouvrages grecs, comme par exemple les *Coniques* d’Apollonius, la *Sphère et le cylindre* d’Archimède, les *Sphériques* de Menelaüs. Mais, at-Ṭūsī a également rédigé le *Kitāb al-mafrūdāt* [Le livre des hypothèses] de Thābit Ibn Qurra et le *Kitāb misāhat al-ashkāl al-basiṭa wa l-kuriya* [Le livre de la mesure des figures planes et sphériques] [des frères Banū Mūsā (IX^e s.)]³⁰.

En Trigonométrie, al-Ṭūsī a écrit un livre important pour l’histoire de cette discipline, intitulé *Kitāb ash-Sahkl al-gaṭṭa*³¹ Dans l’introduction à son livre, at-Ṭūsī nous dit ceci: “J’avais réalisé, dans le passé, un recueil précisant les propositions <relatives> à la figure connue < sous le nom de > sécante ainsi que sa démonstration, suivi de ce qui se substitue à elle et qui lui est relié, et cela en langue persane. Un de mes

28. Op. cit., p. 228.

29. Sarton, G. : *Introduction to the History of Science*, op. cit., p. 1003.

30. Le recueil des *Mutawassitāt* d’at-Ṭūsī nous est parvenu dans une copie qui se trouve actuellement à Istanbul (Ms. Aya Sofia 1760).

31. Carathéodory Pasha, A.: *Traité du quadrilatère*, Constantinople, 1891.

Ibn Qurra (m. 901), an-Nayrīzī (X^e s.), Ibn al-Haytham (m. 1041), al-Khayyām²⁶.

Dans son épître, aṭ-Ṭūsī commence par critiquer les différentes contributions de ses prédécesseurs au sujet de ce postulat: "Certains l'ont remplacé par un autre postulat proche de <celui d'Euclide> par la clarté et l'obscurité. Il s'agit d'Abū °Alī Ibn al-Haytham versé dans l'art mathématique. D'autres l'ont démontré à l'aide d'une preuve fondée sur une prémisse qui n'est pas plus claire, c'est le philosophe et savant Abū l-Faṭḥ °Umar al-Khayyām. D'autres l'ont fondé sur une prémisse <dont le caractère> spécieux n'échappe pas à l'homme clairvoyant et intelligent. Il s'agit de l'honorable al-°Abbās Ibn Sa °īd al-Jawharī"²⁷ Puis, il expose sa démonstration du fameux postulat en n'utilisant pas moins de sept propositions. Malheureusement, comme ses prédécesseurs qu'il a critiqués, il ne réussit pas à démontrer le postulat.

En relation avec cette épître, il faut signaler, qu'à l'époque d'aṭ-Ṭūsī, d'autres mathématiciens étaient préoccupés par cet aspect des fondements de la Géométrie. On sait, par exemple, qu'Athīr al-Dīn al-Abharī (m. vers 1260) et Muḥyī al-Dīn al-Maghribī (m. après 1280), qui étaient deux collaborateurs d'aṭ-Ṭūsī à Marāgha, avaient tenté aussi d'établir le fameux postulat, Il nous est également parvenu une partie de la correspondance scientifique qui s'est établie, autour de ce sujet, entre al-Ṭūsī et un mathématicien de Damas, °Alam al-Dīn Qayṣar Ibn Abī al-Qāsim (m. 1251). En réponse à une première lettre envoyée par ce dernier pour demander une preuve à une affirmation du commentateur grec Simplicius (VI^e s.), al-Ṭūsī répond en ces termes: "J'ai longtemps été en quête d'une explication pour ce postulat, suivant de près ce que je trouvais dans les livres jusqu'à ce que je me sois avisé d'une méthode partiellement inspirée de mes prédécesseurs, que j'ai complétée selon ce qui m'a semblé <bon> et que j'ai exposée dans mon opuscule intitulé Opuscule qui guérit des dotes concernant les droites parallèles. J'en ai joint une copie à cette lettre, espérant qu'il l'honore en <l'examinant> avec sa haute compétence et qu'il daigne corriger les erreurs de son serviteur, si elles peuvent être corrigées, en lui communiquant, s'il plaît

26. Rosenfeld, B. A. Youschkevitch, A. P. : *Nazariyyat al-khuṭūṭ al-mutawāziyya fī l-maṣādir al-°arabiyya* [La théorie des parallèles dans la littérature arab], traduction arabe de la version russe par Chalhoub, S. & °Abdularḥmān, Alep. Université d'Alep. 1989; Jauiche, K. : *Nazariyyat al-mutawāziyyāt fī l-handasa al-islāmiyya* [La théorie des parallèles dans la géométrie islamique], Tunis, Bayt al-Ḥikma, 1988.

27. Jaoniche, K. : *La théorie des parallèles en pays d'Islam* (traduction française des textes arabes), Paris, Vrin, 1986, p. 203.

possible aussi qu'il l'ait lu dans un ouvrage plus ancien encore, comme celui d'al-Karaj' (m. 1029). Le livre de ce dernier, qui renferme le triangle arithmétique ne nous est pas parvenu mais as-Sammaw'al (m. 1175) en parle dans son *Kitāb al-Bāhir fī l-jabr* [Le livre flamboyant en algèbre]²³.

En Théorie des nombres, al-Ṭūsī a écrit une épître dans laquelle il démontre que la somme de deux carrés impairs ne peut pas être un carré, C'est du moins ce que l'on peut déduire du titre de l'ouvrage. Dans la tradition mathématique arabe, ce problème n'est pas nouveau. Nous savons même qu'il a été déjà résolu par al-Khāzin (m. vers 971)²⁴. On ne sait pas si l'épître al-Ṭūsī contient d'autres problèmes de ce type. Si cela était le cas, cela signifierait que la tradition diophantienne arabe en Théorie des nombres, qui a été nourrie par les travaux d'al-Khujandī (m. 1000), d'al-Khāzin et d'Ibn al-Haytham, s'est poursuivie au moins jusqu'au XIII^e siècle.

En Géométrie, les écrits d'al-Ṭūsī sont nombreux mais la plupart d'entre eux sont des rédactions d'ouvrages grecs qui avaient été traduits en arabe aux VIII^e-IX^e siècles. En effet, sur les 16 livres de Géométrie attribués à Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī, 14 sont des rédactions. L'un des deux livres restants, intitulé *Qawā'id al-handasa* [Les règles de la Géométrie], n'a pas encore été étudié mais il pourrait être identique au second livre qui porte le titre de *ar-Risāla ash-shāfiya 'an ash-shakk fī l-khuṭūṭ al-mutawāziya* [L'épître qui guérit du doute sur les lignes parallèles], et qui est consacré à la démonstration du fameux postulat des parallèles énoncé par Euclide au début des *Eléments*. Ce postulat affirme que "si une droite tombant sur deux droites fait les angles intérieurs et du même côté plus petits que deux droits, les deux droites, indéfiniment prolongées, se rencontrent du côté où sont les angles plus petits que deux droits"²⁵. Nous savons maintenant que cette question, qui concerne les fondements de la Géométrie, a préoccupé de nombreux mathématiciens des pays d'Islam depuis le IX^e siècle. Parmi eux, on peut citer Thābit

(Téhéran), vol. 12, n° 29-32 (2000), p. 18.

23. As-Sammaw'al: *al-Bāhir fī l-jabr* [Le <livre> flamboyant en algèbre], Aḥmad, S. & Rashed, R. (édit.), Damas, Université de Damas, 1972, texte arabe, pp. 109-112.

24. Anboubā, A. : Un traité d'Abū Ja'far [al-Khāzin] sur les triangles rectangles numériques, *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 3, n° 1 (1979), pp. 134-178; Rashed, r. : *Entre Arithmétique et Algèbre*, Paris, Les Belles-Lettres, 1983, pp. 195-225.

25. Vitrac, B. : *Euclide, Les Eléments*, vol. 1 (Livers I à IV), Paris, Presses Universitaires de France, 1990, p. 175.

donc semblé utile, en plus de la présentation de ses écrits dans ces deux disciplines, de dire quelques mots sur les activités de l'observatoire de Marāgha et sur les astronomes qui y ont travaillé. Nous compléterons cette brève évocation par quelques informations concernant la circulation de certains ouvrages d'aṭ-Ṭūsī à l'intérieur du Dār al-Islām et parfois même dans des villes européennes.

Les écrits mathématiques

En Science du calcul, al-Ṭūsī a écrit un livre intitulé *Kitāb ad-darb wa l-qisma* [Livre de la multiplication et de la division]¹⁹ dont nous ignorons encore le contenu et un autre intitulé *Jawāmiʿ al-ḥisāb bi t-takht wa t-turāb* [Somme sur le calcul par la planche et la poussière]²⁰. Ce dernier contient un grand nombre de procédés arithmétiques utilisés par les mathématiciens arabes, comme par exemple la division par deux, le doublement, l'addition, la soustraction, la multiplication, la division, l'extraction des racines carrées et cubiques. Mais, ces procédés sont exposés trois fois de suite dans trois chapitres distincts: le premier est consacré au calcul sur les entiers. Le second au calcul sur les fractions selon la "méthode des calculateurs", c'est à dire à l'aide du système décimal positionnel et des chiffres indiens. Le troisième est également consacré aux fractions mais, cette fois, selon la méthode des astronomes, c'est à dire en utilisant le système sexagésimal et en manipulant les 28 lettres de l'alphabet arabe.

Dans ce livre, on trouve également le fameux triangle arithmétique, appelé en Europe le *triangle de Pascal* (m. 1662), qui sert, en particulier, à déterminer les coefficients du binôme, c'est-à-dire les coefficients du développement de l'expression $(a + b)^n$, en vue de calculer, par approximation, la racine $n^{\text{ième}}$ d'un nombre²¹. Al-Ṭūsī ne dit pas d'ailleurs qu'il est l'inventeur de ce triangle. Il est vraisemblable qu'il l'ait emprunté au livre d'al-Khayyām (m. 1131) qui ne nous est pas parvenu et qui traite de l'extraction des racines $n^{\text{ièmes}}$ ²². Mais, il est

19. Brockelmann, C. : *Geschichte der Arabischen Litterature*, Leiden, 1937-49, S. I, p. 930.

20. Saïdan, A. S. : *Jawāmiʿ al-ḥisāb bi t-takht wa t-turāb* [La somme du calcul à l'aide de la planche et de la poussière], *al-Abḥāth*, n° 20,2 (1967), pp. 91-164.

21. Op. cit., f. 50b.

22. Al-Khayyām en parle dans son livre d'algèbre. Voir Djebbar, A. & Rashed, R. : *L'œuvre algébrique d'al-Khayyām*, Alep. Université d'Alep. 1981, traduction française, p. 20. Sur le témoignage d'al-Khayyām, voir Djebbar, A. : Omar Khayyām et les activités mathématiques en pays d'Islam aux XI^e-XII^e siècles, *Farhang*

Quant à ses travaux dans le domaine de la Métaphysique, ils constitueraient une première étape dans la synthèse entre les conceptions aristotéliennes et les conceptions illuminatives (istishrāqiyya). Les idées philosophiques d'aṭ-Ṭūsī apparaissent également dans ses travaux sur l'Éthique muḥtashimide], il expose un système philosophique combinant les principes islamiques avec l'éthique aristotélienne et platonicienne. Son second ouvrage, intitulé *Akhlāg-i Naṣirī*, traite de la psychologie¹⁷.

En Médecine, il a rédigé un commentaire du Qānūn fī ṭ-ṭibb [Le canon de la Médecine] d'Ibn Sīnā et un autre ouvrage intitulé *Qawānīn aṭ-ṭibb* [Les principes de la Médecine], sans parler de la correspondance scientifique qu'il a entretenue avec de grands médecins de son époque. En Minéralogie, il a publié un livre écrit en persan et intitulé *Tansūkh-Nāma-ye ilkhānī* [Le présent précieux pour ilkhān]. Dans son livre, aṭ-Ṭūsī révèle une profonde connaissance de la tradition minéralogique arabe antérieure au XIII^e siècle, représentée par les écrits de Jābir Ibn Ḥayyān (m. vers 815), d'al-Kindī (m. vers 873), d'Abū Bakr ar-Rāzī (m. 935), de °Uṭārid Ibn Muḥammad (IX^e s.) et d'al-Bīrūnī (m. 1048). Cet ouvrage qui comprend quatre chapitres, traite des couleurs, des pierres précieuses, des métaux et des parfums. Mais, il contient aussi des aspects théoriques concernant la composition des minéraux et en particulier la formation des métaux¹⁸.

LES TRAVAUX D'AL - ṬŪSĪ EN MATHÉMATIQUES ET EN ASTRONOMIE

Jusqu'à ce jour, nous ne connaissons pas avec précision le contenu de tous les écrits mathématiques et astronomiques d'al-Ṭūsī, mais nous sommes assez bien informés sur certains aspects de sa contribution dans les domaines de la Science du calcul, de la Géométrie et de la Trigonométrie. Quant à ses travaux en Astronomie, ils ont été beaucoup plus étudiés et ils ont été minutieusement comparés à ceux de ses prédécesseurs, de ses contemporains et même à ceux de certains scientifiques européens. De plus, parallèlement à sa production personnelle, al-Ṭūsī a animé une importante équipe d'astronomes durant toute la période au cours de laquelle il a dirigé l'observatoire de Marāgha. Il nous a

dévoilement de ce qui est la vérité, et la seconde pour que sa noble écriture soit une évocation chez le serviteur loyal”.

17. Nasr, S. H. : *al-Ṭūsī*, op. cit., p. 513.

18. Op. cit., p. 511.

l'observatoire, qui ont commencé en 1259, ont été supervisés par aṭ-Ṭūsī lui-même¹³.

Nous n'avons aucune information sur la vie et les activités de notre savant après 1259, si ce n'est qu'en 1260 il publie son *Kitāb ash-shakl al-qaṭṭā'* [Le livre sur la figure sécante]¹⁴, et qu'après l'achèvement de l'observatoire, il en devient le premier directeur. On sait aussi qu'en 1272 il achève la rédaction de son important traité d'astronomie, le *Zīj al-ilkhānī* [Les tables ilkhanides] et qu'en 1274 il va à Bagdad. Il ne tard pas d'ailleurs à y tomber malade et à y mourir un mois plus tard. Il sera enterré, à quelques kilomètres de Bagdad, à proximité du mausolée du septième Imam chiite, Mūsā al-Kāẓim (745-799).

L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE DE NAṢĪR AL-DĪN AL - TŪSĪ

Aṭ-Ṭūsī a écrit environ 150 traités ou épîtres sur des sujets aussi différents que la Philosophie, l'Éthique, la Théologie, la Poésie, les Mathématiques, la Médecine et la Minéralogie. Plus de 80% de ces ouvrages ont été écrits en arabe et le reste en persan. Un seul texte, concernant la Géomancie, a été rédigé dans trois langues, les deux précédentes et le turc.

En philosophie, al-Ṭūsī a publié un commentaire sur le livre d'Ibn Sīnā, *Kitāb al-Ishārāt wa t-tanbihāt* [Le livre des directives et remarques], et cinq traités de Logique, dont le plus important a été écrit en Persan. Les travaux d'al-Ṭūsī sur la Logique s'inscriraient dans la tradition d'Ibn Sīnā et ils la prolongeraient en explicitant les relations existantes entre la Logique et les Mathématiques, en clarifiant la notion de syllogisme conditionnel ainsi que le concept de catégorie selon qu'il intervient en Physique ou en Logique¹⁵. Aux ouvrages qu'al-Ṭūsī a publiés dans ce domaine, il faut ajouter les réponses qu'il a données aux questions qui lui ont été posées à travers sa correspondance avec Rukn al-Dīn al-Istirabādī¹⁶.

13. Sayili, A. : *The Observatory in Islam*, Ankara, Türk Tarih Kurumu Basimevi, 1960. Réimpression en facsimile, F. Sezgin (édit.): *Islamic Mathematics and Astronomy*, vol. 97, Frankfurt, pp. 188-223.

14. Kennedy, E. S.: *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, American University of Beirut, 1983, p. 42.

15. Nasr, S. H. : *al-Ṭūsī*, op. cit., p. 510.

16. Ms. Istanbul Aya Sofya n° 4855, ff. 119b-137a. Dans l'introduction de son épître [op. cit., f. 119b], al-Istirabādī dit ceci: "J'ai écrit (...) à Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī de nombreuses questions pour deux raisons: l'une d'elle pour <avoir> la solution et le

On sait également qu'il faisait fonction d'astrologue auprès du chef des Ismaéliens. Pour des raisons que nous ignorons, aṭ-Ṭūsī a tenté de quitter Sartakht, l'endroit où il sèjournait, pour rejoindre la cour du calife abbasside; mais sa tentative ayant échoué, il aurait été mis en résidence surveillée à Sartakht puis à Alamūt, avec la seule liberté de poursuivre ses recherches et de rédiger ses ouvrages. C'est ainsi qu'en 1232 il publie son livre intitulé *Akhlāg-i Nāṣirī* [Ethiques nasérides] qu'il dédiera à son hôte. Après cette date, et jusqu'en 1256, al-Ṭūsī écrit de nombreux ouvrages touchant à différents disciplines, telles que l'Ethique, la Logique, la Philosophie et les Mathématiques. Parmi les écrits qu'il publie à cette époque, on peut citer *Asās al-iqtibās* [Le fondement de l'inférence], sur la Logique, ainsi que la *Risāla-i mu^ciniyya* [L'épître mu^cinide] et la *Tadhkira an-nāṣiriyya* [Le rappel naséride] sur l'Astronomie.

Comme on le constate, à travers les quelques titres que nous avons déjà cités, aṭ-Ṭūsī a publié dans les deux langues, l'arabe et le persan. Cela pourrait signifier qu'à cette époque le persan avait considérablement enrichi sa terminologie scientifique et philosophique, et ce au contact de la langue arabe. Cela pourrait signifier aussi que les catégories instruites et cultivées des villes perses du XIII^e siècle possédaient réellement une double culture leur permettant de lire, de comprendre et d'utiliser les ouvrages scientifiques et philosophiques écrits dans l'une ou l'autre langue.

L'année 1256 constitue un tournant dans la vie d'aṭ-Ṭūsī. En effet, c'est l'année de l'offensive mongole contre les forteresses ismaéliennes qui sont assiégées et conquises l'une après l'autre. Al-Ṭūsī devient alors une sorte de conseiller de Hulāgū, le chef des armées mongoles, et peut-être son astrologue. Il ne tarde pas à être nommé responsable des awqāfs¹² et des affaires religieuses. Il est donc amené à accompagner Hulāgū dans ses déplacements et en particulier pendant ses campagnes militaires. C'est ainsi qu'il a participé au siège et à la chute de Bagdad, en 1258.

C'est sur les conseils d'al-Ṭūsī que Hulāgū ordonne, quelques années plus tard, la construction d'un observatoire à Marāgha, une ville située à une centaine de kilomètres de Tabriz et que Hulāgū avait choisie comme résidence, à partir de 1258. Les travaux de construction de

12. Le *waqf* (pluriel: *awqāf*) est l'ensemble du patrimoine meuble et immeuble dont le statut est celui de "bien de main morte", c'est-à-dire qu'il est inaliénable et que ses bénéficiaires n'en disposent que par le système de l'usufruit.

né le 18 Février 1201, à Ṭūs, une ville perse voisine de Nishāpūr. Après sa formation primaire sur laquelle nous n'avons aucune information, il étudia les sciences religieuses et quelques éléments de sciences rationnelles (probablement la Science du Calcul), sous la direction de son père, qui était un faqīh chiite appartenant à l'école duodécimaine de Ṭūs. Après cela, il suivit les cours de philosophie de son oncle maternel. Ces cours portaient sur la Logique, la Physique et la Métaphysique. Un troisième professeur, dont le nom ne nous est pas parvenu, lui a enseigné l'Algèbre et la Géométrie¹⁰

Après cette formation de base, le jeune Naṣīr al-Dīn est envoyé à Nishapur dans le but de se perfectionner. Dans cette ville, il suivit les cours de professeurs éminents qui sont connus pour leur production philosophique ou scientifique ou pour avoir été des élèves de grands savants. C'est ainsi qu'il étudia la Philosophie auprès de Farīd al-Dīn ad-Damād qui était l'élève indirect d'Ibn Sīnā (980-1038), à travers quatre générations de professeurs. Son professeur de Médecine, qui lui enseigna le *Qānūn fi-ṭ-ṭibb* [Le canon de la médecine] d'Ibn Sīnā, était le meilleur élève de Fakhr al-Dīn ar-Rāzī (m. 1209). En Mathématique, il étudia auprès du célèbre Kamāl al-Dīn Ibn Yūnus (m. 1242).

A une date qui nous est inconnue, mais qui est antérieure à 1232, Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī quitte Nishāpūr et s'installe dans les montagnes du Khurāsān où il se consacre à la rédaction d'ouvrages et peut-être à l'enseignement. Les sources connues ne donnent pas les raisons de son départ de Nishāpūr, mais ces raisons peuvent être liées au climat d'insécurité et à la peur que ressentent les habitants des villes d'Asie Centrale à l'approche des troupes mongoles. Quant à son installation dans les montagnes du Khurasan, elle fut possible grâce au gouverneur du Quhistān, Nāṣīr al-Dīn Ibn Abī Maṣūr Muḥtashim, qui l'enverra dans la montagne d'Alamūt, le fief des Ismaéliens. Là, il fut reçu avec de grands honneurs, ce qui peut signifier qu'il avait déjà acquis, à Nishāpūr, une notoriété scientifique ou théologique (ou les deux à la fois)¹¹.

10. Sur la vie et l'œuvre d'al-Ṭūsī, voir Sarton, G. : *Introduction to the History of Science*, Baltimore, Williams & Wilkins, 1931, vol. 2, 2^e partie, p. 1001-1013; Nasr, S. H. : *al-Ṭūsī*, in Gillispie, Ch. C. (édit.) : *Dictionary of Scientific Biography*, New York, Scribner's son, 1970, vol. 13, pp. 508-514.

11. Selon Sarton, qui ne cite pas ses sources, al-Ṭūsī aurait été en fait kidnappé puis emprisonné à Alamūt. Voir Sarton, G. : *Introduction to the History of Science*, op. cit., p. 1001.

accélérés: en 1217, ils lancent leurs cavaliers contre le vaste empire des Khwarizmiens qui comprenait, en plus du Khwārizm, toute l'Asie centrale musulmane et une partie de l'Iran actuel. En l'espace de 10 ans, c'est à dire jusqu'à la mort de Gengis Khān, ils ont contrôlé les principales métropoles musulmanes d'Asie: Bukhārā en 1219, Jurjān, Tirmīdh, Balkh, Marw et Nishāpūr en 1221. Cela a eu pour effet de pousser les Khwārizmiens plus à l'ouest, introduisant dans le centre de l'empire musulman, de nouvelles composantes démographiques et de nouveaux paramètres politiques.

Après une longue pause de plus de 25 ans, qu'ils ont mis à profit pour digérer leurs conquêtes dans le Dār al-Islām et pour contrôler de nouveaux territoires en Europe et en Chine, les Mongols ont, à partir de 1253, repris leur offensive à l'ouest. Ils sont alors dirigés par Hulāgū (1217-1265), un petit fils de Gengis Khān, qui s'est rést révélé un redoutable conquérant (avec tout ce que cela a signifié comme destruction), mais également un bâtisseur et un protecteur des sciences, comme nous le verrons lorsque nous parerons des activités de Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī.

En 1253, Hulāgū dirige une importante expédition contre les forteresses des Ismaéliens, en particulier celle d'Alamūt qui est occupée et détruite par ses troupes en 1256. Deux ans plus tard, il affronte les armées califales qui sont battues, laissant le champ libre à la prise de Bagdad. La capitale du califat musulman est d'ailleurs rapidement occupée (10 Février 1258), à la faveur des dissensions entre les sunnites et les chiïtes de la ville et après que le calife al-Mustaʿṣim ait refusé le protectorat mongol.

Après cette victoire rapide et spectaculaire, Hulāgū lance ses troupes sur la Syrie où elles ne tardent pas à occuper Alep et Damas (1260). Ces victoires rapides et leurs effets parfois destructeurs ont provoqué un sursaut parmi certains dirigeants. Ces derniers avaient, en effet, pris l'habitude, avec les Croisés, de mener des guerres locales qui ne remettaient pas en cause l'équilibre régional et qui se prolongeaient souvent par des trêves et des alliances plus ou moins durables. Mais avec les Mongols, ils se trouvaient désormais face à un danger qui menaçait leur propre existence, surtout lorsque se sont manifestées des tentatives d'alliance entre les Mongols et les croisés pour contrôler la région⁹.

LA VIE DE NAṢĪR AL-DĪN AL-ṬŪSĪ

Muḥammad ibn Muḥammad ibn al-Ḥasan Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī est

9. Elisséeff, N.: *L'Orient musulman au Moyen-âge, 622-1260*, pp. 288-308.

menée avec le roi d'Égypte al-Kāmil (1218-1238). Les deux dernières croisades menées par le roi de France Louis IX (1214-1270), après que Jérusalem ait été reprise par les musulmans, en 1244, ont été dirigées, respectivement, contre les Mameluks d'Égypte et contre les Hafsides d'Ifriqiya. Elles se sont soldées également par un échec sur le plan militaire, échec qui a encouragé les armées mamelouk d'Égypte à poursuivre la reconquête des villes contrôlées encore par les Croisés. Cette reconquête, qui avait été commencée par Baybars (1260-1277), a été poursuivie par Qalawūn (1279-1290) puis par al-Malik al-Khalīl (1290-1293)⁷.

Ce retour au statut que territorial antérieur aux Croisades cache en fait un profond changement sur le plan méditerranéen, changement qui constitue une des caractéristiques du XIII^e siècle et qui se traduit par la suprématie de l'Europe du Sud et, plus particulièrement des villes italiennes, sur le commerce international. Cette suprématie s'est concrétisée un peu plus tard par le contrôle progressif des ports musulmans du Dār al-Islām, par un monopole quasi total sur la navigation en Méditerranée et, enfin, par la mise en circulation, et la diffusion sur une large échelle, d'une monnaie en or fabriquée en Europe et qui a progressivement supplanté, sur les marchés, les monnaies des différents pouvoirs musulmans de l'époque⁸.

Au-delà des faits politiques et militaires des deux siècles de croisades, ce sont ces conséquences économiques et monétaires, ajoutées à la lente transformation des mentalités puis au changement des comportements qui pourraient nous aider à mieux comprendre certains aspects de l'histoire culturelle et scientifique de la civilisation arabo-islamique qui sont liés à la période postérieure au XIII^e siècle.

L'offensive mongole

L'histoire de la grande offensive mongole vers l'Ouest commence vers 1209. Après avoir vécu, jusqu'au milieu de XIII^e siècle, dans les steppes de Mandchourie, de Monogolie et du Turkestan, les tribus mongoles commencent, à partir de cette date, leurs déplacements vers l'ouest à la faveur de l'émigration des Turcs. Après leur unification, en 1206, sous la houlette de Gengis Khān (m. 1227), leurs déplacements se sont a

7. Entre 1265 et 1268, les troupes de Baybars ont contrôlé les villes de Césarée, Jaffa et Antioche. Après lui, Qalawūn, a occupé Tripoli en 1289 et en 1291 puis al-Khalīl a récupéré Saint Jean d'Acree.

8. Cahen, C. : *Orient et Occident au temps des Croisades*, op. cit., pp. 131-142.

ent à assurer une production de haut niveau avec encore des innovations significatives. Mais, comme on le verra par la suite, la situation n'est pas la même pour tous les foyers scientifiques.

L'offensive des croisades

En ce début du XIII^e siècle, le phénomène des croisades n'est pas nouveau aux yeux d'un musulman d'Orient ou d'Occident. Il dure depuis le XI^e siècle et il s'est manifesté, régulièrement, par des événements plus ou moins spectaculaires pour l'opinion de l'époque, comme la chute de Tolède en 1085, la perte définitive de la Sicile en 1091⁵, de Jérusalem en 1099, de Cordoue en 1236 ou bien, à l'inverse, la récupération de Jérusalem par les troupes de Ṣalāḥ al-Dīn al-Ayyūbī (1174-1193), en 1187.

C'est d'ailleurs un événement semblable, c'est à dire très impressionnant pour l'opinion de l'époque qui a inauguré le nouveau siècle. Il s'agit de la quatrième croisade dont la préparation minutieuse avait commencé dès 1200 et qui s'était achevée par la chute de Byzance, le 23 Juin 1204. Cela peut paraître surprenant qu'une entreprise internationale chrétienne, dirigée à l'origine contre le pouvoir musulman qui contrôlait la Terre Sainte se transforme en une expédition contre la capitale de la chrétienté d'Orient. En fait, et au-delà des contradictions apparentes, ceci s'explique aisément par des facteurs économiques, qu'il serait trop long d'exposer ici et qui sont liés à l'apparition de nouvelles puissances marchandes, comme les villes de Venise et de Gênes, dont le souci premier et le but ultime semble avoir été, tout au long des XII^e-XIII^e siècles, le contrôle des ports de la Méditerranée orientale puis celui des sources asiatiques du commerce international⁶.

Les expéditions militaires européennes se sont poursuivies à travers la cinquième croisade qui s'est achevée en 1221 par un échec. Elle a été suivie par la sixième croisade qu'a dirigé Frédéric II (1194-1250). Ce dernier a réussi, en 1229, à récupérer Jérusalem après une négociation

5. Pour certains historiens des pays d'Islam, comme Ibn al-Athīr (m. 1233), les Croisades ont commencé avec les offensives contre la Sicile puis contre le Nord de l'Andalus. Voir Ibn al-Athīr: *Kāmil at-tawārīkh* [La somme des histoires], Tornberg (édit.), Leyde, 1853-1864, vol. 10, p. 185.

6. Sur le détail des événements liés aux croisades du XIII^e siècle, voir en particulier: Runciman, S. : *A History of the Crusades*, Setton, K.M. (éditeur), Cambridge, 1951-1954, 3 vol.; Hazard, H. W. : *The later Crusades 1189-1311*, Philadelphie, 1962; Cahen, C. : *Orient et Occident au temps des Croisades*, Paris, Aubier, 1983, pp. 177-204.

vant qui a dominé les scientifiques de son époque par la quantité de ses travaux, par leur diversité, par les idées fécondes qu'ils contiennent et par le rôle qu'ils ont joué après lui. Il s'est également distingué de ses contemporains par les relations privilégiées qu'il a pu avoir avec deux pouvoirs que l'historiographie arabe dominante a toujours présentés comme des pouvoirs malfaisants et nuisibles à la communauté islamique. Il s'agit des Ismaéliens d'Alamūt et des Mongols. En tant qu'acteur de l'histoire scientifique de son époque et en tant que décideur, al-Ṭūsī nous a paru un bon exemple pour montrer à la fois la vitalité des sciences arabes à une époque donnée, la mobilité des savants qui en étaient responsables et un type de rapports entre les scientifiques et les pouvoirs en place.

Pour être complet, il aurait fallu bien sûr parler de toute l'œuvre d'al-Ṭūsī et de toutes ses activités. Mais, par manque de place, et surtout par ignorance du contenu de sa production non scientifique, nous ne parlerons, ici, que de ses activités astronomiques et mathématiques (avec tous les écrits qui s'y rattachent directement ou indirectement), en nous contentant d'évoquer brièvement certains autres domaines, en particulier lorsqu'ils auront un lien avec les deux activités précédentes.

LE SIECLE DE NAṢĪR AL-DĪN AL-ṬŪSĪ

Sur le plan politique, le XIII^e siècle est, comme nous l'avons déjà dit, dominé par deux grands événements internationaux: les Croisades sur les rivages méditerranéens et les invasions mongoles en Asie et au Nord-Est de l'Europe. Au-delà des différences parfois très grandes que les historiens ont pu observer entre leurs causes, leurs particularités et leurs buts respectifs, ces deux événements ont eu au moins un point commun: celui d'avoir eu comme résultat, à court ou à moyen terme, le contrôle provisoire ou définitif de vastes territoires qui faisaient partie du Dār al-Islām, depuis des siècles, la destruction de pouvoirs locaux ou régionaux et, enfin, la perte, par les Musulmans, de la suprématie économique et financière qu'ils possédaient depuis le IX^e siècle, à la suite du contrôle, par les villes italiennes, des axes vitaux du commerce international qui étaient auparavant entre les mains des différents pouvoirs musulmans. A l'intérieur du Dār al-Islām, c'est le siècle au cours duquel les mentalités évoluent vers des attitudes défensives, dans un climat d'affrontements idéologiques persistants. Sur le plan scientifique, les grands centres d'enseignement, de recherche et de publication continu-

On constate donc que, quatre siècles après leur apparition et malgré les événements internes et externes qui seront évoqués plus loin, les activités scientifiques en pays d'Islam se sont poursuivies avec plus ou moins de vigueur et sous des formes très variées. Mais, ces activités n'ont pas eu la même importance ni la même signification dans toutes les régions de l'Empire. Toujours sur le plan quantitatif, on remarque en effet, à travers l'origine ou le lieu d'exercice des hommes de science, que ce sont les foyers de Syrie et de Perse qui semblent former le plus de spécialistes ou qui produisent le plus d'ouvrages scientifiques au cours de ce siècle. Mais on observe également, à travers les ouvrages bibliographiques et les résultats de recherches récentes, que les foyers scientifiques de Marrakech, au Maghreb, et du Caire en Egypte, connaissent un dynamisme nouveau, en particulier en astronomie et en mathématique.

Ce phénomène est à relier partiellement aux événements politiques et militaires de cette époque. On assiste en effet, comme conséquence de conflits régionaux, à une plus grande mobilité des scientifiques, à l'intérieur des frontières du Dār al-Islam. C'est ainsi que certaines régions commencent à connaître une sorte d'exode des compétences au profit de régions voisines épargnées par les conflits. C'est le cas, par exemple, de l'Andalus qui connaît une hémorragie de savants au profit du Maghreb, mais aussi de la Syrie dont certains spécialistes, formés en particulier à Alep et à Damas, préfèrent aller travailler en Iran ou en Egypte³.

Nous évoquerons plus loin ce phénomène à travers la réalisation d'un important projet scientifique, de caractère international, dirons-nous aujourd'hui, et dont l'initiateur n'est autre que Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī. Il s'agit de la construction et du fonctionnement de l'observatoire de Maragha.

Pour parler du XIII^e siècle et de ses spécificités, le choix d'al-Ṭūsī s'imposait. Il est en effet un pur produit de la tradition scientifique arabe dans le monde persan mais il est aussi un représentant éminent de la production scientifique persane, à travers une partie de ses écrits (en Astronomie, Minéralogie, Philosophie, etc.)⁴. C'est également un sa-

3. Djebbar, A. : *A Panorama of Research on the History of Mathematics in al-Andalus and the Maghreb, between the Ninth and Sixteenth Century*, Dibner Institute Conference on *New Perspectives on Science in Medieval Islam* (Boston, November, 6-8, 1998). To appear.

4. Ashksirin, S. I. & Raḥmānī, H: *Kitābshānāsī Khwāja Naṣīr al-Dīn Ṭūsī*, in *Naṣīr al-Dīn Ṭūsī, philosophe et savant du XIII^e siècle*, Actes du colloque de l'Université de

Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī

un savant polygraphe du xiii^e siècle

Ahmed Djebbar
Université de Lille
1-C.N.R.S./U.M.R. 8524

Introduction

Le siècle de Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī (1201-1274) se présente, dans l'histoire des pays d'Islam, comme un siècle charnière, tant sur le plan géopolitique, économique ou culturel que sur le plan scientifique. C'est en effet celui des Croisades finissantes et des offensives mongoles, avec les modifications institutionnelles, politiques et économiques que cela a entraîné. C'est surtout, pour ce qui nous intéresse ici, le siècle de la dernière grand floraison des activités scientifiques avant les phénomènes de ralentissement et de rétrécissement de leurs différents domaines qui apparaîtront au grand jour vers le milieu de XIV^e siècle.

Cette floraison apparaît d'abord sur le plan quantitatif. Dans son livre, consacré aux mathématiciens et aux astronomes islamiques et qu'il a publié en 1900, l'historien des sciences Heinrich Suter avait dénombré environ une centaine de scientifiques musulmans ayant vécu partiellement ou totalement au XIII^e siècle¹. Si on ajoute à ce nombre les noms que nous ont révélés les recherches effectuées entre 1900 et aujourd'hui, on arrive à un nombre dépassant les deux cents².

1. Suter, H. : *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*, Leipzig, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1900.

2. King, D. A. : The exact Sciences in Medieval Islam, Some remarks on the Present State of Research, *Middle East Studies Association Bulletin*, 4 (1980), pp. 10-26; Berggren, J. L. : History of Mathematics in the Islamic World: The Present State of the Art, *Middle East Studies Association Bulletin* 19 (1985), 9-33.