TRADUCTION ET TRANSMISSION SCIENTIFIQUES AUX VIII^e-X^e SIÈCLES(*)

A. DJEBBAR
Université de Paris-Sud

Introduction

Malgré les recherches de ces dernières décennies, nos connaissances sur les origines et sur les débuts des activités scientifiques en pays d'Islam restent encore très lacunaires. Les informations rapportées par les biobibliographes, les traducteurs et les premiers auteurs d'écrits scientifiques en arabe nous renseignent partiellement sur les sources écrites et sur les différents aspects de l'activité de traduction. Ces informations permettent de prendre conscience de l'importance du phénomène mais elles ne suffisent pas pour le décrire et pour en analyser les causes.

On sait, par exemple, que les traductions en arabe ont commencé avant le VIII^e siècle et qu'elles ne se sont interrompues que vers le milieu du X^e siècle. Quels ont été les facteurs qui ont favorisé cette activité ? Quelles sont les disciplines concernées ? Quelle a été, enfin, le rôle de ces traductions dans les orientations prises par l'activité scientifique à partir du IX^e siècle ?

Dans cette étude, nous n'avons pas la prétention de reconstituer l'histoire des débuts de la science en pays d'Islam. Nous tenterons plutôt de présenter l'essentiel de ce qui est connu aujourd'hui dans ce domaine en regroupant les informations autour des points suivants qui nous semblent caractériser le mieux ce phénomène de réactivation de la science à partir du VIII^e siècle : les lieux du savoir avant l'avènement de l'Islam, le rôle du mécénat et des bibliothèques, certains aspects de l'activité de traduction et, enfin, les orientations scientifiques qui se sont dégagées, sous l'effet de tous ces facteurs, dans deux domaines bien précis, celui des Mathématiques et celui de l'Astronomie.

Mais, avant d'évoquer ces différents sujets, il me semble utile de faire quelques remarques sur le contexte dans lequel ce phénomène est apparu, et s'est développé et sur d'autres activités intellectuelles qui l'ont accompagné ou qui l'ont même précédé.

La première remarque concerne les facteurs qui, antérieurement ou parallèlement aux traductions, ont joué un rôle dans l'avènement d'une activité scientifique en pays d'Islam. En effet, même si les biobibliographes ne parlent que des traductions, nous savons aujourd'hui, grâce aux études comparatives, que bien avant la découverte des manuscrits scientifiques et philosophiques grecs et sanskrits, une pratique scientifique locale était observée dans certains secteurs de la vie de tous les jours,

(*)- Ce texte est une version remaniée de la conférence donnée à l'Université de Strasbourg, le 22 Janvier 1997.

comme la répartition des héritages, l'arpentage et les transactions commerciales. Ces pratiques utilisaient des procédés arithmétiques, géométriques ou même algébriques qui avaient été assimilés soit par enseignement soit par initiation directe dans les lieux de travail. Ce patrimoine scientifique local qui regroupait un ensemble de savoir-faire, que la pratique avait longuement testés et que l'habitude allait pérenniser, ne va pas être balayé, du jour au lendemain, par le nouveau savoir que les traductions vont révéler et que le nouvel enseignement va essayer de populariser. D'ailleurs, et pour nous limiter au domaine des Mathématiques, on constate que certains procédés de résolution antérieurs aux traductions étaient tellement familiers aux utilisateurs que des mathématiciens les ont intégrés à leurs manuels, aux côtés des nouveaux procédés, ou bien leur ont tout simplement consacré des manuels indépendants.

La seconde remarque concerne les activités intellectuelles qui ont été suscitées par l'avènement du Coran et du Hadith, d'un côté et, de l'autre, par la promotion de la langue arabe à la faveur de l'expansion de la nouvelle religion et du nouveau pouvoir qui s'exprimaient dans cette langue. Ces activités n'ont pas attendu les traductions parce qu'elles n'avaient pas besoin d'elles. Elles se sont développées sous l'impulsion de facteurs internes à la nouvelle société et ont concerné un corpus et une matière relativement bien délimités. Il n'est pas facile de voir comment ces nouvelles activités intellectuelles ont favorisé les traductions ou les premières initiatives d'enseignement des disciplines scientifiques, d'abord en syriaque puis en arabe. Mais il était nécessaire de les évoquer ne serait-ce que pour mieux appréhender le contexte dans lequel va commencer, tout d'abord, la recherche des manuscrits d'astrologie, d'alchimie ou de médecine puis, dans un second temps, la recherche de textes astronomiques ou leur étude à travers des versions syriaques déjà existantes.

Les activités scientifiques pré-islamiques

La science arabe n'aurait pas eu l'impulsion et la vigueur qu'elle a eu à ses débuts sans l'existence d'un certain nombre de foyers scientifiques qui se trouvaient à l'intérieur des territoires contrôlés par le pouvoir musulman, et qui fonctionnaient bien avant l'avènement de ce pouvoir. Parmi les centres intellectuels sur lesquels il nous est parvenu quelques témoignages, il y a celui d'Alexandrie, en Égypte, celui de Rās-al-'ayn en Syrie, celui de Gundishāpūr en Perse et ceux d'Antioche et d'Édesse en Asie Mineure (dans les frontières actuelles de la Turquie).

Lorsque l'armée arabe pénètre, en 642, à Alexandrie, la prestigieuse bibliothèque de la ville n'existait plus depuis longtemps.¹ Le général 'Amr Ibn al-'āṣ n'a donc pas pu donner l'ordre de brûler ses livres, sur instruction du calife 'Umar, comme on peut le lire dans le livre d'Ibn al-Qifṭī (m. 1248) et dans d'autres ouvrages du XIIIe

¹ - P.Casanova : *L'incendie de la bibliothèque d'Alexandrie par les Arabes*. Académie des Inscriptions et Belles Lettres. Compte-rendus des séances de l'année 1923, pp. 163-171 . Cf. également L. Canfora : *La véritable histoire de la bibliothèque d'Alexandrie*. Paris, 1988.

siècle. Il n'a pas non plus rencontré Jean Philippon qui l'aurait informé de l'existence des livres grecs et qui aurait plaidé pour leur préservation.²

Ce que l'on sait, par contre, à partir de témoignages fiables, c'est que la ville connaissait, avant l'avènement de l'Islam, une certaine activité scientifique, en particulier dans le domaine de la Médecine et de la Philosophie. Parmi les noms de savants qui nous sont parvenus, on peut citer, pour le VI^e siècle, celui de Jean Philippon (1^{re} moitié du VI^e s.) qui a commenté les œuvres d'Aristote, ainsi qu'Alexandre de Tralle (525-605) qui a écrit un ouvrage intitulé *Therapeutica*. Pour le VII^e siècle, on peut citer Paul d'Égine qui pratiquait et enseignait la Médecine à la veille de la conquête de l'Égypte. Il publia également des ouvrages importants dont une encyclopédie en sept livres et un « *Livre sur les maladies des femmes* ».³ À la même époque, le prêtre Ahrūn publiera à son tour un manuel de Médecine, intitulé « *les Pandectes médicales* ».⁴

Ces activités supposent, bien évidemment un minimum d'échanges scientifiques, des enseignements, ainsi que l'existence de bibliothèques privées plus ou moins spécialisées. Il semble que certaines de ces bibliothèques fonctionnaient encore au IX^e siècle puisque le grand traducteur Ḥunayn Ibn Ishāq (m. 873) y trouvera des manuscrits grecs.⁵ Après la conquête de l'Égypte, Alexandrie a continué à être un foyer scientifique grec, comme en témoignent les activités de Paul d'Égine ainsi que celles de Stéphane l'Ancien.⁶

Le second foyer scientifique de la région, qui était en activité à la veille de la conquête musulmane, avait pour pôle Gundishāpūr, ville fondée par le souverain sassanide Khuṣrū Anūsharwān (521-579). La Médecine était également bien implantée dans cette ville, mais l'activité scientifique ne se limitait pas à cette discipline. On sait, par exemple, que les Sassanides avaient accueilli, au VI^e et au VII^e siècle, des savants grecs et syriaques chassés par les pouvoirs byzantins de l'époque qui reprochaient à certains d'entre eux leurs activités philosophiques et à d'autres leur adhésion à un Christianisme non officiel. Il semble que cet exode ait été plus important en 529, après la décision de l'empereur Justinien (483-565) de fermer l'Académie d'Athènes. Parmi les scientifiques et les philosophes qui rejoindront

²- Cette anecdote semble avoir été publiée pour la première fois par l'historien 'Abd al-Laṭīf al-Baghdādī puis reprise par des auteurs aussi importants qu'Ibn al-'Ibrī, Abū l-Fidī et Ibn al-Qiftī. Ce dernier rapporte que, lorsque le calife 'Umar a été sollicité par 'Amr Ibn al-'Āṣ pour décider du sort qui devait être réservé aux livres de la fameuse bibliothèque d'Alexandrie, il aurait dit : « *Jette-les à l'eau! S'ils renferment un guide pour la vérité, Dieu nous en a donné un meilleur, et s'ils ne contiennent que des mensonges, Dieu nous en aura débarrassés* » . (Ibn al-Qiftī : *Ikkhbār al-'ulamā' bi akhbār al-ḥukamā'* [Livre qui informe les savants sur la vie des sages]. Beyrouth, Dār al-āthār, non datée. pp. 232-233.). Ce même passage est repris, plus d'un siècle plus tard, par Ibn Khaldūn mais, cette fois, à propos des livres trouvés en Perse, au lendemain de la conquête musulmane (Ibn Khaldūn, *al-Muqaddima*. Trad. française: V. Montel, Discours sur l'Histoire Universelle, Paris, Sindbad, 1978, pp. 1044-45).

³- Ibn an-Nadīm, *al-Fihrist* [Le Catalogue]. Edit. par R. Tajaddud. Téhéran, 1971. pp. 351.

⁴- D. Jacquart & F. Micheau : *La médecine arabe et l'Occident médiéval*. Paris, Maisonneuve & Larose, 1990. pp. 24-25.

⁵- D. Jacquart & F. Micheau : *La médecine arabe et l'Occident médiéval*. Op. cit. p. 26.

⁶- Ibn an-Nadīm, *al-Fihrist*. Op. cit. pp. 303.

Gundishāpūr, il y avait sept néoplatoniciens dont Simplicius, le célèbre commentateur d'Aristote et d'Euclide.

On sait aussi que le mécénat de Khuṣrū ne s'est pas limité à l'accueil de savants persécutés puisqu'il y eut aussi, de la part de ce roi, une volonté de développer une tradition scientifique persane. Dans ce but, il aurait fortement encouragé la traduction, en pehlévi, d'ouvrages grecs et sanskrits. Il aurait même, si l'on en croit certains témoignages, envoyé en Inde son propre médecin pour rapporter des manuscrits ou pour les copier.⁷

Un troisième centre scientifique a joué un rôle important dans la préservation de la Science et de la Philosophie et dans leur transmission, même si cette transmission a été indirecte puisque le centre n'existait plus au VII^e siècle. Il s'agit d'Édesse dont les activités d'enseignement et de traduction ont commencé dès le III^e siècle et se sont poursuivies jusqu'à la fin du V^e. C'est en effet en 489 que son école sera fermée sur ordre de l'empereur Zénon (475-491), à cause des tendances nestorienne de ses membres. Ses activités philosophiques et théologiques se déplaceront alors à Nisibe où elles se poursuivront jusqu'au VII^e siècle. À cette école se rattachent, directement ou indirectement, des centres qui ont accueilli, à un moment ou à un autre, des savants prestigieux. C'est le cas de certaines villes comme Antioche, Ḥarrān et Rās-al-'Ayn, ou de monastères et de cloîtres comme celui de Kenesrin.

Les savants qui ont travaillé à Édesse, à Nisibe ou dans les villes et monastères avoisinants ne sont pas tous connus. Mais le peu d'information qui nous est parvenu sur eux nous permet de parler d'une véritable tradition avec une filiation de maîtres à élèves, avec une spécificité linguistique, qui est l'utilisation du Syriaque, et avec une continuité dans l'étude de certaines disciplines, comme la Théologie, la Philosophie, la Logique, la Grammaire et, dans une moindre mesure, les sciences exactes.

Parmi les figures représentatives de cette longue tradition, il y a d'abord Probus (VI^e s.), un des premiers traducteurs d'œuvres philosophiques du Grec au Syriaque. Au VII^e siècle, il y a Sévère Sebokht (m. 667) qui est originaire de Nisibe et qui a vécu dans le cloître de Kenesrin. Il a traduit et commenté les *Analytiques* d'Aristote, mais il s'est occupé également de science exacte puisqu'il a rédigé un traité sur l'astrolabe et d'autres ouvrages sur l'Astronomie et la Géographie. C'est enfin le premier, à notre connaissance, qui aurait eu quelques connaissances sur le contenu de la tradition scientifique indienne puisqu'il en aurait étudié des éléments d'Astronomie et, surtout, le système décimal positionnel.⁸ Sévère Sebokht a eu un certain nombre d'élèves, comme Jacques d'Édesse qui a traduit des traités médicaux de Galien et *les Catégories* d'Aristote et qui était également spécialiste en Grammaire. Il y a aussi Athanase (m. 686) qui a étudié à Kenesrin et qui a traduit, entre autre, *l'Isagoge* de Porphyre. Son travail sera poursuivi par ses élèves dont le plus connu est

⁷ - Ṣā'id al-Andalusī : *Kitāb ṭabaqāt al-umam* [Le Livre des catégories des nations]. Edit. H. Bu'alwane. Beyrouth, Dār at-ṭalī'a, 1985. p. 57.

⁸ - F. Nau : Notes d'astronomie syrienne. *Journal Asiatique*. Série 10, t. 16. 1910. p. 225.

Georges des Arabes qui deviendra évêque de Kufa. Ce dernier traduira *l'Organon* et les *Catégories* d'Aristote.⁹

À ces savants, qui constituent une véritable école, il faudrait ajouter d'autres qui, même s'ils n'ont pas eu de liens directs avec les premiers, ont inscrit leurs activités dans la tradition syriaque. C'est le cas de Sergius de Rās al-'Ayn qui traduisit, en Syriaque, 25 ouvrages de Galien et 12 d'Hippocrate ainsi que *la Logique* d'Aristote.

Comme on le voit, l'un des aspects essentiels de cette école, au delà de la diversité de ses préoccupations, a été son activité de traduction qui fera du Syriaque un vecteur incontournable au moment où commenceront les traductions en Arabe. Un autre aspect, qu'il est utile de souligner pour comprendre les orientations ultérieures des activités intellectuelles en pays d'Islam, concerne le contenu de ces traductions. On constate en effet qu'elles concernent essentiellement deux domaines, la Médecine et la Philosophie. Pour cette dernière discipline, il faut remarquer que seule une partie du corpus philosophique grec semble avoir bénéficié de traductions puisque les sources biobibliographiques ne mentionnent que les ouvrages d'Aristote. Quant aux sciences exactes, nous avons trouvé peu de témoignages à leur sujet même si l'utilisation d'ouvrages astronomiques et mathématiques dans les foyers intellectuels syriaques est implicitement confirmée par le témoignage du savant du VII^e siècle Sévère Sebokht.¹⁰

Les premières traductions et les premières activités scientifiques en pays d'Islam

Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble que les premiers ouvrages scientifiques écrits en arabe, et qui concernaient la Médecine et l'Astronomie, ne soient apparus que vers la fin du VIII^e siècle, c'est à dire plus de 150 ans après l'avènement du pouvoir musulman. Que s'est-il donc passé avant cette date dans le domaine scientifique ? D'une manière plus précise, quelles ont été les phases qui ont précédé ces premières publications et quels ont été les facteurs qui ont rendu possible la naissance puis le développement d'une langue scientifique arabe qui sera le vecteur d'un enseignement et d'une recherche renouvelée et à grande échelle ? On peut également s'interroger sur le rôle exact des califes et des mécènes privés dans l'impulsion, et ce dès le VIII^e siècle, d'une dynamique de traduction, d'enseignement et de production d'ouvrages scientifiques. Quelle était la nature de ce mécénat, dans quel cadre et dans quel contexte a-t-il été prodigué ? Quels sont enfin les scientifiques qui en ont profité et qui ont été les pionniers de la Science en pays d'Islam ?

Comme on le voit, les questions relatives aux débuts des activités scientifiques en pays d'Islam sont nombreuses et ont toutes une certaine importance. Mais il faut tout de suite reconnaître que, malgré les recherches effectuées sur ces différents

⁹- A. De libera : *La philosophie médiévale*. Paris, Presses Universitaires de France. 1993. pp. 66-67.

¹⁰- Cl. Baudoux : *La version syriaque des « Éléments » d'Euclide*. In : Deuxième Congrès National des Sciences. Bruxelles I, 1935. p. 75.

sujets depuis des décennies, les réponses à ces questions restent encore partielles et parfois même inexistantes; ce qui rend difficile et hasardeux toute tentative de reconstitution du contexte de l'avènement de la Science en pays d'Islam, d'abord au cours de sa phase omeyyade (661-750), puis durant le premier siècle abbasside (750-850).

Les premières bibliothèques et leur rôle

Un des premiers phénomènes qui ont précédé et favorisé la naissance d'une tradition scientifique arabe a été la constitution de bibliothèques. Nous savons que dans les villes conquises par les musulmans, il y avait des bibliothèques qui appartenaient à des rois, des princes et peut-être même à des particuliers, mais nous savons peu de choses sur leur contenu exact et sur leur rôle. Certaines d'entre elles ont alimenté le butin des premiers conquérants musulmans. À titre d'exemple, on peut citer le témoignage d'Ibn 'Abd al-Barr qui nous apprend que Ṭāriq Ibn Ziyād, le chef des armées musulmanes en Espagne, avait envoyé au calife omeyyade al-Walīd Ibn 'Abd al-Malik (705-715) 22 exemplaires de la *Bible* ainsi qu'un livre sur les propriétés des pierres, un autre sur la chimie et un troisième sur la culture des jacinthes.¹¹

Il semble en fait que, dès le début de la dynastie omeyyade, un certain intérêt pour les livres s'est manifesté chez les califes et les princes. Selon al-Mas'ūdī, c'est Mu'āwiyya (660-680) qui a été le premier à rétribuer des fonctionnaires chargés d'entretenir les livres et les documents de sa bibliothèque et de lui lire, chaque nuit, ceux qui concernaient l'histoire des rois et des guerres.¹²

Mais, c'est avec al-Walīd que la bibliothèque califale commence à se structurer et à acquérir une certaine importance car, en plus des livres qui provenaient des butins de guerre, elle était désormais alimentée par des copies d'ouvrages anciens, réalisées à Damas même ou dans d'autres villes de l'empire, et par les premières traductions d'ouvrages scientifiques ou considérés comme tels à cette époque.

En effet, selon al-Jāhīṭ (m. 868), c'est le prince Khālīd Ibn Yazīd (m. 704) qui a donné la véritable impulsion à ces traductions scientifiques.¹³ Les titres des livres traduits pour Khālīd ne nous sont pas parvenus, mais nous savons qu'ils concernaient, en particulier, la Médecine, l'Astrologie et surtout la Chimie ou, pour être plus précis, tout ce qui avait trait aux techniques visant à réaliser la transmutation des métaux en or. Cette information est d'ailleurs confirmée par Ibn an-Nadīm qui nous apprend que Khālīd Ibn Yazīd avait fait venir d'Égypte un groupe de philosophes et qu'il les avait chargés de traduire des livres de Chimie, du Grec et du Copte à l'Arabe. Parmi ces traducteurs, l'auteur du *Fihrist* cite le nom de Stéphane l'Ancien en précisant que « *ce fut là les premières traductions d'une langue à une*

¹¹- Ibn 'Abd al-Barr : *al-Qaṣd wa l-īmān* [L'intention et la foi]. Le Caire, 1931, p. 34. Cité par Y. Eche : *Les bibliothèques arabes publiques et semi-publiques au Moyen-Orient*. Damas, 1967.

¹²- Al-Mas'ūdī : *Murūj ad-dhahab* [Les prairies d'or]. Beyrouth, Dār al-kutub. 1967. Vol. II, p. 24.

¹³- Al-Jāhīṭ : *Kitāb al-bayān wa t-tabyīn* [Le Livre de la preuve et de la clarification]. Le Caire 1895. Vol I, p. 260.

autre qui eurent lieu en Islam ».¹⁴ De son côté, Ibn Juljul (m. 995) nous apprend que le sixième calife omeyyade, ‘Umar Ibn ‘Abd al-‘Azīz (717-720) aurait eu également des traducteurs parmi lesquels Māsarjawayh qui lui traduisit, du Syriaque, le livre de médecine de Ahrūn, les *Pandectes médicales* dont le titre arabe sera *al-Kunnāsh*.¹⁵ Pour la même époque, Ibn an-Nadīm cite un troisième traducteur nommé Ibn Qusṭunṭīn sans préciser le contenu de sa production.¹⁶

Avec l'avènement du califat abbasside, le phénomène de traduction va se poursuivre et se diversifier. En effet, en plus des ouvrages de médecine que le calife al-Manṣūr aurait fait traduire par Jurjus Ibn Jibrīl et par al-Baṭrīq, il aurait également financé la traduction, par Ibn al-Muqaffa', de trois des livres de Logique d'Aristote et de *l'Isagoge* de Porphyre, ainsi que d'un ouvrage astronomique indien, le *Sindhind*, qui sera traduit par Muḥammad al-Fazārī. L'historien des sciences du XI^e siècles, Ṣā'īd al-Andalusī, nous a d'ailleurs conservé le témoignage de l'astronome Ibn al-Ādamī qui dit, dans son livre *Niṭām al-‘iqd* : « En 156, se présenta, auprès du calife al-Manṣūr, un homme de l'Inde qui était savant dans le calcul du *Sindhind* relatif au mouvement des étoiles avec des équations établies à partir de tables calculées de demi degré en demi degré, avec différentes opérations astronomiques, les deux éclipses, l'ascension des divisions du zodiaque et d'autres choses, "contenues" dans un livre comprenant douze chapitres (...). Al-Manṣūr ordonna de le traduire en Arabe et d'en rédiger un livre que les Arabes prendraient pour base dans "l'étude" des mouvements des astres ».¹⁷

Les premiers écrits scientifiques en Arabe

La seconde activité qui a alimenté les bibliothèques des califes et des princes a été la rédaction d'ouvrages qui concernaient à la fois des disciplines littéraires, comme la Grammaire et la Poésie, religieuses comme l'exégèse du Coran et du Ḥadīth, et des domaines scientifiques comme la Chimie, la Médecine et l'Astronomie. Pour ce qui est des disciplines scientifiques, ce phénomène semble avoir eu lieu parallèlement à celui des traductions, mais pour toutes les autres disciplines il a été antérieur à elles¹⁸. Ibn an-Nadīm nous dit, par exemple, en parlant de Khālīd Ibn Yazīd, « j'ai vu de ses livres, le livre des chaleurs, le grand livre de la *Ṣaḥīfa*, le petit livre et son livre de recommandation à son fils au sujet de l'Art "de la transmutation" ».¹⁹

En Médecine, les premiers livres en Arabe, comme celui de Georgius Abū Bakhtishū', ont été écrits à l'époque d'al-Manṣūr.²⁰ C'est également sous l'impulsion

¹⁴ Ibn an-Nadīm : *Al-Fihrist*. Op. cit., p. 355.

¹⁵ Ibn Juljul : *Ṭabaqāt al-‘aḥbāb’ wa l-ḥukamā’* [Classes des médecins et des sages]. Edit. Fuad Sayyid. Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale, 1955. p. 61.

¹⁶ Ibn an-Nadīm : *Al-Fihrist*. Op. cit., p. 355.

¹⁷ Ṣā'īd al-Andalusī : *Kitāb ṭabaqāt al-umam*. Op. cit., pp. 130-132.

¹⁸ F. Sezgin : *Geschichte des arabischen Schrifttums*. Band I. Leiden, Brill, 1967.

¹⁹ Ibn an-Nadīm : *Al-Fihrist*. Op. cit., p. 419.

²⁰ Ṣā'īd al-Andalusī : *Kitāb ṭabaqāt al-umam*. Op. cit., p. 101.

de ce calife que Muḥammad al-Fazārī rédigea son ouvrage d'astronomie, intitulé *as-Sindbind al-kabīr*, à partir de la traduction qu'il avait faite du livre indien offert à al-Manṣūr et que nous avons déjà évoqué. C'est également à cette époque que Māshā'allāh a commencé à publier ses ouvrages d'Astrologie qui utilisent des techniques astronomiques, ce qui suppose déjà une certaine maîtrise des outils classiques de cette science.²¹ Mais nous ne savons rien sur la formation de cet astrologue célèbre ni d'ailleurs sur celle d'al-Fazārī et nous n'avons aucune information sur les premières institutions d'enseignement en Arabe.

La période de Bayt al-ḥikma

Tous les spécialistes s'accordent pour dire que Bayt al-ḥikma [Maison de la sagesse] de Bagdad a été la première institution d'état en pays d'Islam qui a réuni des savants de différentes disciplines et de différentes opinions : des traducteurs, des philosophes, des astronomes, des mathématiciens et même, à une certaine époque, des théologiens. Mais, lorsqu'on veut dater avec précision la création de cette institution, on se heurte à certaines difficultés liées essentiellement à la rareté des témoignages historiques et à leur caractère parfois imprécis ou contradictoires. C'est la raison pour laquelle on a dit, pendant longtemps, que c'était le calife al-Ma'mūn (813-833) qui a été le premier fondateur de cette institution. Pourtant, l'étude comparative de toutes les sources aujourd'hui disponibles et qui évoquent directement ou indirectement ce sujet, permet d'avancer la date de création de Bayt al-ḥikma et de la situer à l'époque de Hārūn ar-Rashīd (786-809).

En effet, c'est durant le règne de ce calife que l'on commence à parler d'une institution scientifique portant le nom de Bayt al-ḥikma ou de Khizānat al-ḥikma.²² Dans son *Fihrist*, Ibn an-Nadīm nous donne même des précisions sur les activités qu'elle renfermait. On sait, par exemple, qu'on y copiait des ouvrages pour Hārūn ar-Rashīd et pour certains membres de la puissante famille des Barāmika. On sait aussi qu'on y traduisait, pour le calife, des ouvrages d'Astronomie et de Philosophie écrits en persan.²³ On y a également traduit certains ouvrages philosophiques d'Aristote, comme les *Catégories* et les *Analytiques*.²⁴

Il semble qu'à cette époque, Bayt al-ḥikma ait fonctionné essentiellement comme une bibliothèque dont le fond était alimenté par quelques documents rares et surtout par des ouvrages provenant de différentes sources : copies de livres nouveaux qui commençaient à se publier, traductions d'ouvrages persans, syriaques ou grecs et parfois même exemplaires anciens d'ouvrages faisant partie des butins de guerre.

²¹- F. Sezgin : *Geschichte des arabischen Schrifttums* . Band VII, 1978. Op. cit. pp. 102-108.

²²- Pour la dernière mise au point sur l'histoire de Bayt al-ḥikma, voir : M.-G. Balty-Guesdon : *Le Bayt al-ḥikma de Bagdad*. Mémoire de D.E.A. Université de Paris III-Sorbonne Nouvelle. 1985-86.

²³- Ibn an-Nadīm : *Al-Fihrist*. Op. cit., pp. 118, 333.

²⁴- M.-G. Balty-Guesdon : *Le Bayt al-ḥikma de Bagdad*. Op. cit., pp. 34-35.

Quoi qu'il en soit, un nombre de plus en plus important d'ouvrages d'Astronomie et de Mathématiques grecques deviennent accessibles à travers leurs versions originales et sont rapidement traduits en arabe. C'est le cas de *l'Almageste* de Ptolémée et des *Éléments* d'Euclide.²⁵

Il n'est pas étonnant que l'on dispose de plus d'informations au sujet des activités scientifiques de Bayt al-ḥikma à l'époque d'al-Ma'mūn car les vingt ans de règne de ce calife représentent, pour les sciences, à la fois un développement quantitatif et, pour certains domaines, un saut qualitatif qui n'ont pas d'équivalent dans toute l'histoire de la civilisation arabo-islamique.

À travers les différents rôles qu'elle a eu à assumer durant ces deux décennies, le Bayt al-ḥikma va constituer un élément moteur pour les activités scientifiques, philosophiques et même théologiques qui étaient en train de naître ou de se développer.

Durant cette période, le Bayt al-ḥikma a continué à jouer son rôle de bibliothèque califale en conservant les livres et en les copiant, mais on constate que son caractère privé disparaît peu à peu puisqu'elle commence à être fréquentée par des intellectuels.

Les livres qui alimentaient la bibliothèque provenaient de différentes sources : ceux qui étaient écrits en arabe étaient des copies ou des dons que les auteurs faisaient directement au calife. Dans cette catégorie, on peut citer la seconde version des *Éléments* d'Euclide faite par al-Ḥajjāj Ibn Maṭar, ou bien le fameux livre d'algèbre d'al-Khwārizmī, *al-Mukhtaṣar fī ḥisāb al-jabr wa l-muqābala* [l'Abrégé du calcul par le jabr et la muqābala].²⁶ Quant aux ouvrages écrits en syriaque, en persan ou en grec, ils étaient achetés ou empruntés en vue d'être traduits. On sait d'ailleurs, d'après le témoignage d'Ibn an-Nadīm, que le calife al-Ma'mūn intervint personnellement, auprès de l'empereur de Byzance Léon V (813-820), pour lui demander de lui envoyer des ouvrages de philosophie et de science. On sait aussi qu'une véritable mission scientifique a été envoyée à Byzance, peu avant 815, pour choisir les ouvrages qui devaient être empruntés en vue d'une traduction en arabe. Parmi les membres de cette mission, Ibn an-Nadīm cite Salm, le premier directeur du Bayt al-ḥikma et deux traducteurs, Yaḥyā Ibn al-Baṭrīq et al-Ḥajjāj Ibn Maṭar.²⁷

Le second rôle du Bayt al-ḥikma, peut-être le plus important, est en relation avec les activités de traduction. Il semble en effet que cette institution ait été un élément moteur dans ce domaine en stimulant et en organisant, dans ses murs, différentes activités centrées sur la production d'ouvrages scientifiques et philosophiques. Nous savons, par exemple, que Ḥunayn Ibn Ishāq, le plus grand traducteur de son époque, a été le responsable de la traduction à Bayt al-ḥikma. Il l'a été d'abord sous le règne d'al-Ma'mūn puis sous celui d'al-Mutawakkil (847-861). Nous savons également qu'il

²⁵- Ibn an-Nadīm : *Al-Fihrist*. Op. cit., pp. 325, 327.

²⁶- al-Khwārizmī : *al-Kitāb al-mukhtaṣar fī ḥisāb al-jabr wa l-muqābala*. Edit. A.M. Mashrafa et M.M. Ahmad. Le Caire, 1968.

²⁷- Ibn an-Nadīm : *Al-Fihrist*. Op. cit., p. 304.

dirigeait toute une équipe de traducteurs dont les plus éminents étaient Étienne Ibn Bāsil, Musā Ibn Khālid et Yaḥyā Ibn Hārūn.

Les initiatives prises par Bayt al-ḥikma en faveur des traductions vont favoriser, à Bagdad même et dans d'autres villes de l'empire musulman, d'autres initiatives du même type, mais privées cette fois, concernant la collecte de manuscrits, leur traduction et leur copie. On sait par exemple que Ṭāhir Ibn al-Ḥusayn, un personnage important de l'époque, commande à Abū Qurra des traductions de commentaires d'ouvrages d'Aristote, et que le gouverneur d'Égypte, Ishāq Ibn Sulaymān demande à Ḥunayn Ibn Ishāq la traduction de quatre ouvrages médicaux de Galien. De son côté, 'Alī ibn Yaḥyā Ibn Abī Manṣūr, qui s'intéressait particulièrement à la Médecine, à la Géométrie et à la Musique, a consacré des sommes importantes à la traduction d'ouvrages grecs. Les meilleurs traducteurs de son époque, comme Ḥunayn Ibn Ishāq et Ḥubaysh, ont travaillé pour lui, mais d'autres traducteurs moins connus ont également été sollicités par lui comme nous le dit Ibn Abī Uṣaybi'a qui donne les noms de ceux d'entre eux qui étaient des médecins.²⁸

À côté des mécènes fortunés qui commandaient des traductions pour alimenter leurs bibliothèques, il y avait des chercheurs qui faisaient traduire des textes pour leur besoin propre. C'est ainsi que 'Abd al-Masīḥ Ibn Nā'ima traduira des livres de philosophie pour le grand philosophe al-Kindī (m. 850) et que les frères Banū Mūsā, des spécialistes en Géométrie et en Mécanique, feront travailler Ḥunayn Ibn Ishāq, Ḥubaysh, Hilāl Ibn Abī Hilāl al-Ḥimṣī et Thābit Ibn Qurra, c'est à dire les traducteurs scientifiques les plus qualifiés de leur époque. Le mécénat des frères Banū Mūsā est d'ailleurs exemplaire comme nous le précisent les biobibliographes arabes. En effet, selon le témoignage d'Ibn an-Nadīm, c'est Muḥammad, l'aîné des trois frères, qui a d'abord pris l'initiative de voyager lui-même dans les territoires byzantins pour acheter les manuscrits scientifiques anciens. Ibn Abī Uṣaybi'a nous apprend même que « *au cours d'un de ses voyages, il se fit accompagner par Thābit Ibn Qurra* », le plus grand mathématicien du IX^e siècle, qui lisait parfaitement le Grec, comme il nous le dit lui-même dans sa révision des *Éléments* d'Euclide.²⁹ Puis, avec ses frères, Muḥammad recherchera les meilleurs traducteurs et il les installera à Bagdad en finançant généreusement à la fois les traductions et les travaux originaux que certains d'entre eux réalisaient dans leurs domaines respectifs.

Le troisième rôle joué par Bayt al-ḥikma, à l'époque d'al-Ma'mūn, a été celui d'un lieu de débat entre savants de différentes disciplines. Les témoignages qui nous sont parvenus ne laissent aucun doute à ce sujet. On sait ainsi que ces débats avaient lieu au moins une fois par semaine, parfois avec la participation active du calife al-

²⁸ Ibn Abī Uṣaybi'a: 'Uyūn al-anbā' fi ṭabaqāt al-utibba'. Edit. Nizzār Rida. Beyrouth, Dār maktabat al-ḥayāt, non datée, p. 283.

²⁹ Ms. Oxford, Thurston 11.

Ma'mūn lui-même. Le juriste 'Abd al-'azīz al-Kinānī, qui a assisté à certaines de ces séances, nous précise que l'assistance était composée de spécialistes du Ḥadīth, de juristes, de lexicographes et de philosophes spécialisés dans le Kalām. On sait également que les débats portaient sur des questions scientifiques, philosophiques ou théologiques.³⁰

Le quatrième et dernier rôle de Bayt al-ḥikma a été celui d'un centre scientifique relativement spécialisé. En effet, les historiens associent souvent cette institution aux activités astronomiques et mathématiques de cette époque, sans toutefois donner d'informations précises sur la nature du travail qu'on y faisait et sur l'identité de tous les chercheurs qui l'ont fréquentée. Parmi les scientifiques qui semblent y avoir travaillé régulièrement, il y a d'abord Yaḥyā Ibn Abī Maṣṣūr, un astronome important du IX^e siècle qui a joué un rôle non négligeable dans la naissance d'une véritable tradition scientifique arabe, à la fois par sa participation aux activités de Bayt al-ḥikma, par son mécénat et par sa propre production scientifique.³¹ D'ailleurs ses qualités scientifiques vont amener le calife al-Ma'mūn à le nommer à la tête d'une équipe d'astronomes qui fut chargée de faire des observations et des mesures en vue de vérifier et de corriger éventuellement les données que renfermaient les ouvrages astronomiques anciens, comme le *Sindhind* et l'*Almageste* de Ptolemée.

Le second savant qui a travaillé à Bayt al-ḥikma est le célèbre al-Khwārizmī qui est plus connu pour son livre d'algèbre mais qui était également un spécialiste en Astronomie et en Science du calcul. On ne lui connaît pas de rôle dans le mécénat scientifique et nous ne savons pas s'il a enseigné à Bayt al-ḥikma et s'il y a eu des élèves. Mais son rôle est indéniable dans le développement de trois disciplines : le calcul indien, l'Algèbre et l'Astronomie. Les livres qu'il a publiés dans ces trois domaines ont marqué durablement les traditions mathématiques et astronomiques en pays d'Islam et, à partir du XII^e siècle, les traditions latine et hébraïque de l'Europe médiévale.³²

Les traductions des IX^e-X^e siècles

Malgré ce que nous avons dit sur les activités intellectuelles qui ne doivent rien à l'héritage des civilisations antérieures, il est indéniable que c'est le phénomène de traduction qui va constituer le véritable moteur de la nouvelle dynamique scientifique que l'on va observer à partir de la fin du VIII^e siècle. Il nous a donc semblé utile de dire, même brièvement, quelques mots sur les hommes qui ont été ses véritables acteurs et sur certains aspects de leur activité de traduction.

³⁰ M.-G. Balty-Guesdon : *Le Bayt al-ḥikma de Bagdad*. Op. cit., pp. 42-44.

³¹ E.S. Kennedy : *Studies in the islamic exact sciences*. Beyrouth, Université américaine, 1983. pp. 184-185.

³² G.J. Toomer : *Al-Khwārizmī*. In : *Dictionary of Scientific Biography* (Ch. C. Gillespie, édit). New-York, Scribner's Sons, 1981. Vol. VII, pp. 358-365.

Sur le plan quantitatif, on estime à près d'une centaine le nombre de traducteurs répertoriés par les biobibliographes durant les deux siècles qui nous intéressent ici. Ibn an-Nadīm cite les noms de 45 d'entre eux qui ont traduit du Grec ou du Syriaque. Il donne également les noms de 16 traducteurs du Persan, de deux traducteurs du Sanskrit et d'un seul qui aurait traduit à partir du Nabatéen. D'autres biographes citent d'autres noms ou bien évoquent des traductions d'ouvrages sans préciser les noms de leurs auteurs. C'est le cas d'Ibn Juljul qui signale des traductions du Latin à l'Arabe, comme le *Livre des plantes* de Dioscoride (traduit par Nicolas), les *Aphorismes* d'Hippocrate traduit à l'époque de 'Abd ar-Raḥmān II (826-852), ou le livre de Paulus Orosius traduit pour la calife 'Abd ar-Raḥmān III (912-961), sans parler des ouvrages traduits avant le X^e siècle, comme la *Chronique* de Saint Jérôme (IV^e s.) et les *Etymologies* d'Isidore de Séville (570-636).³³

Sur le plan qualitatif, les traductions des IX^e-X^e siècles se rattachent à plusieurs traditions bien distinctes : grecque, persane, indienne, syriaque et même babylonienne pour certains écrits astrologiques.³⁴ On y constate également des différences quant à la technique des traductions et à la qualité de leurs résultats. Pour nous limiter au domaine mathématique, nous constatons que les premières traductions n'ont pas été jugées satisfaisantes par les spécialistes de chacune des disciplines concernées. Parlant de la traduction des tables astronomiques indiennes, al-Bīrūnī (m. 1058) disait : « J'ai corrigé le *Zīj al-Arkand* et je l'ai écrit avec mes propres termes car la traduction existante était incompréhensible et les mots indiens y étaient restés tels quels ».³⁵ De son côté an-Nayrīzī nous dit, dans son commentaire des *Éléments* d'Euclide, à propos des traductions de cet ouvrage par al-Ḥajjāj, que ce dernier a dû en réaliser une seconde traduction et « a abandonné la première version telle quelle aux gens du commun ».³⁶ Quelques décennies plus tard, cette seconde traduction sera elle-même jugée insuffisante puisque Ishāq Ibn Ḥunayn éprouvera le besoin d'en réaliser une troisième qui sera révisée par le mathématicien Thābit Ibn Qurra.

Un autre exemple significatif nous est fourni par *l'Almageste* de Ptolémée (III^e s.). Ibn an-Nadīm nous dit que cet important ouvrage, qui a été la base de l'Astronomie en pays d'Islam, a bénéficié, probablement dès la seconde moitié du VIII^e siècle, d'une première traduction qui a été jugée non satisfaisante et qui a été très vite remplacée par une seconde traduction commandée par Yaḥyā Ibn Khālīd al-Barmakī. Cette traduction sera révisée, une première fois, par Abū l-Ḥasan et par Salm, le directeur du Bayt al-ḥikma et, une seconde fois, par Thābit Ibn Qurra. Une

³³- Ibn Juljul: *Ṭabaqāt al-aṭibbā' wa ḥukamā'* [Classes des médecins et des sages]. Edit. Fuad Sayyid. Le Caire, 1955. Introduction, pp. 1-4.

³⁴- À titre d'exemple, on peut signaler le livre de Dhawānāy al-Bābīlī qui sera le premier livre traduit par Ibn Waḥshiyya. Cf. : F. Sezgin : *Geschichte des arabischen Schrifttums*. Band VII, 1978. Op. cit. p. 77.

³⁵- Al-Bīrūnī : *Ifrād al-maqāl fī amr aṣ-ṣūlāl* [propos consacré au problème des ombres]. Haïdarabad, 1948. p. 141.

³⁶- Ms. Leiden, Or. 399/1^e, f. 1b.

troisième traduction sera réalisée par al-Ḥajjāj Ibn Maṭar puis une quatrième par Ishāq Ibn Ḥunayn.³⁷

Ces traductions successives s'expliquent d'abord par le progrès enregistré dans les activités mathématiques et qui va entraîner un enrichissement de l'Arabe scientifique et, par voie de conséquence, une plus grande exigence quant à la fidélité au contenu des sources traduites. Une autre raison peut expliquer la multiplication ou l'amélioration des traductions : c'est la découverte de nouveaux manuscrits. Pour les Mathématiques, on peut citer le cas de Naṭīf al-Mutaṭabbib qui avait projeté de retraduire le Livre X des *Éléments* à partir d'une version grecque qui contenait 149 propositions (alors que les traduction antérieures n'en contenaient que 105 (dans la seconde version d'al-Ḥajjāj) et 109 (dans celle d'Ishāq-Thābit).³⁸

Pour la Philosophie, nous avons le précieux témoignage d'Ishāq Ibn Ḥunayn qui dit, à propos de ses traductions successives du Livre de l'âme d'Artistote : « *J'avais traduit ce livre en Arabe à partir d'une mauvaise copie. Trente ans après, j'ai trouvé une copie des plus parfaites. Je l'ai alors comparée à la première traduction* ».³⁹

Les autres facteurs du développement scientifique en pays d'Islam

Jusqu'ici, nous n'avons évoqué qu'un seul facteur, le mécénat, pour expliquer la naissance d'une dynamique scientifique; mais, avec l'avènement de Hārūn ar-Rashīd, et surtout à partir de la fin de son règne, trois autres facteurs vont accélérer ce processus complexe qui aboutira, aux IX^e-X^e siècles à une véritable floraison scientifique, d'abord dans le Croissant fertile puis dans d'autres régions du Dār al-Islām.

Le premier facteur est à la fois économique et politique : avec le contrôle du commerce international par le pouvoir musulman, la capitale du califat, Bagdad, connaîtra très vite une réelle prospérité et deviendra un pôle très attractif pour tous ceux qui avaient un savoir-faire, comme les architectes, les médecins, les astrologues et les poètes de cours. Certains de ces spécialistes arrivaient à Bagdad avec des ouvrages rares qui étaient vendus aux mécènes fortunés ou qui étaient prêtés à des copistes et à des traducteurs. La ville persane de Gundishāpūr offre d'ailleurs un bon exemple d'un centre scientifique qui était dominant jusqu'au milieu du VIII^e siècle et qui, à partir de cette date, va lentement décliner à cause du départ vers Bagdad de ses meilleurs spécialistes, en particulier en Médecine et en Pharmacologie.⁴⁰

Le second facteur est culturel et il concerne les activités non scientifiques qui ont accompagné, et parfois même précédé, les activités de traduction. On sait en effet qu'à ses débuts, la dynamique scientifique arabe n'était qu'une composante d'un phénomène intellectuel large et multiforme qui s'est d'abord manifesté par des

³⁷- Ibn an-Nadīm : *Al-Fihrist*. Op. cit., p. 327.

³⁸- Op. cit. p. 325.

³⁹- Op. cit. p. 312.

⁴⁰- D. Jacquart & F. Micheau : *La médecine arabe et l'Occident médiéval*. Op. cit., pp. 29, 35.

recherches antérieures aux traductions et donc indépendantes d'elles, comme celles qui ont concerné l'exégèse du Coran et la science du Ḥadith ou celles qui ont concerné la Grammaire, la Lexicographie et la Métrique, c'est à dire toutes les disciplines qui ont un lien direct avec la langue arabe.

Le troisième facteur pourrait être qualifié de matériel. Il s'est manifesté sous le règne de Hārūn ar-Rashīd mais ses effets ne seront visibles, à l'échelle de la société, que sous le califat d'al-Ma'mūn. Il s'agit de la naissance de l'industrie du papier, avec la construction des premières fabriques en pays d'Islam, d'abord à Samarcande puis à Bagdad. La diffusion à grande échelle de ce nouveau produit n'a pu que favoriser la multiplication et la circulation des ouvrages qui avaient été traduits et ceux qui commençaient à être rédigés et dont le nombre allait considérablement augmenter au IX^e siècle.

À ces trois facteurs que nous venons d'évoquer, il faudrait ajouter deux autres qui vont accompagner l'activité scientifique dans son ensemble et qui joueront un rôle important dans la diffusion de ses résultats. Il s'agit du développement de l'enseignement et de la multiplication des bibliothèques.

La première période qui s'achève vers le milieu du XI^e siècle est caractérisée par un enseignement supérieur largement privé et dans lequel la puissance publique intervient essentiellement par le mécénat. Sur le plan du contenu, c'est la période de la liberté des programmes, permettant ainsi aux sciences « rationnelles », comme la Philosophie, les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique et la Médecine, d'avoir une place privilégiée dans cet enseignement, et ce après l'impulsion décisive dont elles ont bénéficié au IX^e siècle à travers les activités de Bayt al-ḥikma. Cette impulsion initiale sera soutenue pendant une cinquantaine d'années par l'idéologie officielle du califat, le Mu'tazilisme, dont les adeptes étaient favorables au développement des sciences rationnelles.

C'est également durant cette période que vont se multiplier les bibliothèques privées, semi-publiques ou publiques. Certaines d'entre elles se spécialiseront dans des disciplines bien déterminées et la majorité d'entre elles sera ouverte aux étudiants et aux chercheurs qui y trouveront les livres inaccessibles à leurs bourses et parfois même le papier et l'encre pour en faire des copies. Mais, en plus de leur vocation première, certaines de ces bibliothèques seront des centres d'enseignement supérieur relayés, pour certaines disciplines, par des institutions spécialisées comme les laboratoires, les observatoires ou les hôpitaux.⁴¹

L'exemple des Mathématiques

Les premiers travaux mathématiques comportant une certaine originalité sont apparus dès le début du IX^e siècle et sans attendre la fin de la période de traduction, puisque l'on sait que certains ouvrages grecs, comme les *Arithmétiques* de Diophante

⁴¹- Y. Eche : *Les bibliothèques arabes publiques et semi-publiques au Moyen-Orient*. Op. cit.

ou les commentaires sur le Livre X des *Éléments* d'Euclide ne seront traduits qu'au début du X^e siècle.

Les mathématiciens de la première phase vont partir de problèmes déjà traités par les Grecs ou par les Indiens. Ils vont d'abord les assimiler, les commenter, les critiquer parfois et en faire des révisions ou proposer des développements techniques ou théoriques. Pour la tradition mathématique grecque, ils vont compléter des preuves inachevées, contester la validité de certains postulats ou de certaines définitions, puis ils vont tenter de les remplacer par d'autres, à leurs yeux plus satisfaisants et, enfin, démontrer des propositions que leurs prédécesseurs n'avaient fait qu'énoncer. Pour la tradition indienne et pour l'héritage babylonien, les mathématiciens des pays d'Islam vont faire un premier travail de synthèse qui va ouvrir la voie à des extensions à la fois techniques et théoriques et à des innovations dans le domaine de la Science du calcul, de l'Algèbre et de la Trigonométrie.

Il en sera ainsi par exemple pour les équations qui commenceront par la systématisation proposée par al-Khwārizmī, Ibn Turk et d'autres, qui consacrent la naissance d'une nouvelle discipline, avec ses objets, ses algorithmes et son domaine d'application. Puis, à partir du X^e siècle, on voit apparaître des études nouvelles concernant les polynômes en tant que tels. Cela consistera en un enrichissement du domaine de l'Algèbre par l'extension des notions de monômes, de polynômes, d'équations et de nombres intervenant dans ces équations. Mais cela consistera également en une extension des opérations arithmétiques (addition, soustraction, multiplication, division, extraction de racine) aux monômes et aux polynômes. Parmi les savants qui ont contribué à ces progrès, on peut citer Abū Kāmil (m. 930), Sinān Ibn al-Faṭḥ (X^e s.), al-Karajī (m. 1029) et as-Samaw'al (m. 1175).⁴²

Ces activités novatrices vont s'accompagner par des tentatives de résolution de problèmes géométriques qui aboutiront à des équations du 3^e degré. Al-Māhānī a été ainsi le premier à algébriser une proposition du livre d'Archimède sur la *Sphère et le cylindre* et à tenter vainement de résoudre l'équation du 3^e degré qui en a résulté. À partir de là, de nouvelles recherches seront entreprises, en particulier par Abū l-Jūd (X^e s.) et par al-Khayyām (m. 1139). Ces recherches aboutiront à l'élaboration par ce dernier d'une théorie géométrique des équations cubiques.⁴³

En Astronomie, l'innovation a été permise grâce à la synthèse préalable des deux traditions grecque et indienne que nous avons déjà évoquées. Elle s'est manifestée, dans le domaine technique, par l'amélioration ou l'invention de nombreux instruments de mesure, d'orientation ou d'observation et, dans le domaine théorique, par l'invention ou le perfectionnement de certaines méthodes d'approximation, l'élaboration ou l'utilisation de modèles planétaires non-

⁴²- A. Djebbar : *Quelques aspects de l'Algèbre dans la tradition mathématique arabe d'Orient*. Université d'été de Toulouse, 6-12 Juillet 1986. In : *Actes de l'Université d'été sur l'Histoire des Mathématiques* Toulouse, IREM, 1988, pp. 257-286.

⁴³- R. Rashed & A. Djebbar : *L'oeuvre algébrique d'al-Khayyām*. Alep, Institut for the History of Arabic Sciences, 1981.

ptoléméens⁴⁴ et l'enrichissement progressif des premiers outils trigonométriques qui va aboutir à la constitution d'une nouvelle discipline : la Trigonométrie.

Cette discipline aura comme point de départ les premières tables indiennes de sinus et de cosinus, puis ces deux premières fonctions vont être complétées par d'autres, que la pratique astronomique va suggérer, et qui sont la tangente, la cotangente, le sinus verse et le cosinus verse. Puis, les spécialistes vont établir toute une série de relations entre ces différentes fonctions ou entre les éléments d'un triangle sphérique. Cela va permettre à l'Astronomie classique de se libérer de certaines contraintes de calcul, comme celles qui résultaient de la manipulation du théorème de Menelaüs (I^{er} s. av. J.C.). Ce développement quantitatif va entraîner une autonomie de fait de ce qui n'était, pendant longtemps, qu'un ensemble d'outils dispersés. Cette autonomie, qui mettra du temps à se concrétiser, commencera à prendre forme au XI^e siècle, comme le montre l'ouvrage d'al-Bīrunī (m. 1058), *Maqālād 'ilm al-hay'a* [Les Clefs de l'Astronomie] et, un peu plus tard, celui de l'andalou d'al-Jayyānī (m. 1079), intitulé *Kitāb majhūlāt qisiyy al-kura* [Livre sur les arcs inconnus de la sphère].

En Analyse Combinatoire, ce sont des préoccupations liées à la Poésie et à la Linguistique arabe qui ont provoqué les premières investigations. En effet, les calculs de nature combinatoire apparaissent d'abord en Métrique, en Musique, en Lexicographie et en Grammaire. Puis le développement de l'Astronomie, de l'Algèbre et de la Théorie des nombres va révéler un certain nombre de problèmes de dénombrement, préparant ainsi la voie à l'établissement des premières propositions combinatoires. Ces propositions feront l'objet d'un chapitre autonome dans un livre maghrébin du XIII^e siècle, le *Fiqh al-hisāb* d'Ibn Mun'im (m. 1228), et seront utilisées après lui comme instruments de dénombrement en Arithmétique et en Algèbre.⁴⁵

En Théorie des nombres, les recherches se sont orientées dans trois directions : la première concerne les nombres premiers. Elle a débuté avec les travaux de Thābit Ibn Qurra (m. 901) sur les nombres amiables et s'est poursuivie avec ceux d'Ibn al-Haytham sur le théorème de Wilson et ceux d'al-Fārisī sur les parties aliquotes d'un nombre.⁴⁶ La seconde direction, suggérée par l'étude des *Arithmétiques* de Diophante, suscitera des recherches sur la résolution des systèmes d'équations indéterminées à solutions entières ou rationnelles et sur les triplets pythagoriciens et les nombres

⁴⁴. B.R. Goldstein : *Theory and Observation in Ancient and Medieval Astronomy*, Londres 1985. Variorum. Cf. également : E.S. Kennedy : *Studies in the Islamic Exact Sciences*. American University of Beirut, 1983. D.A. King : *The exact Sciences in Medieval Islam, Some remarks on the Present State of Research*, *Middle East Studies Association Bulletin*, 14 (1), pp. 10-26. G. Saliba : *A Damascene Astronomer proposes a non-Ptolomaic Astronomy*, *Journal for the History of Arabic Science*. Alep, Vol. 4 n°1, 1984, partie arabe, pp. 3-17.

⁴⁵. A. Djebbar : *Enseignement et Recherche mathématiques dans le Maghreb des XIII^e-XIV^e siècles*. Paris, Publications Mathématiques d'Orsay, 1980, n° 81-02. Cf. également : A. Djebbar : *L'analyse combinatoire au Maghreb : l'exemple d'Ibn Mun'im*. Publications Mathématiques d'Orsay, n° 85-01. Orsay, Université de Paris-Sud. 1985.

⁴⁶. R. Rashed : *Entre Arithmétique et Algèbre. Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*. Paris, Les Belles lettres, 1984. pp. 227-299.

congruents.⁴⁷ La troisième direction concerne l'étude des suites et des séries finies qui sont apparues d'abord dans le calcul des surfaces et des volumes, par la méthode d'exhaustion, puis dans la recherche des propriétés des nombres figurés.⁴⁸

En Géométrie, une première tradition est partie des problèmes de constructibilité des points et des figures du plan : c'est après avoir été souvent confrontés à des problèmes non constructibles que certains mathématiciens des pays d'Islam ont été amenés à élargir (à la suite de quelques savants grecs) la notion d'existence géométrique ou algébrique par l'utilisation systématique des sections coniques. Cela aboutira, en particulier, à la résolution géométrique des équations cubiques que nous avons déjà évoquée.⁴⁹ Une seconde tradition s'est attaquée à des problèmes de mesure (surfaces, volumes, moment d'inertie) et a constitué un prolongement aux travaux d'Archimède.⁵⁰ La troisième et dernière tradition, qui est née d'une lecture critique des *Éléments* d'Euclide, va permettre l'élaboration d'une réflexion nouvelle sur les fondements de la Géométrie (en particulier autour du 5^e postulat des parallèles)⁵¹, la redéfinition du concept de rapport qui aidera à dégager clairement la notion de nombre réel positif et, enfin, l'extension des opérations arithmétiques aux irrationnels positifs.⁵² Parallèlement, deux autres types de réflexion ont été amorcés : l'un sur les outils de la démonstration mathématique (induction, raisonnement par l'absurde, analyse et synthèse) et l'autre sur la classification des problèmes en fonction du nombre de leurs solutions.⁵³

⁴⁷- J. Sesiano : Les méthodes d'analyse indéterminée chez Abū Kāmil, *Centaurus* 1977, Vol. 21, n°2, pp. 89-105. Cf. également : J. Sesiano : Le traitement des équations indéterminées dans le *Badī' fī l-hisāb* d'Abī Bakr al-Karājī. *Archive for the History of Exact Sciences*, Vol. 17, n°4, 1977, pp. 297-379. A. Anboubā : *L'algèbre al-Badī' d'al-Karājī*. Beyrouth, Publication de l'Université Libanaise, 1964. R. Rashed : *Entre Arithmétique et Algèbre...* Op. cit., pp. 196-225.

⁴⁸- A. Djebbar : *Enseignement et Recherche mathématiques dans le Maghreb des XIII^e-XIV^e siècles*. Op. cit., pp. 76-89.

⁴⁹- R. Rashed & A. Djebbar : *L'œuvre algébrique d'al-Khayyām*. Op. cit.

⁵⁰- K. Jaouiche : *Le livre du qarastūn de Thābit Ibn Qurra*. Leiden, Brill, 1976.

⁵¹- K. Jaouiche : *La théorie des parallèles en Pays d'Islam*. Paris, Vrin, 1986.

⁵²- A. I. Sabra : *'Umar al-Khayyām, Muṣādarāt Uqlīdīs*. Alexandrie, 1961.

⁵³- A. Djebbar : *Quelques remarques sur les rapports entre Philosophie et Mathématiques arabes*. Colloque de la Société Tunisienne de Philosophie. Hammamet, 1-2 Juin 1983. Paru dans les actes du Colloque : *Revue Tunisienne des Études Philosophiques*, Mars 1984, n° 2, pp. 3-21.