

**Kamâl Eddîn Fârsî Physicien  
et Mathématicien Ovateur**

Ahmed Djebbar

**INTRODUCTION**

La période qui s'étend du milieu du XIII<sup>e</sup> siècle au milieu du XIV<sup>e</sup>, et qui englobe celle au cours de laquelle a vécu le physicien et mathématicien Kamâl eddîn Fârsî, revêt une grande importance pour l'histoire scientifique des pays d'Islam. Elle est en effet caractérisée par deux phénomènes apparemment contradictoires mais qui pourraient s'expliquer par un certain nombre de facteurs. Le premier phénomène, dont certains indices sont apparus, ici ou là, dès la fin du XII<sup>e</sup> siècle, ne s'est développé réellement qu'à partir du début du XV<sup>e</sup> siècle. Il s'est d'abord manifesté à travers un ralentissement des activités scientifiques dans certaines régions de l'empire musulman, puis par un rétrécissement des champs d'investigation traditionnels et par des ruptures manifestes dans la circulation de la production savante des différentes disciplines qui avaient été pratiquées entre le IX<sup>e</sup> et le XII<sup>e</sup> siècle. Le second phénomène, opposé au premier, s'est exprimé, dans certaines régions et pas dans d'autres, par une redynamisation des activités astronomiques, mathématiques et physiques. Cela a même favorisé une véritable réactivation de la recherche dans ces trois disciplines, des incursions dans des domaines nouveaux et l'aboutissement à des résultats significatifs. Comme on le verra plus loin, les contributions de Fârsî sont une parfaite illustration de cette vigueur retrouvée.

Il est possible, à partir des événements connus, de cerner un certain nombre de facteurs qui auraient été, à un degré ou à un autre, à l'origine de ces deux phénomènes ou qui ont caractérisé le contexte dans lequel ils sont apparus. Sur le plan extérieur, il s'agit d'abord des Croisades et, d'une manière générale, des offensives chrétiennes contre les territoires musulmans qui ont commencé vers le milieu du XI<sup>e</sup> siècle et qui se sont poursuivies jusqu'à la fin du XIII<sup>e</sup>. Comme on



le sait ces événements ont été relayés, à partir du début du XIII<sup>e</sup> siècle, par les invasions mongoles dont le théâtre d'opération a été, à la fois, l'Asie Centrale et le Croissant Fertile. Le troisième facteur, plus pacifique, mais dont les conséquences ont été plus déterminantes, est lié aux offensives commerciales de certaines villes italiennes, comme Venise, Gêne, Florence, Pise et Amalfi.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il est difficile de déterminer l'effet de chacun de ces trois facteurs sur les mécanismes complexes qui ont abouti, à peu près à la même époque, à un affaiblissement des activités scientifiques dans certaines régions de l'empire musulman et à leur renouveau dans d'autres. Nous nous contenterons donc, dans cette modeste étude, de présenter, parmi les éléments liés à ces événements, ceux qui nous ont paru essentiels pour aider le lecteur à mieux cerner les différents arrière plans et le contexte dans lesquels se sont inscrites à la fois la vie et les activités scientifiques de Kamâl eddine Fârsî.

D'une manière plus précise, nous présentons d'abord un bref exposé de ce qui a caractérisé le siècle de ce savant à la fois sur le plan géopolitique et économique puis nous donnerons des informations concernant l'état des activités scientifiques dans les différents foyers scientifiques des pays d'Islam. Dans une troisième partie, nous aborderons la vie et l'œuvre de Fârsî et nous conclurons par une présentation de ses principaux écrits en physique et en mathématique en mettant en lumière ses contributions dans ces deux domaines.

## **LE SIECLE DE FÂRSÎ**

Kamâl eddîn Fârsî est né quatre ans à peine avant l'événement qui est considéré par les historiens européens comme le dernier épisode des Croisades en Méditerranée. Il s'agit de la mort, en 1270, près de Tunis, du roi de France Louis IX, plus connu sous le nom de Saint-Louis. Comme la première Croisade a été lancée à la fin du XI<sup>e</sup> siècle, les sujets de l'empire musulman, ont eu, en fonction de l'endroit où ils vivaient, tout le temps de subir ce phénomène, de participer à son endiguement ou, tout simplement, de l'intérioriser.

En effet, cette entreprise à la fois idéologique, militaire, politique et économique (à laquelle il faut ajouter, comme le font les historiens



musulmans, toutes les opérations de reconquête de la péninsule ibérique et de la Sicile) n'a pas cessé, depuis le début du XII<sup>e</sup> siècle de se manifester régulièrement par des événements plus ou moins spectaculaires pour l'opinion de l'époque. Et ses effets sur la mentalité des habitants du *Dār al-Islām* n'a probablement pas été négligeable même si les recherches dans ce domaine ne sont pas assez avancées pour permettre d'en tirer des conclusions significatives. Parmi les faits marquants de cette période, il y eut la reconquête de la Sicile achevée en 1091, la chute de Tolède en 1085, la prise de Jérusalem en 1099 puis celle de Cordoue en 1236.

L'impact de ces événements sur l'opinion de l'époque a été tellement fort qu'il a réussi à détourner l'attention d'un phénomène plus discret mais dont les conséquences ont été plus importantes sur le devenir des pays d'Islam dans leur ensemble. Il s'agit de l'effritement progressif de la suprématie maritime des pouvoirs musulmans en Méditerranée et, par voie de conséquence, de la perte du monopole sur le commerce de cette région qu'ils détenaient depuis le IX<sup>e</sup> siècle. Dans ce domaine, il s'agit en fait d'une tendance qui est apparue au XI<sup>e</sup> siècle et qui a abouti à une redistribution des cartes au profit de certaines villes italiennes. L'un des événements les plus significatifs qui illustre ce phénomène a été la participation active de l'une d'entre elles, Venise, à la 4<sup>e</sup> Croisade dont l'aboutissement a été la chute de Byzance, le 23 Juin 1204. Au cours du XIII<sup>e</sup> siècle, ces villes vont poursuivre leur politique de contrôle des ports de la Méditerranée orientale puis celui des sources asiatiques du commerce international.

Les expéditions militaires européennes se sont poursuivies tout au long du XIII<sup>e</sup> siècle avec des visées de plus en plus politiques comme le montrent clairement le choix des destinations des deux dernières Croisades dirigées par Saint Louis (1214-1270). Il s'agit de l'Égypte des Mamelouks et de l'*Ifriqya* des Hafsides, c'est-à-dire les dynasties musulmanes les plus riches et les plus puissantes de l'époque. Il faut enfin signaler que c'est à l'époque de Fârsî qu'un mouvement de reconquête des territoires musulmans d'Orient a été amorcé. Commencée par Baybars (1260-1277), cette réaction victorieuse a été poursuivie et consolidée par Qalawûn (1279-1290) puis par al-Malik



al-Khalîl (1290-1293)<sup>1</sup>.

Mais, ce retour au *statu quo* territorial antérieur aux Croisades cache en fait un profond changement sur le plan méditerranéen. Désormais, la suprématie de l'Europe du Sud et, plus particulièrement des villes italiennes, sur le commerce international est bien affirmée. Par la suite, cette suprématie ne fera que se consolider par le contrôle progressif des ports les plus importants du *Dâr al-Islâm*, 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 va supplanter, sur les marchés, les monnaies des différents pouvoirs musulmans de l'époque<sup>2</sup>.

Un siècle environ après la première expédition des Croisés en Méditerranée orientale, ce sont les frontières asiatiques de l'empire musulman qui sont soumises, à partir du début du XIII<sup>e</sup> siècle, à une pression redoutable de la part des Mongols. Dès leur unification, en 1206, sous le commandement de Gengis Khan (m. 1227), ces derniers ont accéléré leur migration vers l'Ouest et se sont retrouvés rapidement au contact des premiers territoires musulmans d'Asie centrale dont les métropoles les plus importantes, comme Boukhara, Balkh, Marw et Nishapour, ont été soumises à leur pouvoir. Après une pause de 25 ans, les Mongols reprennent leur offensive victorieuse vers l'Ouest sous la direction de leur nouveau chef Hulagu (1217-1265) : Bagdad, la capitale de l'empire, est conquise en 1258 et, deux ans plus tard, c'est le tour d'Alep et de Damas. Encore une fois, c'est la mobilisation et l'efficacité des armées Mamelouks qui ont permis de stopper l'armée mongole à la bataille d'Aïn Jallût (1260).

Les historiens des pays d'Islam qui ont évoqué cette invasion insistent tous sur la politique de terreur et de destruction pratiquée dans les territoires conquis et plus particulièrement à l'issue des sièges des

---

1- Sur le détail des événements liés aux croisades du XIII<sup>e</sup> siècle, voir en particulier : S. Runciman : *A History of the Crusades*, Cambridge, 1951-1954 ; H. W. Hazard : *The later Crusades 1189-1311*, Philadelphie, 1962 ; N. Elisséef : *L'Orient musulman au Moyen-âge, 622-1260*, Paris, Armand Colin, 1977, pp. 288-305 ; C. Cahen : *Orient et Occident au temps des Croisades*, Paris, Aubier, 1983, pp. 177-204.

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



grandes villes de Perse<sup>1</sup>. Or les témoignages qui nous sont parvenus sur les activités intellectuelles et scientifiques tout au long du XIII<sup>e</sup> siècle ne donnent pas l'impression que le passage des Mongols a transformé ces régions de vieille civilisation en désert. Au contraire, des villes comme Ispahan et Tabriz où a longtemps étudié et enseigné Kamâl eddîn Fârsî, apparaissent, à son époque, comme des pôles scientifiques vivants et dynamiques. Nous sommes donc devant deux interprétations : ou bien les historiens ont exagéré les effets immédiats de l'invasion mongole ou bien cette politique de « *terre brûlée* » a bien été pratiquée, du moins dans la première phase des conquêtes mongoles, mais elle n'a pas réussi à perturber durablement les foyers intellectuels de la région. Quoi qu'il en soit, il n'y a pas de doute que, sur le long terme, les effets des expéditions mongoles se sont ajoutés à ceux des Croisades et ont sérieusement affaibli l'empire musulman dans son ensemble plus particulièrement sur le plan économique. Ils ont également favorisé ou aggravé les conflits internes qui opposaient certains pouvoirs locaux. Sur le plan des activités scientifiques, il semble bien que les multiples perturbations consécutives aux conflits ont eu des effets négatifs sur leur dynamisme et sur la circulation des hommes de science et de leur production entre les différents foyers intellectuels de l'empire.

Cela dit, c'est au cours de cette même période que l'on a observé deux phénomènes favorables à la circulation des sciences. Ils ont eu lieu à l'extérieur du *Dâr al-Islâm*, d'abord dans l'Europe du Sud puis en Chine. D'une manière ou d'une autre, il s'agit là d'une conséquence indirecte des grands affrontements des XI<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles, même si les acteurs principaux de ces affrontements et leurs initiateurs n'ont jamais eu comme but de s'approprier le savoir des pays d'Islam.

Quoi qu'il en soit, et dès la fin du XI<sup>e</sup> siècle pour l'Europe latine, on observe un début de processus de transferts, d'abord d'une partie du savoir médical puis de tout ce qui était accessible des autres savoirs (astronomique, mathématique, physique, philosophique, etc.). Ce fut d'abord des initiatives isolées, comme celle de Constantin l'Africain

---

1- J.-P. Roux : *Histoire de l'Empire mongol*, Paris, Éditions Fayard, 1993.



pour la médecine<sup>1</sup> et de Leonardo Pisano pour les mathématiques<sup>2</sup>, qui ont ouvert la voie à une opération de grande envergure qui a permis de mettre à la disposition des premiers hommes de science une partie des écrits scientifiques produits en Orient et en Occident musulman.

Il est d'ailleurs intéressant de remarquer que la majorité des ouvrages publiés en Asie Centrale, entre le X<sup>e</sup> et le XII<sup>e</sup> siècle, n'a pas été traduite en latin. C'est le cas, en particulier des écrits de Bîrûnî, de Khayyâm, de Tûsî et de Fârsî<sup>3</sup>. Comme la plupart des traductions ont été faites à partir de copies existant en Sicile ou en Andalus, il paraît raisonnable de penser que la cause de cette non circulation vers l'Europe est d'abord la non circulation de ces mêmes écrits à l'intérieur même de l'empire musulman. Ce qui renforce l'hypothèse d'une désorganisation significative des circuits traditionnels d'échanges scientifiques, comme conséquence des conflits des XII<sup>e</sup>-XIII<sup>e</sup> siècles.

Quant au transfert partiel de cette production scientifique vers la Chine, elle est confirmée par un certain nombre de témoignages. Il faut d'abord rappeler que depuis le IX<sup>e</sup> siècle les relations commerciales terrestres et maritimes entre des métropoles musulmane et certaines villes chinoises, comme Canton, n'ont cessé de se développer, favorisant ainsi, en plus des échanges de produits, la circulation de certains savoirs utilitaires comme ceux de l'astronomie. On sait ainsi qu'au X<sup>e</sup> siècle, un astronome persan, originaire de la région de Samarkand, et dont le nom sinisé est Ma Yize, avait été recruté en Chine pour exercer son métier.

Mais c'est à partir de l'époque de Fârsî, c'est-à-dire au cours de la seconde moitié du XIII<sup>e</sup> siècle, que des hommes de sciences des pays d'Islam, et plus particulièrement ceux de Perse, vont être sollicités par le pouvoir impérial de la Chine. C'est ainsi qu'en 1260, Qubilâi, le futur empereur, recrute un astronome du nom de Jamâl ad-Dîn. Ce

---

1- D. Jacquart & F. Micheau : *La médecine arabe et l'Occident médiéval*, pp. 24-25 ; Jacquart, D. : *Principales étapes dans la transmission des textes de médecine* (XIe-XIVe siècles).

2- Boncompagni, B. : *Il Liber Abbaci di Leonardo Pisano*.

3- Djebbar, A. : *La circulation des mathématiques entre l'Orient et l'Occident musulmans : interrogations anciennes et éléments nouveaux*, pp. 213-236.



dernier aurait rédigé une encyclopédie géographique et aurait réalisé sept instruments astronomiques parmi lesquels les historiens des sciences reconnaissent la sphère armillaire, le cadran mural, le globe céleste et l'astrolabe, c'est-à-dire les instruments les plus courants de l'astronomie des pays d'Islam. En 1267, Qubilāi devenu empereur décide la fondation de deux organismes officiels utilisant, exclusivement, le savoir islamique : le « *Service du calendrier et des astres* » qui devait s'occuper d'astronomie et le « *Service de la pharmacopée* » qui concernait la médecine. Le directeur de ces deux organismes aurait été un musulman nommé Aï Xie. On sait aussi, grâce à une source chinoise du XIV<sup>e</sup> siècle, qu'en 1273 environ 250 ouvrages scientifiques, écrits essentiellement en persan, étaient répertoriés dans la bibliothèque du service astronomique musulman. Une seconde source nous apprend que cet organisme fonctionnait encore dans la seconde moitié du XIV<sup>e</sup> siècle et qu'à cette époque, les scientifiques qui y travaillaient (et qui avaient des noms arabes) maîtrisaient également le chinois. Ce sont d'ailleurs eux qui ont été chargés par l'empereur de traduire en chinois un ouvrage astrologique écrit en persan ou en arabe.

Nous savons aussi, grâce à un catalogue de la bibliothèque impériale des Yuan (vers 1350), que des ouvrages de calcul et de géométrie, écrits en arabe et en persan, étaient à la disposition des utilisateurs. C'est probablement par leur intermédiaire ou grâce à la circulation d'ouvrages semblables que des techniques mathématiques sont parvenues en Chine et ont été pratiquées. Cela est vrai pour au moins deux procédures attestées dans des ouvrages chinois : la multiplication par la technique du filet et le procédé de construction de certains carrés magiques<sup>1</sup>.

En conclusion de ce chapitre, il nous reste à évoquer l'état **des** activités scientifiques à l'intérieur du *Dâr al-Islâm* durant le **siècle de** Fârsî afin de mieux appréhender le contexte dans lequel cet **homme de** science a acquis sa formation et a apporté sa propre **contribution, en**

---

1- J.-C. Martzloff : *Les contacts entre les astronomies et les mathématiques arabes et chinoises vus principalement à partir des sources chinoises, état actuel des connaissances*, pp. 164-182.



particulier dans les deux domaines où il s'est spécialisé, c'est-à-dire la physique et les mathématiques.

Les documents biobibliographiques et scientifiques qui nous sont parvenus et qui ont été analysés nous permettent d'affirmer deux choses. Sur le plan quantitatif, la production scientifique écrite en arabe et en persan reste importante tout au long du XIII<sup>e</sup> et du XIV<sup>e</sup> siècle et le nombre de praticiens de la science, quel qu'ait été leur niveau est significatif. Pour prendre l'exemple des mathématiques et de toutes les disciplines qui sont proches ou qui les utilisent (physique, astronomie, mécanique, science des héritages), une estimation approximative, faite à partir des recherches bibliographiques réalisées depuis un siècle, nous donne environ 200 auteurs d'écrits portant sur l'une ou l'autre de ces disciplines<sup>1</sup>.

Sur le plan qualitatif, la production scientifique de haut niveau et qui présente le plus de vitalité, et parfois même de la créativité, se trouve désormais dans certains foyers de Perse, d'Égypte et de l'Occident musulman. Au Maghreb, c'est l'école de Marrakech qui a pris le relais des pôles d'al-Andalus, en particulier en mathématique avec les travaux d'Ibn Mun'im (m. 1228) et d'Ibn al-Bannâ (m. 1321) en analyse combinatoire<sup>2</sup>. Mais Tunis et Bejaia sont également des centres dynamiques<sup>3</sup>. C'est d'ailleurs dans cette dernière ville, qui est située dans le Maghreb Central que le premier grand mathématicien européen, Leonardo Pisano (m. après 1240), a acquis sa formation de base en mathématique, comme il le révèle lui-même dans l'introduction de son important ouvrage le *Liber Abaci*<sup>4</sup>. En Égypte, l'astronomie reste une discipline vigoureuse, en particulier dans le

---

1- H. Suter : *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*; D. A. King : *The exact Sciences in Medieval Islam, Some remarks on the Present State of Research*; J. L. Berggren : *History of Mathematics in the Islamic World*; A. Djebbar : *A Panorama of Research on the History of Mathematics in al-Andalus and the Maghrib between the Ninth and Sixteenth Century*, pp. 309-350.

2- A. Djebbar : *Enseignement et Recherche mathématiques dans le Maghreb des XIII<sup>e</sup>-XIV<sup>e</sup> siècles* ; A. Djebbar : *L'analyse combinatoire au Maghreb : l'exemple d'Ibn Muncim (XII<sup>e</sup>-XIII<sup>e</sup> siècles)*.

3- A. Djebbar : *Quelques éléments nouveaux sur l'activité mathématique arabe dans le Maghreb oriental (IX<sup>e</sup>-XVI<sup>e</sup> s.)*.

4- Sigler, L. E. : *Fibonacci's Liber Abaci*.



domaine appliqué, comme le montrent les écrits d'al-Hasan al-Murrākushî et plus particulièrement son *Jâmi' al-mabâdi' wa l-ghâyât fi 'ilm al-mîqât* [Recueil des principes et des buts sur la science du temps]<sup>1</sup>.

Quant au Croissant Fertile et à l'Asie Centrale, nous n'avons pas trouvé d'informations précises et fiables sur les conséquences immédiates des conquêtes mongoles sur les activités scientifiques dans ces deux régions. Mais nous savons qu'après la chute de Bagdad, en 1258, une décision avait été prise par Hulagu, le chef mongol, en faveur de la redynamisation des activités astronomiques. Cela avait abouti à la réalisation d'un grand observatoire à Maragheh financé avec les biens *waqf*. Cet observatoire, qui allait devenir un important centre scientifique, a été dirigé d'abord par Nasîr eddin Tûsî (m. 1274) puis par son fils, Asîl eddîn (m. 1306). Compte tenu des moyens dont il disposait, il a pu regrouper un certain nombre d'astronomes de haut niveau, dont les plus connus sont Mu'ayyid ad-Dîn al-'Urdî, Muhyî ad-Dîn al-Maghribî et Qutb eddin Shîrâzî (m. 1311), l'éminent professeur de Kamâl eddîn Fârsî.

Cela dit, la faiblesse et parfois l'absence totale de recherche sur l'histoire de chacune des disciplines scientifiques qui étaient pratiquées, en arabe ou en persan, dans les vastes territoires d'Asie Centrale, ne nous permettent pas de reconstituer le contexte scientifique dans lequel a évolué Fârsî depuis sa prime jeunesse jusqu'au moment où il s'est engagé dans la recherche. Nous devons donc nous contenter, pour l'instant, de quelques éléments épars qui ne permettent pas de cerner les conditions qui l'ont amené à s'engager dans des recherches qui n'étaient plus d'actualité dans d'autres régions du vaste territoire de l'Islam.

### LA VIE ET L'OEUVRE DE FÂRSÎ

Grâce à un texte autographe, recopié par un de ses élèves, nous savons qu'il s'appelait Hasan ibn 'Ali ibn Hasan Kamâl eddîn Fârsî<sup>2</sup>. Comme son nom l'indique, il est originaire d'une région de l'Iran

---

1- Al-Murrākushî : *Jâmi' al-mabâdi' wa l-ghâyât fi 'ilm al-mîqât*.

2- Al-Fârsî : *Kitâb al-basâ'ir fi 'ilm al-manâzir*, f. 80v.



actuel mais nous ignorons encore son lieu de naissance. ‘Imâd eddîn Kâshî est le seul à le qualifier d’Isfahânî et à le rattacher à cette ville<sup>1</sup>. Nous ne savons rien également sur la période qui s’étend de l’année de sa naissance (vers 1266) à son adolescence. Le contenu de sa formation de base nous est donc inconnue. Quant à sa spécialisation en mathématique et en physique, il ne semble pas l’avoir acquise en un seul endroit. En effet, comme il le dit lui-même dans l’un de ses ouvrages, il a commencé à voyager très jeune à la recherche des cours des grands professeurs de son époque. C’est ainsi qu’il a rencontré Ibn al-Khawwâm al-Baghdâdî (m. après 1324), à Ispahan, et qu’il a étudié sous sa direction, pendant plusieurs années, les mathématiques et d’autres disciplines<sup>2</sup>. Ce professeur est connu, essentiellement, grâce à l’un de ses ouvrages qui est intitulé *al-Fawâ'id al-bahâ'iya fî l-qawâ'id al-hisâbiya* [Les choses utiles sur les règles du calcul]. Après avoir étudié le contenu de ce livre auprès de son auteur et après avoir constaté que les manuels de calcul de son époque ne contenaient aucune justification des procédés qui y étaient exposés, Fârsî décida alors d’en rédiger un commentaire et il lui donna comme titre *Asâs al-qawâ'id fî usûl al-fawâ'id* [Le Livre des fondements des règles sur les principes des acquis]<sup>3</sup>. Parallèlement, il s’est intéressé à des problèmes de théorie des nombres qui n’avaient pas trouvé de solutions à son époque. Ses recherches dans ce domaine ont abouti à des résultats significatifs que nous évoquerons plus loin et qui l’ont amené à rédiger une importante épître qu’il a intitulé *Tadhkirat al-ahbâb fî bayân at-tahâbb* [Mémoire des amis sur l’explication de l’amicabilité].

C’est peut-être à l’époque où il s’occupait essentiellement de mathématique qu’il a publié les quatre autres écrits que signalent les biobibliographes. Deux d’entre eux sont des commentaires ou des remarques concernant le contenu de certains chapitres des *Eléments* d’Euclide. Le premier est intitulé *Mulâhadât hawla al-faradiya ath-*

1- Al-Kâshî : *Îdâh al-maqâsid li farâ'id al-fawâ'id*, p. 1.

2- B. Rosenfeld & E. Ihsanoğlu : *Mathematicians, Astronomers and other Scholars of Islamic Civilisation and their Works (7th-19th c.)*, p. 231, n° 657.

3- Al-Fârsî : *Asâs al-qawâ'id fî usûl al-fawâ'id* [Les fondements des règles sur les principes des choses utiles], Mawaldi, M. (édit.), Le Caire, Maôhad al-makhtûtât al-ôarabiyya, Le Caire, 1994.



*thâlitha ʿashra li Nasîr ad-Dîn at-Tûsî* [Remarques sur le treizième postulat de Nasîr eddîn Tûsî]<sup>1</sup>. Le second est connu sous le titre de *Risâla ôalâ tahrîr al-Abharî fî l-mas'ala al-mashhûra min Kitâb Uqlîdis* [Epître sur la rédaction par al-Abharî de la fameuse question du Livre d'Euclide]<sup>2</sup>. Une troisième épître géométrique, dont une seule copie nous est parvenue, est intitulée *Bahth hawla az-zâwiya* [Etude sur l'angle]<sup>3</sup>. Le dernier écrit, qui est signalé dans un catalogue moderne mais dont l'unique copie a, semble-t-il, disparue, porte le titre de *Risâla fî l-hisâb* [Epître sur le calcul]<sup>4</sup>. Il faut enfin signaler un projet de Fârsî qu'il évoque lui-même dans un de ses ouvrages et qui consistait à réaliser une révision des *Coniques* d'Apollonius. Nous n'avons aucune information sur la nature de ce projet et nous ne savons pas s'il a pu être mené à bien<sup>5</sup>.

En 1300, Fârsî s'est installé à Tabriz, ville proche du grand observatoire de Maragheh qui était encore en activité. Dans cette métropole régionale, il a suivi les cours de Shîrâzî (m. 1311), un des savants éminents de l'époque qui a, semble-t-il, rapidement apprécié les qualités de son élève puisqu'il a dit de lui qu'il était " *Le fils le plus cher et le plus noble, le meilleur guide et le plus savant, un modèle pour les gens intelligents, le prince des savants*"<sup>6</sup>.

En réponse à une question posée par Fârsî à son professeur, ce dernier lui a conseillé d'étudier le contenu du *Traité d'Optique* d'Ibn al-Haytham (m. 1041), en lui précisant, en ces termes, que c'était l'un des projets qu'il avait souhaité concrétiser : « *J'avais, depuis un certain temps, l'intention de réviser le livre d'Apollonius sur les coniques. Pour cela, j'avais rassemblé, comme publications rares et comme résultats géométriques, ce que personne n'aurait pu rassembler. Et maintenant, il s'est ajouté à cette <intention> le désir de réviser ce livre <de l'optique d'Ibn al-Haytham>. Mais je ne peux*

1- Ms. Tunis, B. N. Ahmadiya n° 5482/5, ff. 74a-74b et 73a ; Ms. Leiden n° Or. 1031, pp. 298-300.

2- Ms. Tunis, B. N. Ahmadiya n° 5482/5, ff. 73a-73b et 75a.

3- Ms. Téhéran, Majlis n°6584.

4- Ms. Téhéran, Majlis n° 7189.

5- Al-Fârisî : *Tanqîh al-manâzir*, p. 46.

6- Al-Fârisî : *Asâs al-qawâ'id fî usul al-fawâ'id*, p. 9.

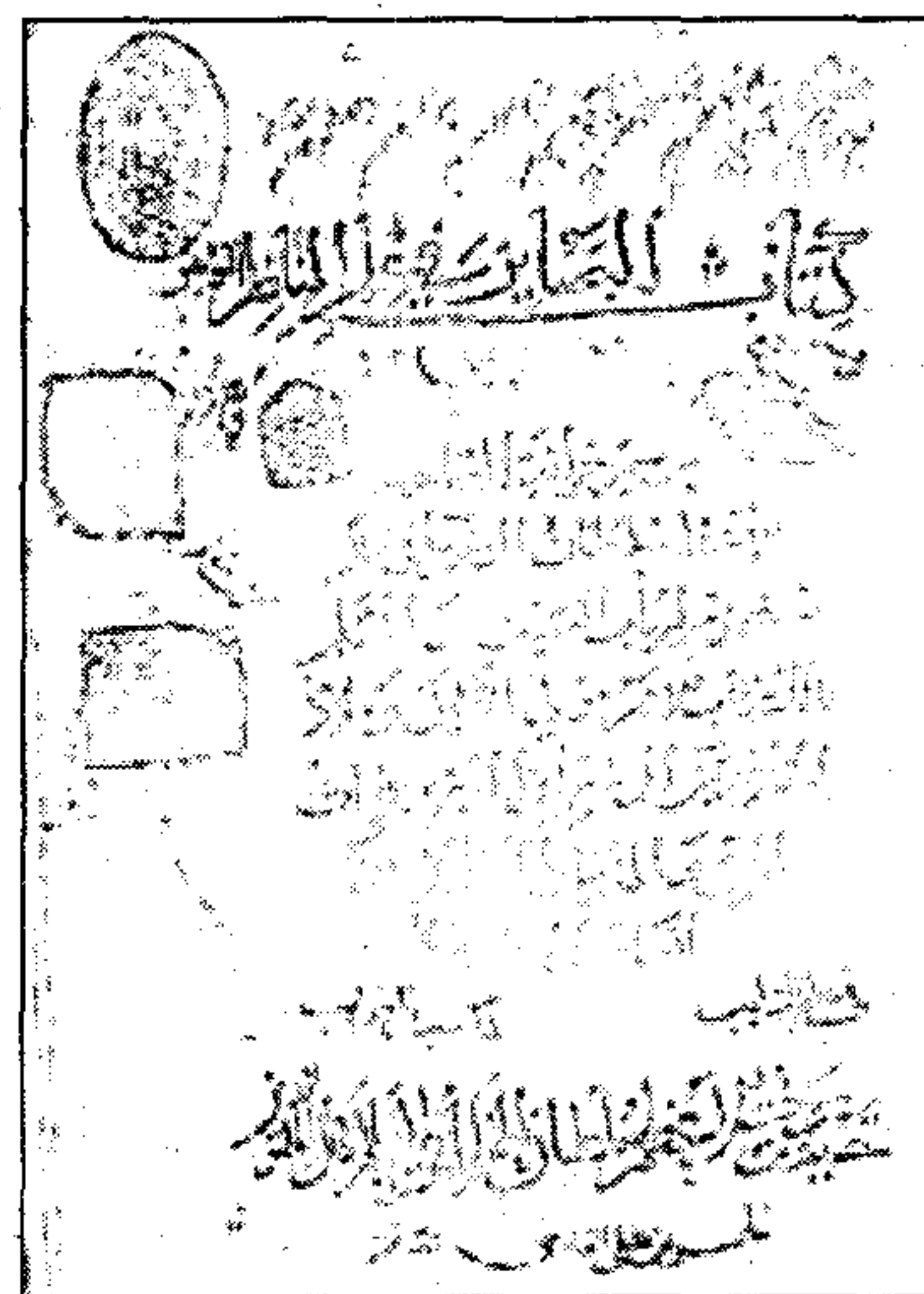


*pas me libérer pour eux, occupé que je suis par le commentaire du Colligé de la médecine <d'Ibn Sînâ> qui m'accapare suffisamment <pour me détourner> de tous les autres projets, à cause de l'attente exprimée par les gens les plus nobles et par les plus grandes personnalités du moment. Mais, je te conseille de t'en occuper et tu atteindras ce qui est ton <but> le plus cher »<sup>1</sup>.*

C'est d'ailleurs Shîrâzî qui a réussi à procurer à son élève une copie de l'important ouvrage d'Ibn al-Haytham. Et l'on sait même qu'il s'agit de l'exemplaire original écrit de la main de son auteur. Suivant les conseils de son professeur, Fârsî s'est lancé dans l'étude détaillée de l'ouvrage avant de s'engager dans des recherches sur certains sujets qui n'avaient pas encore, à son époque, de réponses satisfaisantes.

C'est vers 1309 qu'il publie, ouvrage *Kitâb tanqîh al-manâzir li dhawî al-absâr wa l-basâ'ir* [Livre de la révision de l'Optique pour les gens qui ont une bonne vue et un esprit pénétrant]. Dès le premier coup d'œil, on constate que l'importance de ce traité ne tient pas seulement à son volume. Il se caractérise, essentiellement, par une sa diversité de thèmes et par sa grande technicité dans la présentation et l'analyse des problèmes étudiés. Tous ces éléments ne pouvaient que rebuter les lecteurs non initiés à l'optique. C'est la raison pour laquelle, Fârsî a été amené, sur les conseils d'un de ses professeurs, Jamâl eddîn Turkistânî (ca 1313), à rédiger une sorte d'abrégé, beaucoup plus accessible aux étudiants et qu'il a intitulé *Kitâb al-basâ'ir fî 'ilm al-manâzir* [Livre des esprits pénétrants sur la science de l'optique].

Fârsî, *al-Basâ'ir fî 'ilm al-manâzir*,  
Ms. Sepahsalar Library n° 554, f. 1v.



1- Al-Fârsî : *Tanqîh al-manâzir*, Vol. I, p. 46.



Nous n'avons aucune information sur les activités de Fârsî après la publication de ce dernier ouvrage. Il est possible qu'il ait assuré des enseignements de mathématique et de physique, comme semble le confirmer un de ses étudiants, Husayn Semnânî qui a réalisé une copie de son ouvrage *Kitâb al-basâ'ir*. Quoi qu'il en soit il semble que Fârsî ait continué à vivre et à travailler à Tabriz jusqu'à sa mort, le 12 janvier 1319.

## LES CONTRIBUTIONS SCIENTIFIQUES DE FÂRSÎ

### Les travaux mathématiques

Dans ce domaine, Fârsî a publié deux écrits importants. Le plus volumineux mais le moins original est le *Asâs al-qawâ'id*. Il est en cinq chapitres et traite, essentiellement, trois thèmes qui étaient classiques pour l'époque : le calcul, la géométrie du mesurage et l'algèbre. D'une manière plus précise on y trouve d'abord l'exposé des opérations du calcul suivi leur application dans les problèmes de transaction. Le troisième chapitre concerne l'étude des figures planes et solides et la détermination de leurs aires ou de leurs volumes. Les deux derniers chapitres sont consacrés à l'algèbre avec une présentation des objets et des outils de cette discipline puis leur utilisation pour la résolution de différents types de problèmes.

L'intérêt de cet ouvrage provient du souci de Fârsî, chaque fois que cela lui était possible, d'accompagner les procédures exposées par son professeur d'explicitations et, surtout, de démonstrations<sup>1</sup>. Comme le livre est un commentaire de celui d'Ibn al-Khawwâm et que ce dernier avait signalé, en conclusion de son ouvrage, une trentaine de problèmes qui n'avaient pas encore été résolus à son époque, il était intéressant de connaître le traitement, par Fârsî, de chacun de ces problèmes. Malheureusement, il se contente de les rappeler et ne propose aucune solution ni même aucune réflexion sur leur nature et sur leur degré de difficulté. Or nous sommes en présence d'un véritable chercheur qui a apporté des solutions originales à d'autres problèmes de mathématique et de physique qui n'étaient pas résolus.

---

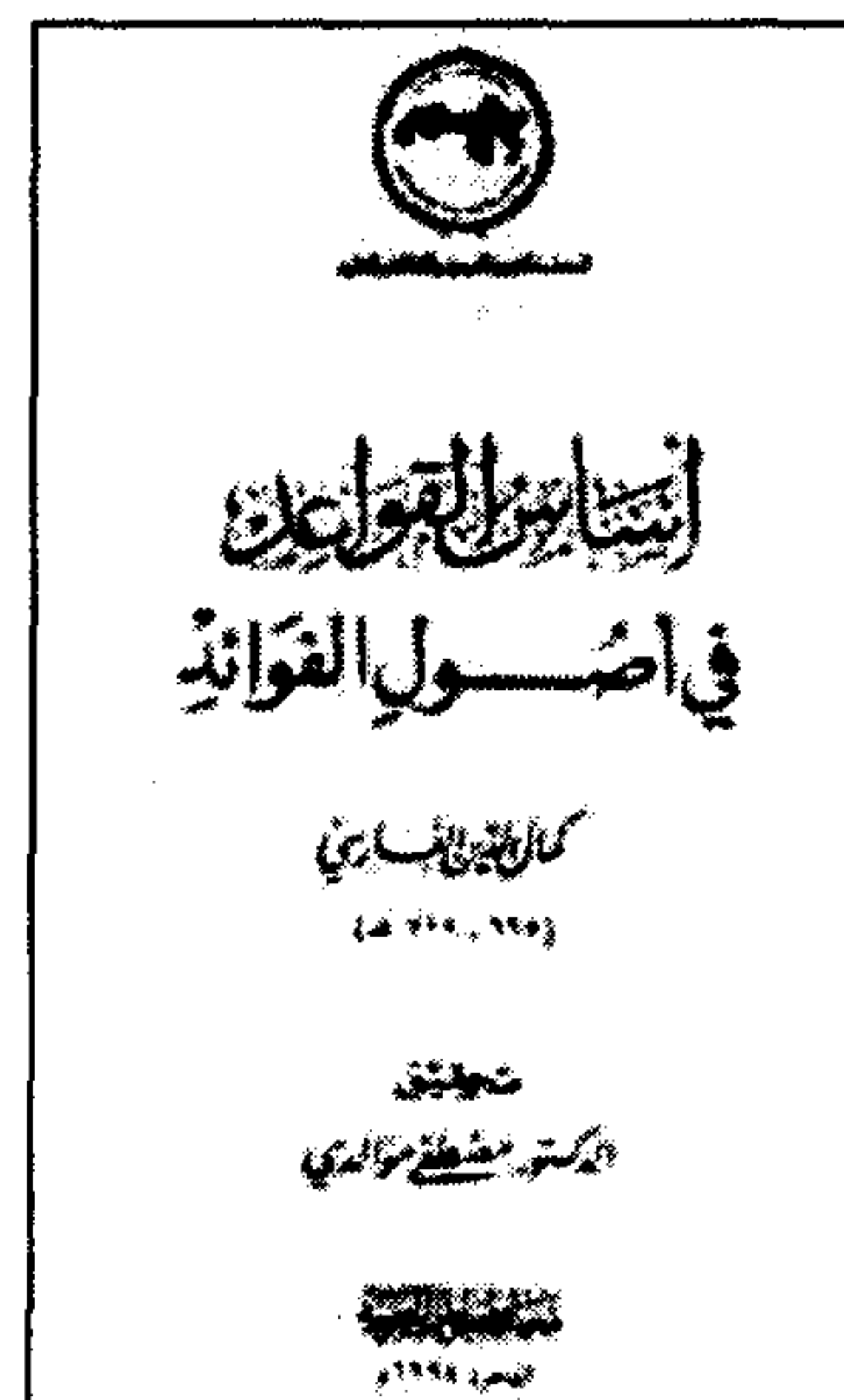
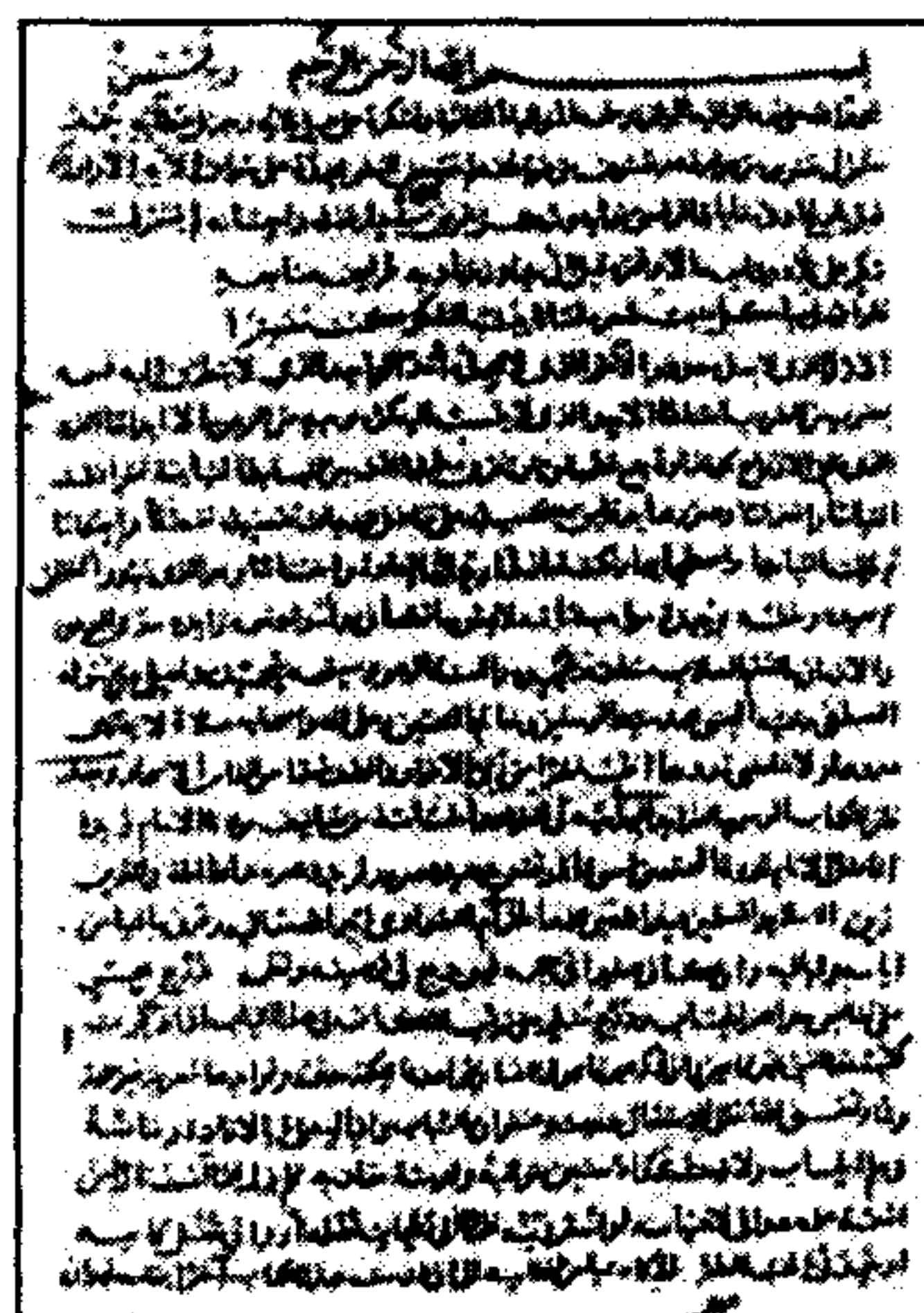
1- M. Mawaldi : *L'algèbre de Kamâl ad-Dîn al-Fârisî*.



On peut donc en déduire qu'il a tenté de résoudre certaines des questions répertoriées par son professeur mais qu'il s'est heurté à des difficultés insurmontables par les outils et les techniques dont il disposait. Cela est possible surtout lorsqu'on sait qu'un certain nombre de ces problèmes correspondaient à des équations de degré supérieur ou égal à trois (qui ne seront résolues, algébriquement, qu'au XVI<sup>e</sup> siècle en Italie) et que deux d'entre eux sont des cas particuliers (pour  $n = 3$  et  $n = 4$ ) de la fameuse « conjecture de Fermat » qui affirme qu'il n'existe pas d'entiers  $x$ ,  $y$  et  $z$  vérifiant la relation :  $x^n + y^n = z^n$ .

Les recherches sur la tradition mathématique persane des XIII<sup>e</sup>-XVII<sup>e</sup> siècles n'est pas assez avancée pour nous permettre de nous faire une idée sur la place du *Asâs al-qawâ'id* dans l'enseignement. Mais au vu de la dizaine de copies qui nous est parvenue, on peut supposer raisonnablement qu'il a circulé dans certains foyers scientifiques<sup>1</sup>. En tout cas, on en est sûr pour la ville de Samarkand puisque l'ouvrage est cité par le grand mathématicien du XIV<sup>e</sup> siècle, Ghiyâth eddîn Kâshî (m. 1429) dans son *Miftâh al-hisâb* [La clé du calcul]<sup>2</sup>. C'est probablement le cas aussi pour Istanbul, au XVII<sup>e</sup> siècle parce qu'il est évoqué par le biobibliographe Hajjî Khalîfa (m. ), dans son *Kashf az-zunûn* [Dissipation des doutes]<sup>3</sup>. L'étude des écrits mathématiques produits en Asie centrale, entre le XIVE et le XVIIe siècle, devrait nous renseigner un peu plus sur cette question.

al-Fârsî,  
*Asâs al-qawâ'id*,  
Ms. Kuprulu  
n° 941/1, f. 1v



1- Fârsî : *Asâs al-qawâ'id fî usûl al-fawâ'id*, pp. 21-22.

2- Al-Kâshî : *Miftâh al-hisâb*, p. 173.

3- Hâjjî Khalîfa : *Kashf az-zunûn*, p. 1296.



Le second écrit mathématique de Fârsî, dont le titre abrégé est *Tadhkirat al-ahbâb*, concerne la théorie des nombres. Il s'agit d'un travail de recherche qui contient des résultats originaux. Mais, pour une raison que nous ignorons, l'auteur n'en a pas fait une publication indépendante. Il précise en effet au début de son commentaire au livre d'Ibn al-Khawwâm : “Quant à la méthode pour déterminer les nombres amiables, le nombre de parties <aliquotes>, les nombres parfaits, abondants et déficients, elle sera en annexe à la fin de ce livre”. Dans ce travail original, l'auteur présente une étude détaillée du fameux problème de la décomposition d'un nombre entier en facteurs premiers. Pour cela, il est amené à établir des résultats arithmétiques ou combinatoires. Mais son projet étant, comme le titre de l'épître l'indique clairement, d'étudier les nombres amiables, il conclut son exposé par le calcul du second couple de nombres amiables, c'est-à-dire 17296 et 18416, dont la découverte est habituellement attribuée au mathématicien français Fermat (m. 1647)<sup>1</sup>.



al-Fârisî, *Tadhkirat al-ahbâb*, Ms. Koprulu n° 941/2, 128v.

1- A. Djafari Naini : *Geschichte der Zahlentheorie im Orient*, Braunschweig, pp. 186-189 ; Rashed, R. : *Entre arithmétique et algèbre*, pp. 259-299.



Le contenu de cette épître nous permet de dire que Fârsî fait partie de ces mathématiciens des pays d'Islam qui ont contribué à décloisonner les activités mathématiques dans la mesure où il a introduit des démarches combinatoires et des outils algébriques dans des problèmes de théorie des nombres. En effet, pour dénombrer toutes les parties aliquotes d'un nombre entier, il construit le fameux triangle arithmétique et il établit une correspondance entre chacune de ses cellules et le nombre de combinaisons de  $n$  objets  $p$  à  $p$ . Pour l'historien des sciences, l'intérêt de cette contribution de Fârsî réside beaucoup plus dans les outils mis en œuvre pour l'étude des nombres amiables que dans le calcul effectif du second couple de ces nombres puisque l'on sait que ce calcul avait été réalisé par certains de ses prédécesseurs en pays d'Islam, comme al-Hassâr (XII<sup>e</sup> s.) et Ibn Mun'im (m. 1228), tous deux originaires d'al-Andalus et ayant vécu et travaillé, pendant une certaine période, à Marrakech alors capitale politique de tout le Maghreb et important foyer scientifique de l'Occident musulman.

### **Les travaux de Fârsî en optique**

Même si nos informations actuelles sur l'histoire de l'optique en pays d'Islam sont très lacunaires, il est difficile d'imaginer que le *Kitâb al-manâzir* [Livre de l'optique] d'al-Hasan Ibn al-Haytham n'ait pas fait l'objet d'un enseignement au moins partiel, après sa publication, et qu'il n'ait pas suscité des commentaires et des développements sur son contenu entre le milieu du XI<sup>e</sup> siècle et le milieu du XIII<sup>e</sup>. Nous pensons que ce fut le cas en Occident musulman, et plus précisément en Andalus, à la fin du XI<sup>e</sup> siècle, même si nous ne pouvons pas encore expliciter les éléments dont nous disposons. Un des éléments qui confirme la présence de cet important ouvrage en Andalus est, bien sûr, sa traduction en latin. Mais nous avons aussi de nouvelles informations sur cette présence provenant de sources arabes locales. Nous savons en effet, et depuis peu, que le mathématicien de Saragosse, al-Mu'taman Ibn Hûd (m. 1085) a étudié le contenu de cet important ouvrage et qu'il a même proposé une nouvelle rédaction d'un problème de réflexion sur un miroir ardent, résolu par Ibn al-Haytham dans son traité d'optique, et qui aboutit à une équation du 4<sup>e</sup>



degré<sup>1</sup>. Nous savons également qu'il avait projeté de consacrer un chapitre entier à l'optique dans le second volume de son traité *Kitâb al-istikmâl* qui est, malheureusement, resté inachevé<sup>2</sup>. On peut même supposer, à partir du témoignage d'al-Maqqarî (m. 1631), qu'al-Mu'taman avait rédigé et publié un ouvrage indépendant sur les problèmes de l'optique<sup>3</sup>.

Parallèlement à la présence de ces préoccupations optiques dans le milieu des scientifiques, il faut signaler l'intérêt pour ces questions chez les philosophes d'al-Andalus. Ces derniers ont eu en effet à étudier certaines de ces questions et en particulier celles qui résultent de phénomènes météorologiques, soit directement dans les écrits d'Aristote, soit dans le *Kitâb ash-shifâ'* d'Avicenne. Ce fait est confirmé par Ibn Rushd (m. 1198) dont le commentaire sur l'arc-en-ciel et le halo contient des aspects géométriques, que l'on ne trouve pas dans les textes du stagirite traduits en arabe, et qui pourraient provenir, directement ou indirectement, des écrits d'al-Mu'taman ou, plus généralement, des travaux sur l'optique géométrique qui auraient été réalisés en Andalus<sup>4</sup>.

Cela dit, et jusqu'à aujourd'hui, nous n'avons aucune information semblable pour l'Orient musulman et il semble bien qu'il a fallu plus de deux siècles après la publication, au Caire, du *Kitâb al-manâzir* pour qu'un scientifique de cette région de l'empire s'intéresse à son contenu. Cet intérêt, qu'a manifesté précisément Fârsî, n'a pas été celui d'un enseignant ou d'un simple utilisateur mais, surtout, celui d'un chercheur curieux par définition, soucieux de vérifier, de corriger, d'améliorer et d'enrichir les contributions d'Ibn al-Haytham. Tout a commencé pour ce savant lorsqu'il a voulu comprendre les phénomènes de réfraction qu'il avait eu l'occasion d'observer et après avoir cherché les réponses à ses interrogations dans les écrits qui lui

---

1- Hogendijk, J.-P. : *Le roi géomètre al-Mu'taman Ibn Hud et son livre de la perfection (Kitâb al-Istikmâl)*.

2- Djebbar, A. : *Deux mathématiciens peu connus de l'Espagne du XIe siècle : al-Mu'taman et Ibn Sayyid* ; Djebbar, A. : *La rédaction de l'Istikmâl d'al-Mu'taman (XIe s.) par Ibn Sartâq*.

3- Al-Maqqarî : *Nafh at-tîb min ghusn al-Andalus ar-ratîb*, Vol. I, p. 440.

4- Ibn Rushd : *Rasâ'il*, Haydarabad, 1947, pp. 65 sqq.



étaient alors accessibles. Voici d'ailleurs comment il justifie sa décision de s'engager dans l'étude de l'optique : « *J'avais en effet observé que les objets vus dans l'eau ou à travers le cristal de roche, prennent toutes sortes de formes. Le livre d'Euclide sur l'optique ne satisfaisait pas ma curiosité. En outre, j'avais trouvé que, d'après les recherches des savants, la lumière des corps se meut en ligne droite et que, lorsqu'elle rencontre une surface comme celle de l'eau, elle se réfléchit sous un certain angle qui est égal à celui sous lequel elle se présente, tandis qu'en même temps elle se réfracte dans le milieu sous un autre angle. Ces choses m'étonnèrent et j'en déduisis pour les angles de réfraction des règles que je ne trouvais pas conformes à l'observation. Le fait que les astres apparaissent plus grands à l'horizon qu'au milieu du ciel, s'explique par une raison de réfraction. Quel est le moyen de connaître ces phénomènes alors que les livres d'astronomie ne contiennent pas assez d'informations ?* »<sup>1</sup>.

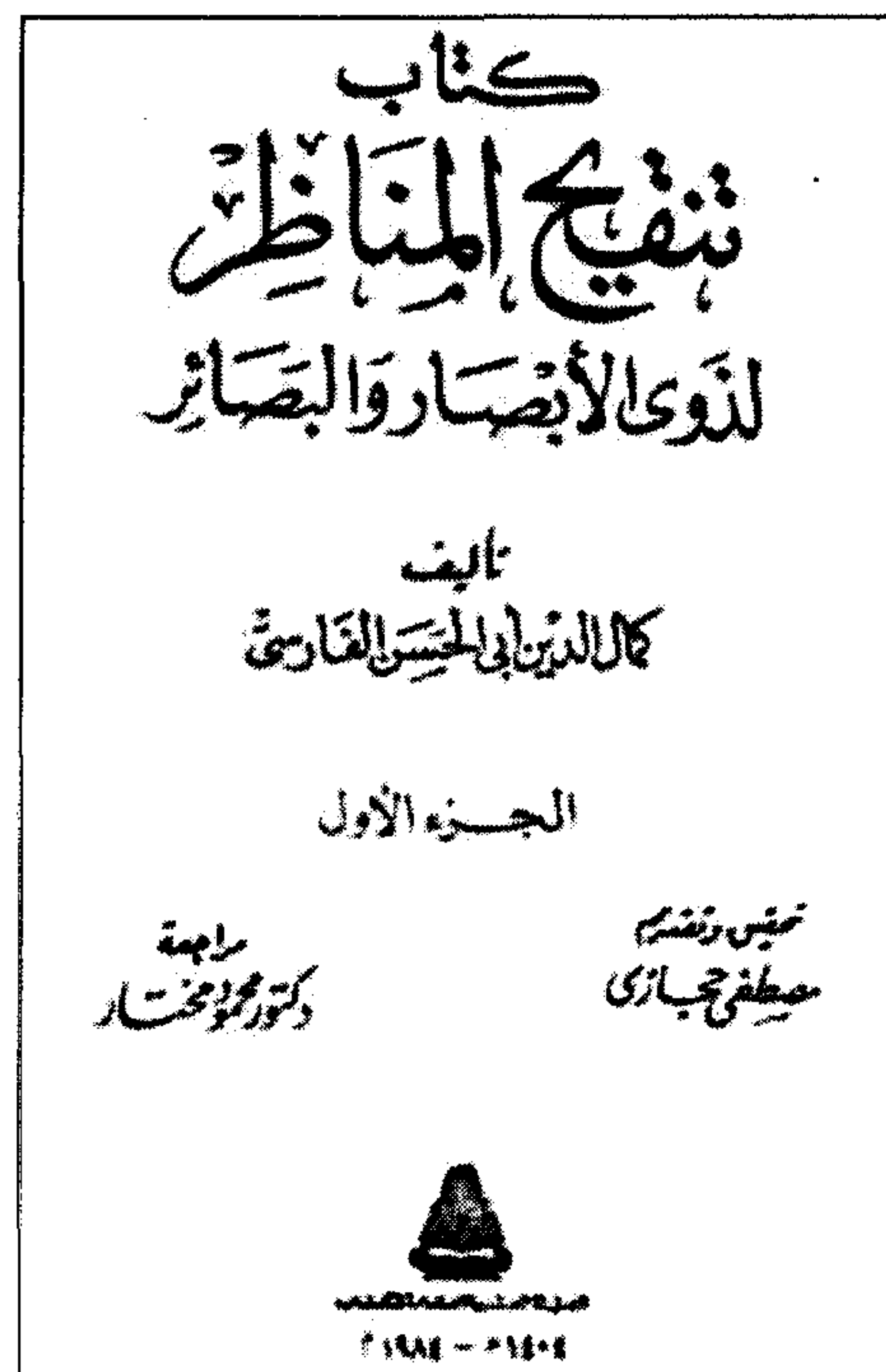
Quant au contexte dans lequel ce savant a été amené à s'intéresser à l'optique puis à étudier le livre d'Ibn al-Haytham et, enfin, à projeter d'en faire une révision complète, elles montrent clairement qu'il ne s'agit pas là d'une décision individuelle mais plutôt la conséquence d'un regain d'intérêt pour ces problèmes dans le milieu scientifique de Tabriz, la ville où s'était installé Fârsî. Il semble bien en effet qu'au début du XIII<sup>e</sup> siècle différentes questions qui concernent cette discipline étaient discutées et que des réponses à certaines d'entre elles étaient étudiées ou faisaient l'objet de recherches. Cette hypothèse est renforcée par les critiques que notre auteur formule d'une manière allusive contre ses contemporains qui se sont occupés d'optique et plus particulièrement contre les affirmations de Nasîr eddîn Tûsî dans son *Tahrîr al-manâzir li Uqlîdis* [Rédaction de l'Optique d'Euclide]<sup>2</sup>.

---

1- Al-Fârisî : *Tanqîh al-manâzir*, op. cit., pp. 43-44.

2- Al-Fârisî : *Tanqîh al-manâ-zir*, op. cit.





al-Fârisî, *Tanqîh al-manâzir*, Ms. Ahmet III n° 3340, f. 183v

Sans entrer dans le détail de la description du contenu du *Tanqîh al-manâzir*, il est possible d'en cerner le projet et de mettre en lumière la méthode d'analyse et les contributions originales de Fârsî. Après une lecture, même rapide, de certains chapitres de l'ouvrage, on constate qu'il ne s'agit pas d'un commentaire au sens classique du terme mais bien d'une révision, parfois profonde, du traité d'Ibn al-Haytham. En effet, Fârsî ne cite que les passages qui, à ses yeux, ont besoin d'explicitations, de compléments ou d'amélioration (parfois même de modification) de l'analyse d'un problème et de sa résolution.

C'est ainsi qu'il commence par critiquer sévèrement le style d'Ibn al-Haytham qu'il qualifie de « *discours de contes* ». Puis il se propose d'adopter une démarche différente en optant pour un exposé mathématique du contenu des sept chapitres de l'ouvrage de son illustre prédécesseur, c'est-à-dire en ordonnant et même en numérotant les sujets traités, en résumant le contenu de chaque question, en reprenant à son compte les affirmations d'Ibn al-Haytham qui lui paraissaient justes mais aussi en présentant ses critiques, ses explications et ses ajouts. Parmi les compléments au texte commenté, on trouve des démonstrations, des explications nouvelles et des



expériences supplémentaires. Voici, à titre d'exemples, quelques illustrations significatives de cette démarche.

Fârsî fait sienne l'affirmation d'Ibn al-Haytham que la lumière se déplace de l'objet émetteur ou éclairé vers l'œil et non le contraire. Il adopte également sa position au sujet du caractère réversible de la trajectoire d'un rayon lumineux réfléchi ou réfracté par des milieux plus ou moins réfringents. Il lui arrive même d'être totalement en accord avec lui à propos d'affirmation ou de résultats qui nous paraissent aujourd'hui erronées. Par contre, il n'accepte pas l'affirmation d'Ibn al-Haytham selon laquelle l'angle de réfraction croît, en général, d'une valeur plus petite que celle avec laquelle croît l'angle d'incidence. On sait en effet que ceci n'est vrai que lorsque le rayon lumineux se déplace d'un milieu moins dense à un milieu plus dense. Il rejette également l'explication de la génération des couleurs par le degré de combinaison de lumière et d'obscurité, en affirmant qu'elles sont le résultat de la réfraction et de la réflexion. Il lui arrive, enfin, d'accompagner ses critiques d'idées novatrices, comme lorsqu'il refuse l'analogie utilisée par Ibn al-Haytham pour expliquer la réfraction et qui consiste à assimiler la trajectoire du rayon lumineux à celle d'un projectile traversant une surface plane selon différentes directions. Il écrit à ce propos : « *C'est ce qu'a dit Ibn al-Haytham sur la cause de la réfraction (...) et il n'échappe <à personne> que c'est là un propos rhétorique et une explication imagée* ». Mieux encore, il n'hésite pas à affirmer que « *le mouvement dont il est question dans la lumière est semblable au mouvement des sons et non à celui des corps solides* »<sup>1</sup>.

A cette révision complète de l'ouvrage de son éminent prédécesseur, al-Fârisî ajoute une série d'études qu'il regroupe dans trois grands chapitres intitulés « *conclusion* », « *appendice* » et « *annexes* ». La conclusion concerne le phénomène de réfraction et elle contient ses propres recherches sur le sujet, en complément à ce qu'avait écrit Ibn al-Haytham dans le chapitre 7 de son traité. L'appendice, qui est intitulé « *sur les causes de l'arc-en-ciel et du halo* » contient les études faites sur différentes catégories de textes. La

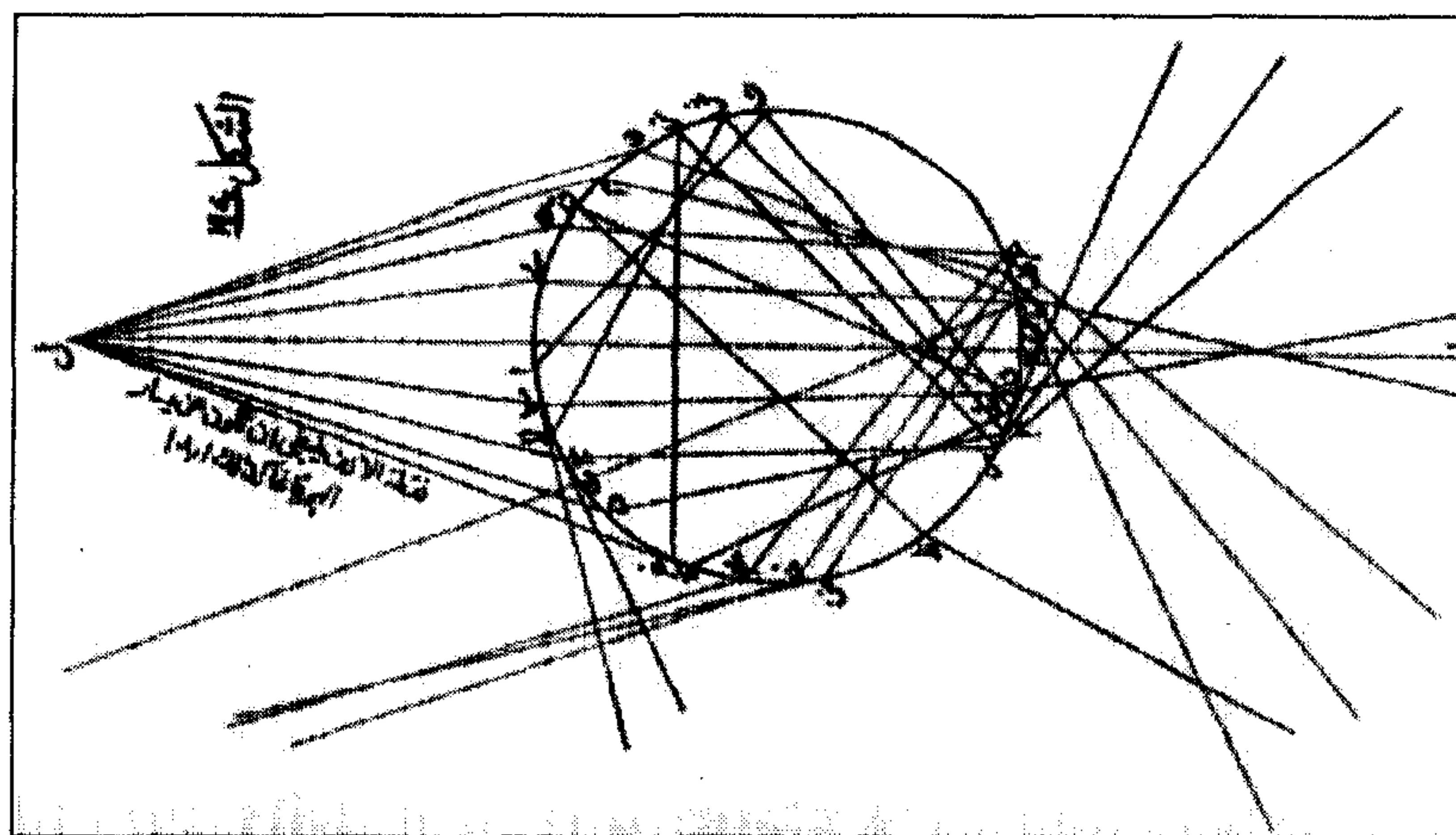
---

1- M. Nazîf : *Kamâl ad-Dîn al-Fârisî* ..., p. 69.



première comprend un extrait du *Kitâb ash-shifâ'* d'Avicenne sur les deux thèmes en question, un autre extrait de son professeur Shirâzî concernant la constitution des couleurs et tiré de son Commentaire au *Colligé sur la médecine* d'Avicenne. Il comprend aussi la rédaction de deux écrits d'Ibn al-Haytham : *Maqâla fî qaws quzah wa l-hâla* [Epître sur l'arc-en-ciel et le halo] et *Maqâla fî l-kura al-muhriqa* [Epître sur la sphère ardente]. La seconde catégorie de textes est totalement originale puisqu'elle regroupe les recherches d'al-Fârisî sur l'arc-en-ciel et le halo<sup>1</sup>. Il y établit que l'arc-en-ciel est produit par réfraction et réflexion des rayons du soleil dans les fines gouttelettes de pluie, l'arc intérieur étant le résultat de deux réfractions et d'une réflexion entre les deux réfractions alors que l'arc extérieur nécessite deux réfractions et deux réflexions.

Les annexes contiennent des abrégés de trois études d'Ibn al-Haytham, *Maqâla fî ad-daw'* [Epître sur la lumière], *Maqâla fî kayfiyat al-adlâl* [Epître sur l'ombre] et *Maqâla fî suwar al-kusûf* [Epître sur les formes de l'éclipse].



Fârisî, *schéma de l'arc-en-ciel*, Hyderabad, t. 2, fig. 192

Comme on le constate, nous sommes là devant un vaste programme qui a l'ambition de reprendre l'étude de tous les problèmes importants de l'optique. Cette étude est d'ailleurs menée avec beaucoup de

1- M. Nazîf : *Kamâl ad-Dîn al-Fârisî ...*, p. 88.



méthode et de rigueur et ce n'est pas étonnant qu'elle aboutisse à des remises en causes, à des améliorations et à des découvertes.

On doit également signaler que Fârsî s'est efforcé, pour chacune des questions étudiées, d'exposer d'abord ce qui avait été écrit avant lui, non seulement par Ibn al-Haytham mais également par d'autres auteurs, puis de présenter ses propres idées sur la question. Pour prendre l'exemple du chapitre qui concerne l'anatomie de l'œil, il n'hésite pas à opposer aux propos de son prédécesseur qu'il juge, à certains endroits, inexacts, ceux des plus grands médecins qui ont étudié le sujet. Il affirme avoir consulté les ouvrages d'une dizaine d'entre eux dont les plus connus sont Galien, Avicenne, °Alî Ibn °Isâ, °Alî Ibn °Abbâs, Ibn an-Nafîs et Thâbit Ibn Qurra. De plus, il semble le premier à avoir ajouté aux erreurs de la vision signalées par Ibn al-Haytham une erreur supplémentaire, appelée par lui « *étalement de la trace* », pour laquelle il propose des expériences simples qui permettent de l'illustrer et de la confirmer<sup>1</sup>.

Il adopte la même démarche dans son étude de l'arc-en-ciel qui est le domaine où sa contribution est la plus significative. Il faut d'abord préciser qu'il connaissait les tentatives d'Avicenne pour comprendre et expliquer ce phénomène. Voici d'ailleurs ce que ce dernier écrivait sur le sujet: « *Concernant l'arc-en-ciel, j'ai reconnu clairement certains de ses aspects, alors que je n'en ai pas encore exploré d'autres définitivement. Ce que l'on en a enseigné par ailleurs ne me suffisait pas. J'ai constaté fréquemment que cet arc ne se dessine pas sur des nuages épais. Ce que les péripatéticiens, une école à laquelle j'appartiens, enseignent à son propos me satisfait très peu. Je vais d'abord décrire l'arc-en-ciel tel qu'il apparaît là où il n'y a pas de nuages épais, selon ma propre observation. Ensuite, j'exposerai les raisons pour lesquelles il se compose d'un demi cercle ou moins. Je montrerai, en même temps, pourquoi l'arc-en-ciel n'apparaît pas à tous les moments de la journée en été, mais par contre en hiver. Concernant ses couleurs, je n'en ai encore moi-même aucune idée claire. Je n'en connais pas la cause, et la conception, entièrement erronée et insensée, qu'en ont les autres, ne me satisfait pas non*

---

1 - M. Nazîf : *Ibn al-Haytham ...*, pp. 337-338.



plus »<sup>1</sup>.

Par ailleurs, on sait qu'il a emprunté à ce grand philosophe l'idée de la réfraction des rayons du soleil dans les fines gouttelettes de pluie. On sait aussi que son explication des couleurs rompt avec celle de ses prédécesseurs : au lieu de faire intervenir une combinaison de lumière et d'obscurité, il lie l'apparition des couleurs au phénomène de la réfraction. Or il semble bien qu'il a emprunté cette idée au Commentaire de son professeur Shirâzî sur le *Colligé de la médecine* d'Avicenne. Quant à la méthode d'investigation de Fârsî, tous les spécialistes de l'histoire de l'optique s'accordent pour dire qu'elle s'articule d'une manière efficace sur la double démarche d'Ibn al-Haytham, à la fois mathématique et expérimentale. Comme notre savant a surtout innové sur le plan expérimental, il n'est pas inutile de préciser ses contributions dans ce domaine : en premier lieu, il a reproduit, à travers le modèle de la sphère ardente, emprunté à Ibn al-Haytham, les phénomènes lumineux qui aboutissent à l'apparition de l'arc-en-ciel et du halo. En second lieu, il a exploité l'idée de la chambre noire (qui a été utilisée pour la première fois, semble-t-il, par Ibn al-Haytham) pour observer la manière dont se forment les différentes couleurs du spectre<sup>2</sup>. Mais, chose étonnante, on constate que son étude quantitative de la réfraction repose, non pas sur les résultats de ses propres expériences mais sur ceux d'Ibn al-Haytham. En effet, en voulant étudier la réfraction air-eau, il s'est basé sur les résultats d'une série de mesures qui ont porté sur la réfraction air-verre.

## CONCLUSION

Même si, volontairement, nous n'avons pas détaillé les aspects théoriques et techniques des contributions d'al-Fârsî, en mathématique et en physique, leur originalité ne fait aucun doute et confirme les qualités exceptionnelles de ce savant. Mais elles suscitent également des questions dont certaines peuvent être abordées à partir des informations qui sont aujourd'hui disponibles tandis que d'autres appellent de nouvelles recherches à partir des documents qui nous sont

---

1 - Ibn Sînâ : *Kitâb ash-Sifâ'*, at-Tabâciyât, 5, I., p. 55.

2- Maitte, B. : *Histoire de l'arc-en-ciel*, pp. 58-65.



parvenus et dont une grande partie n'a pas encore fait l'objet d'investigations. Nous nous contenterons ici, en guise de conclusion, d'aborder deux de ces questions.

La première concerne le milieu scientifique dans lequel a grandi et s'est formé Fârsî. Quelles que furent les aptitudes de ce dernier, elles ne pouvaient se révéler et s'épanouir sans un minimum de facteurs favorables qui devaient être réunis, d'abord dans sa ville natale où devait exister un enseignement performant, puis dans les différentes villes où il a vécu et où il a suivi des cours auprès de professeurs expérimentés. Cela suppose donc l'existence de communautés scientifiques plus ou moins importantes et des échanges réguliers entre ses membres. Malheureusement, les recherches dans ce domaine ne sont pas assez avancées pour pouvoir aller au-delà des conjectures déduites des destins individuels de quelques hommes de science de l'époque et de ce qui nous est parvenu sur les activités dans certaines métropoles régionales, comme Tabriz. Même si cette ville a bénéficié au cours de la seconde moitié du XIII<sup>e</sup> siècle de son statut de capitale politique régionale, elle n'aurait pas pu devenir un foyer scientifique aussi vivant s'il n'y avait pas eu, dans son environnement proche, les compétences nécessaires, en particulier celles qui ont permis de constituer, de renforcer et de renouveler les équipes qui ont travaillé à l'observatoire de Maragheh. Cela signifie donc qu'il faut relativiser l'appréciation trop globalisante que l'on fait généralement sur le processus de déclin et qu'il faut, au contraire, l'analyser en fonction des conditions régionales et locales.

Cela dit, il nous semble que la dynamique scientifique aurait été plus forte, même en Perse, si certaines régions de l'empire musulman n'avaient pas connu un ralentissement et même un arrêt brutal de leurs activités intellectuelles, comme ce fut le cas pour une partie du Croissant Fertile et, surtout, pour l'Andalus. Tout s'est passé en fait comme si le déclin de ces deux régions avait, dans une première phase, qui se situe précisément à cheval entre le XII<sup>e</sup> et le XIII<sup>e</sup> siècle, dynamisé ou revigoré les foyers scientifiques des régions limitrophes : le Maghreb à l'ouest, l'Égypte au centre et la Perse à l'est. Mais il serait intéressant de comprendre pourquoi et comment, dans une seconde phase, la disparition d'un certain nombre de pôles



scientifiques a influé sur la vitalité de ceux qui se sont maintenus. La question reste ouverte et, au vu de la faiblesse des recherches pluridisciplinaires sur l'histoire des activités intellectuelles en pays d'Islam, il est peu probable que l'on aboutisse, rapidement, à des réponses satisfaisantes.

La seconde question qui vient à l'esprit, lorsqu'on est informé des contributions d'al-Fârisî et, surtout, de leur importance, est celle qui a trait à leur réception par les hommes de science de son époque, d'abord en Perse puis dans les autres foyers scientifiques de l'empire musulman. Là aussi, nous n'avons même pas un début de réponse à la question pour la simple raison que la recherche sur l'histoire des activités scientifiques en Asie centrale sont, aujourd'hui, relativement faibles pour ne pas dire inexistantes surtout lorsqu'il s'agit des traditions mathématiques et physiques de cette région.

Quant à une possible circulation des écrits ou des idées de Fârsî à l'extérieur de *Dâr al-Islâm*, elle a fait l'objet, depuis plus d'un siècle, d'affirmations, d'hypothèses et d'interrogations<sup>1</sup>. Il faut d'abord préciser que même si nous nous cantonnons à l'espace musulman, nous n'avons trouvé, à ce jour, aucun élément fiable pouvant confirmer la présence, même fragmentaire, des travaux de ce savant en Egypte ou en Occident musulman. Et même dans le cas où cette circulation a pu avoir lieu, les idées et les démarches de Fârsî n'ont pas trouvé les conditions nécessaires à leur assimilation et à leur enrichissement. C'est d'ailleurs la même constatation que l'on peut faire à propos des travaux optiques et géométriques d'Ibn al-Haytham.

Cela dit, il est tout à fait concevable que des écrits scientifiques en persan ou en arabe (ou une partie de leurs contenus) aient circulé directement d'Orient vers certains foyers intellectuels de l'Europe médiévale, sans emprunter les circuits traditionnels du *Dâr al-Islâm*. Cette hypothèse a été émise et défendue, ici ou là, en particulier pour tenter de trouver un lien entre les travaux de Fârsî sur l'arc-en-ciel et ceux de son contemporain Dietrich de Freiberg. Mais, jusqu'à ce jour, nous n'avons aucun élément historique fiable permettant de confirmer cette conjecture, sans parler du fait que l'analyse comparative des deux

---

1- M. Nazîf : *Kamâl ad-Dîn al-Fârisî* ..., op. cit.



contributions faite par les spécialistes de l'histoire de la lumière révèle, au-delà de leur origine commune, qui est l'œuvre optique d'Ibn al-Haytham, des différences profondes au niveau de la démarche<sup>1</sup>.

En attendant d'avoir des réponses, même partielles, aux deux questions déjà évoquées, concernant les foyers scientifiques de l'empire musulman et les formes de leur préservation après le XIII<sup>e</sup> siècle, il est possible de s'engager, dès maintenant, dans une étude complète de l'œuvre de Fârsî, à la fois pour compléter celles qui ont été faites sur certains aspects de ses publications et pour mieux appréhender le rôle de ce savant dans le développement des idées scientifiques en pays d'Islam.

### **Bibliographie**

Berggren, J. L., «History of Mathematics in the Islamic World: The Present State of the Art», *Middle East Studies Association Bulletin* 19 (1985), pp. 9-33.

Boncompagni, B., *Il Liber Abbaci di Leonardo Pisano*, Rome, 1867.

Cahen, C. : *Orient et Occident au temps des Croisades*, Paris, Aubier, 1983.

Djafari Naini, A. : *Geschichte der Zahlentheorie im Orient*, Braunschweig, Verlag Klose & Co., 1982.

Djebbar A., *A Panorama of Research on the History of Mathematics in al-Andalus and the Maghrib between the Ninth and Sixteenth Century*, Dibner Institute Conference on "New Perspectives on Science in Medieval Islam" (Boston, November 6-8 1998), in J. P. Hogendijk; Sabra, A., *The Enterprise of Science in Islam, New perspectives*, The M.I.T Press, Londres, 2003, pp. 309-350.

Djebbar, A., *Deux mathématiciens peu connus de l'Espagne du XI<sup>e</sup> siècle : al-Mu'taman et Ibn Sayyid*, in M. Folkerts et J. P. Hogendijk (édit.): *Vestigia Mathematica, Studies in medieval and early modern mathematics in honour of H.L.L. Busard*, Amsterdam-Atlanta, GA 1993, pp. 79-91.

---

1- Maitte, B. : *Histoire de l'arc-en-ciel*, op. cit., chap. IV.



Idem, La circulation des mathématiques entre l'Orient et l'Occident musulmans : interrogations anciennes et éléments nouveaux, Actes du Colloque International "*From China to Paris : 2000 Years Transmission of Mathematical Ideas*" (Bellagio, Italie, 8-12 mai 2000), Y. Dold-Samplonius, J. W. Dauben, M. Folkerts et B. van Dalen, Stuttgart, Steiner Verlag, 2002, pp. 213-236.

Idem, La rédaction de l'Istikmâl d'al-Mu'taman (XI<sup>e</sup> s.) par Ibn Sartâq un mathématicien des XIII<sup>e</sup>-XIV<sup>e</sup> siècles, *Historia Mathematica*, n° 24 (1997), pp. 185-192.

Idem, La rédaction de l'Istikmâl d'al-Mu'taman (XI<sup>e</sup> s.) par Ibn Sartâq un mathématicien des XIII<sup>e</sup>-XIV<sup>e</sup> siècles, *Historia Mathematica*, n° 24 (1997), pp. 185-192.

Idem, *L'analyse combinatoire au Maghreb : l'exemple d'Ibn Mun'im (XII<sup>e</sup>-XIII<sup>e</sup> siècles)*, Paris, Université Paris-Sud, Publications Mathématiques d'Orsay, 1985, n° 85-01.

Idem, *Enseignement et Recherche mathématiques dans le Maghreb des XIII<sup>e</sup>-XIV<sup>e</sup> siècles*, Paris, Université Paris-Sud, Publications Mathématiques d'Orsay, 1980, n° 81-02.

Idem, *Quelques éléments nouveaux sur l'activité mathématique arabe dans le Maghreb oriental (IX<sup>e</sup>-XVI<sup>e</sup> s.)*, Actes du 2<sup>e</sup> Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes (Tunis, 1-3 Décembre 1988), Tunis, Université de Tunis, 1990, pp. 53-73.

Elisséef, N., *L'Orient musulman au Moyen-âge, 622-1260*, Paris, Armand Colin, 1977.

Farisi [al-Fârisî], *Asâs al-qawâ'id fî usûl al-fawâ'id* [Les fondements des règles sur les principes des choses utiles], M. Mawaldi (édit.), Le Caire, Ma'had al-makhtûât al-'arabiyya, Le Caire, 1994.

Idem, *Kitâb al-basâ'ir fî 'ilm al-manâzir* [Livre des regards pénétrants sur la science de l'optique], Ms. Sepahsalar Library n° 554.

Idem, *Tanqîh al-manâzir li dhawî l-absâr wa l-basâ'ir* [Révision de l'optique pour ceux qui sont doués d'une bonne vue et de discernement], M. Hijâzî & M. Mukhtâr (édit.), Le Caire, al-Hay'a al-misriya al-'amma li l-kitâb, 1984.

Hajji Khalifa [Hâjjî Khalîfa], *Kashf az-zunûn 'an asâmi al-kutub wa l-funûn* [Dissipation des doutes au sujet des noms des livres et des arts], Beyrouth, Dâr al-fikr, 1982.



Hazard, H. W., *The later Crusades 1189-1311*, Philadelphie, 1962.

Hogendijk, J. P., *Le roi géomètre al-Mu'taman Ibn Hûd et son livre de la perfection (Kitâb al-Istikmâl)*, Actes du 1<sup>er</sup> colloque maghrébin sur l'histoire des mathématiques arabes (Alger, 1-3 Décembre 1986), Alger, La Maison des Livres, 1988, pp. 51-66.

Ibn al-Haytham, *Maqâla fî l-marâyâ al-muhriqa bi d-dâ'ira* [Epître sur les miroirs ardents sphériques], in *Majmû' ar-rasâ'il ... Ibn al-Haitham*, Hyderabad, 1938.

Idem, *Maqâla fî qaws quzah wa l-hâla* [Epître sur l'arc-en-ciel et le halo], version révisée par al-Fârsî, in *Tanqîh al-manâzir*, Hayderabad, 1929, t. 2, pp. 258-279.

Ibn Rushd, *Rasâ'il* [Epîtres], Hayderabad, 1947.

Ibn Sînâ; *Kitâb ash-Sifâ', at-Tabî'iyyât* [Livre de la guérison, La Physique], 5, I. Madhkour & al. (édit.), Le Caire, al-Hay'a al-misriya al-<sup>o</sup>amma li l-kitâb, 1965.

Jacquart, D. & Micheau, F., *La médecine arabe et l'Occident médiéval*, Paris, Maisonneuve & Larose, 1990.

Jacquart, D., Principales étapes dans la transmission des textes de médecine (XI<sup>e</sup>-XIV<sup>e</sup> siècle), in *Rencontres de cultures dans la philosophie médiévale. Traductions et traducteurs de l'Antiquité tardive au XIV<sup>e</sup> siècle*, Louvain la Neuve, Cassino, 1990.

Kashi [al-Kâshî], Jamshîd, *Miftâh al-hisâb* [La clé du calcul], M. Damirdash (édit.), Le Caire, 1967.

Idem, *Îdâh al-maqâsid li farâ'id al-fawâ'id* [La clarification des buts sur les choses utiles et rares], Ms. Téhéran, Faculty of Litteratures, n<sup>o</sup> 442/2.

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.

Maitte, B., *La lumière*, Paris, Seuil, 1981.

Idem, *Histoire de l'arc-en-ciel*, Paris, Seuil, 2005.

Maqqarî (al-), *Nafh at-tîb min ghusn al-Andalus ar-ratîb* [Senteur du parfum de la tendre branche d'al-Andalus], I. <sup>o</sup>Abbâs (édit.), Beyrouth, Dâr Sâdir, 1968, Vol. I, p. 440.

Martzloff, J. C., *Les contacts entre les astronomies et les mathématiques arabes et chinoises vus principalement à partir des*



*sources chinoises, état actuel des connaissances*, Actes du 2<sup>e</sup> colloque maghrébin sur l’histoire des mathématiques arabes (Tunis, 1-3 décembre 1988), Tunis, Maghreb Edition, 1990, pp. 164-182.

Mawaldi, M., *L’algèbre de Kamâl ad-Dîn al-Fârisî*, Thèse de Doctorat, Paris, Université de Paris III, 1989.

Murrâkushî (al-), *Jâmi‘ al-mabâdi’ wa l-ghâyât fî ‘ilm al-mîqât* [Recueil des principes et des buts dans la science du temps], Fac-similé, F. Sezgin (édit.), vol. I-II, Frankfurt, Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, 1984.

Nazîf, M., *al-Hasan Ibn al-Haytham, buhûthuhû wa kushûfuhû al-basariyya* [al-Hasan Ibn al-Haytham, ses recherches et ses découvertes en Optique], Le Caire, Imprimerie Nuri, 1942.

Idem, *Kamâl ad-Dîn al-Fârisî wa ba‘d buhûthihî fî ‘ilm ad-daw’* [Kamâl ad-Dîn al-Fârisî et quelques unes de ses recherches en optique], *Revue de la Société Egyptienne d’Histoire des Sciences*, 1958, n° 2, pp. 65-100.

Pingree, D., *Kamâl al-Dîn al-Fârisî*, Encyclopédie de l’Islam, nouvelle édition, t. IV, Leiden, Brill & Paris, Maisonneuve & Larose, 1978, pp. 537-538.

Qurbani, A., *Biographies des mathématiciens de l’époque islamique, du 3<sup>e</sup> au 11<sup>e</sup> siècle de l’Hégire*, Téhéran, Markaz Nashr Dânishkâhî, 1375, pp. 401-413.

Rashed, R., *Entre arithmétique et algèbre*, Paris, Les Belles Lettres, 1984.

Rosenfeld, B.; Ihsanoğlu, E. : *Mathematicians, Astronomers and other Scholars of Islamic Civilisation and their Works (7th-19th c.)*, Istanbul, IRCICA, 2003.

Runciman, S., *A History of the Crusades*, Cambridge, 1951-1954.

Sigler, L. E., *Fibonacci’s Liber Abaci*, Heidelberg, Springer, 2002.

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

Wiedemann, E., *Über die Brechung des Lichtes in Kugeln nach Ibn al-Haitham und Kamâl al-Dîn al-Fârisî*, *Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät* (Erlangen) 42/1910/ pp. 15-58.



Idem, «Zur Optik von Kamâl al Dîn», *Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik*, Leipzig, 3/1911-12, pp. 161-177.