Ministère de la Culture

L'Âge d'Or des Sciences en Pays d'Islam

Les Manuscrits Scientifiques du Maghreb

وزارة الثقافة

ALGERIE

تلمسان 2011

وزارة الثقافة

ALGERIE

Ministère de la Culture

L'Âge d'Or des Sciences en Pays d'Islam

Les Manuscrits Scientifiques du Maghreb

L'astronome andalou Ibn Raqqam à Béjaia à la fin du XIII[e] siècle, en train de rédiger ses célèbres *Zij ash-Shamil* et *Kitab al-Filaha*

Sous la direction de

Djamil Aïssani et Mohammed Djehiche

Cette exposition, organisée dans le cadre de la manifestation

« Tlemcen, Capitale de la Culture Islamique 2011 »

est placée sous le parrainage de son Excellence

Monsieur Abdelaziz BOUTEFLIKA

Président de la République Algérienne Démocratique et Populaire

Comité d’organisation
Chef du Département des Expositions
Mohammed DJEHICHE

Adjoints du Chef de Département
Meriem BOUABDELLAH
Amine BOUDEFLA
Assistants
Nawel RADJEF
Toufik FADEL

EXPOSITION

Les Manuscrits Scientifiques du Maghreb

Commissariat de l'exposition

Pr Djamil Aïssani, commissaire (CNRPAH)
Bakli Mohamed Réda (Béjaia)
Djamel Eddine Mechehed (Béjaia)
Hikmet Ali Sari (Tlemcen)
Mohamed b.a. Baghli (Tlemcen)
Bernard Cesari (Paris)
Hocine Djermoune (Béjaia)

Conseillers scientifiques

Slimane Hachi (Alger)
Saïd Chibane (Alger)
Association Gehimab (Béjaia)

Scénographie

Zinedine Seffadj, Mehdi Lebid

Musique

La Bacchanale de Camille Saint-Saëns

Illustrations et Maquettes

Djamel Bouali, Tahar Khalfaoui, Ali Tabchouche, Khoudir Bourihane, Djamel Eddine Mechehed, Lyes Tariket

Infographie

Helium, Nassima Daïri, Bernard Cesari

Photographie

Djamel Tareb, Studio Photo Le Blaça

Informatique

Daïri Nassima, Halima Berri, Samia Madi

Gestion des objets, manuscrits et documentation

Afniq n'Ccix Lmuhub
Musée Bordj Moussa (Mer Yacine Sidi Salah)
Musée de Tlemcen
Musée de Sétif
Musée de Cirta
Musée de la Qal`a des Béni Hammad
Khizana de la Zawiyya d'al-Hamel (Bou Saada)
Bibliothèque Nationale El Hamma

Lecture, révision et traduction des textes

Ilham Chadou, Djamil Aïssani, Djamel Eddine Mechehed, Mohamed Réda Bekli, Abdelkrim et Hocine Djermoune, Halima Berri

Auteurs des articles

Mehdi Abdeldjaouad (Université de Tunis)
Djamil Aïssani (CNRPAH Alger)
Rachid Bebbouchi (USTHB Alger)
Mohamed Réda Bekli (Université de Constantine)
Eva Caianiello (Milan)
Ilhem Chadou (Université de Constantine)
Aïcha Chaoui (USTHB Alger)
Giovanna Cifoletti (EHESS Paris)
Hocine Djermoune (Université de Siena)
Ezzaim Laabid (ENS Marrakech)
Pauline Romera-Labret (Université de Nantes)
Djamel Eddine Mechehed (Gehimab Béjaia)
José Samso (Université de Barcelone)
Judith Scheele (Université d'Oxford)
Jacques Sesiano (EPF Lausanne)
Dominique Valerian (Univ. de la Sorbonne, Paris)
Norbert Verdier (Université Paris Sud)
Hamza Zeghlache (Université de Sétif)

Remerciements

À toutes les personnes et aux institutions qui ont apporté leur contribution à la production de cette exposition :

Musée de Béjaia
Musée de Tlemcen
Musée de Cirta
Musée de Sétif
Musée de la *Qal`a* des Béni Hammad
Bibliothèque Nationale – El Hamma
Khizana de la *Zawiyya* d'al-Hamel (Bou Saada)
Afniq n'Ccix Lmuhub
Bibliothèque Royale de Rabat
Bibliothèque Générale de Rabat
Bibliothèque Nationale de Tunis
Musée des Sciences et des Techniques – Istanbul
Bibliothèque de l'Escurial
Bibliothèque de Palma de Majorque
Association Gehimab de Béjaia

Table des matières

La célèbre rencontre aux Indes entre le voyageur marocain Ibn Battuta et le médecin de Béjaïa Djamel Edine al-Maghrébi (XIVᵉ s).

Préface

Le Maghreb a pris du retard dans la prise en charge de ses manuscrits. Ce constat tient particulièrement pour l'Algérie. Cependant, un travail de fond sur le terrain a abouti à une prise de conscience générale. En effet, depuis quelques années, une action intégrée a été initiée par les pouvoirs publics, et notamment par les institutions dépendantes du Ministère de la Culture, pour localiser les manuscrits, les cataloguer, les restaurer, les préserver et les étudier. Des laboratoires spécialisés ont été créés à travers le territoire national pour tracer la carte des manuscrits du Pays. Un programme de recherche spécifique du CNRPAH Alger a permis des progrès significatifs dans certains domaines. À titre d'exemple, l'organisation régulière du Colloque International « *Soufisme, Culture, Musique* » a médiatisé le travail d'identification des manuscrits de *Tassawuf* du Maghreb. De même, un inventaire des manuscrits d'astronomie avait été réalisé dans le cadre de l'Année Mondiale d'Astronomie (2009), avec en perspective, l'édition du fameux traité *Ma'alim al-Istibsar* d'ash-Shellati (XVIII^{e} siècle). Un autre fait marquant est la publication récente du catalogue sur les manuscrits de la Kabylie, avec comme particularité la localisation de nombreux manuscrits de langue berbère.

Dès le lancement de la manifestation « *Tlemcen, capitale de la culture islamique 2011* », le Commissariat avait initié un projet qui a permis de découvrir que notre pays dispose d'une collection unique de manuscrits précieux du Coran, conservés dans plusieurs *Khizanat* réparties sur le territoire national.

Le projet de production de l'exposition « *Les Manuscrits scientifiques du Maghreb* » est venu compléter le dispositif. Il permet de mettre en avant le travail réalisé dans le cadre de l'axe de recherche sur l'histoire des sciences, créé dès 2003 (au niveau du CNRPAH Alger), à la demande du Ministère de la Culture. Un vaste programme d'investigations complémentaires, à travers la mise en place d'un réseau méditerranéen et la fréquentation de certaines bibliothèques spécialisées (Maroc, Tunisie, Espagne, Turquie) a permis de mieux appréhender la problématique.

À travers une quarantaine de panneaux, on découvre une facette inconnue du Maghreb. Le contexte est mis en place pour bien situer les lieux (centres d'enseignement supérieur), les institutions (Universités, *Médersa, Zawiyya*), les *Khizanat* (Bibliothèques savantes de manuscrits) et les sources bio-bibliographiques. Une attention particulière est accordée aux spécificités des manuscrits du Maghreb : *Khatt magribi, Sharh* et *Ikhtisar, Isnad* et *Idjaza*, numération, symbolisme… Pour chacune des 24 disciplines identifiées, il est mis en avant un nom (de savant), un titre (d'un livre) et une particularité (du manuscrit). On apprend l'existence de disciplines jusqu'alors insoupçonnées : science des héritages, mathématiques commerciales, carrés magiques, méthodes de navigation, construction navale, musique, science de l'eau… L'évocation ne se limite pas aux Centres scientifiques habituels (Kairouan, Mahdiya, Tunis, *Qal'a*, Béjaia, Tlemcen, Marrakech, Fès, Ceuta), mais aborde le pays profond : Sfax, Annaba, Constantine, Biskra, Bou Saâda, Sud-Est de la Kabylie, Vallée de la Soummam, Touat, Meknès, Tatouan, Tamgrout… Une attention particulière est accordée à la ville d'Alger, à travers le fameux « *Voyage d'étude magrébin* » d'Ibn Hamadouche et les constructions de « *l'Algerine Chebec* ». Enfin, les rapports (des manuscrits maghrébins) avec l'Andalousie, l'Afrique Sub-Saharienne, l'Orient et l'Europe n'ont pas été oubliés. Pour preuve la place consacrée au « dernier des mathématiciens », l'andalou al-Qalasadi à travers ses liens avec Tlemcen, l'Egypte, l'Orient et la Tunisie.

Ce travail scientifique et artistique exceptionnel, réalisé dans le cadre de la manifestation « *Tlemcen, capitale de la culture islamique 2011* » pour l'inauguration du Centre National de Recherche des Études Andalouses de Tlemcen, place très haut les retombées attendues de cette nouvelle institution. Pour marquer cet événement, je propose que la dynamique de coopération mise en œuvre puisse être exploitée pour la célébration particulière du 550e anniversaire de la mort de l'astronome al-Habbak et du 600e anniversaire de la naissance du mathématicien al-Qalasadi.

Khalida Toumi, Ministre de la Culture

Intérieur d'école arabe à Constantine.
Aquarelle et mine de plomb de Théodore Chassériau, 18 – Paris, musée du Louvre, département des Arts graphique.

Les manuscrits scientifiques du Maghreb

« Mes ouvrages (...) rédigés, copiés ou achetés (...) doivent servir à ceux qui possèdent des connaissances et à ceux qui recherchent le savoir »

Lmuhub Ulahbib, 1852

Tableau d'Étienne Dinet*

Il y a plus de trois millions de manuscrits musulmans de par le monde. C'est dix fois plus que les manuscrits latins et cent fois plus que les manuscrits grecs. Cependant, la plupart de ces manuscrits musulmans n'ont pas encore fait l'objet d'inventaire bibliographique et encore moins d'analyse.

Parmi les manuscrits disponibles, il est nécessaire de préciser que moins de 10 % appartiennent à ceux qu'on appellera « les manuscrits scientifiques ». Ces derniers sont liés aux activités intellectuelles dans le domaine des sciences rationnelles. Il s'agit de prendre en compte les ramifications découlant des disciplines classiques de la tradition grecque (mathématiques, physique, philosophie). C'est le cas par exemple, pour les mathématiques, de l'algèbre, de la trigonométrie, de l'analyse combinatoire… ou bien, pour la physique, des sciences de la vie : médecine et ses différentes branches (anatomie, pharmacopée), de la botanique, de la chimie ou de l'alchimie…

Si l'on distingue les *Sharh* (commentaires) et les *Ikhtisar* (abrégés), on peut alors bien cerner le corpus des manuscrits scientifiques de référence.

Sur la base de multiples commentaires culturels et scientifiques, l'exposition « *Les manuscrits scientifiques du Maghreb* » se propose de faire découvrir au public les particularités des manuscrits ayant un rapport avec l'Afrique du Nord. Chacune des quarante histoires extraordinaires fait connaître une spécificité. Un travail de recensement indique que l'exposition fournit 81 informations scientifiques inédites en rapport avec les livres, les savants, les institutions ou bien les lieux. 35 % concernent l'Algérie, alors que 18 % sont respectivement en rapport avec l'Occident Musulman (Maroc), *l'Ifrikiya* (Tunisie) et l'Andalousie. Enfin, 6 % concernent l'Orient et l'Asie et 5 % l'Europe. Parmi la vingtaine de lieux répertoriés, citons Kairouan, Mahdiya, Tunis, Sfax, *Qal`a* des Béni Hammad, Bougie, Annaba, Constantine, Biskra, Bou Saâda, Alger, Sud-Est de la Kabylie, Vallée de la Soummam, Tlemcen, Touat, Marrakech, Fès, Ceuta, Meknès, Tatouan, Tamgrout…

L'exposition comprend quatre parties. La première concerne le cadre général de conception, de production, de conservation et de catalogage des manuscrits. Il s'agit de faire découvrir les centres d'enseignement supérieur, les institutions scientifiques (Universités, *Médersa*, *Zawiyya*), les *Khizanat* (Bibliothèques savantes des palais et des grandes mosquées, mais également celles des institutions et des lettrés locaux), ainsi que les principaux ouvrages bio-bibliographiques. Ces derniers renferment des informations précieuses qui n'ont pas été suffisamment exploitées.

La deuxième partie aborde les particularités des manuscrits du Maghreb : *Sharh* et *Ikhtisar* (à travers le cas du *Talkhis* du mathématicien marocain Ibn al-Banna), *Maghribi* (écriture maghrébine, à travers les copies de la traduction de *l'Almageste* de Ptolémée), *Isnad* et *Idjaza* (à travers le fameux diplôme - *Idjaza* d'Abdalqadir al-Fasi - 1770) et enfin la Numération (Chiffres *Ghubar* et Chiffres de Fès) et le Symbolisme (en considérant le *Kashf al-Asrar* d'al-Qalasadi).

Dans la troisième partie, nous présentons un ouvrage de référence avec ses particularités dans chacune des 24 disciplines scientifiques répertoriées : Science du

* Le peintre Alphonse-Etienne Dinet (XIXe s.) mémorise l'instant où nos ancêtres attendaient l'apparition du croissant lunaire pour la rupture du jeûne. L'enfant guide les yeux du vieillard.

calcul (Le trait de fraction dans le *Kitab al-Bayan* d'al-Hassar), Algèbre (Les *Urjuza* d'Ibn al-Yasamin), Analyse combinatoire (les dénombrements dans le *Fiqh al-Hisab* d'Ibn Mun`im), Science des Héritages (*Sharh d'al-Hawfy* par al-Uqbani), Astronomie (*Sharh* par as-Sanusi du *Traité sur l'astrolabe* d'al-Habbak), *Mesure du temps* (calendrier solaire dans les traités d'Abi Miqra et d'as-Susi), Astrologie (*Sharh Mandhumat Ibn Abi Ridjal* d'Ibn Qunfudh), Mathématiques commerciales (Le *Liber Abaci* de Léonardo Fibonacci), Méthodes de navigation (Le *Kitab al-Bahrine* de l'amiral Piri Reis), Construction navale (*Dar es-Senaa* et *l'Algerine Chebec*), Musique (*Le traité perdu* d'al-Usuli), Carrés magiques (spécificité du traité d'al-Buni), Histoire des sciences (*La Muqaddima* d'Ibn Khaldun et le début des recherches sur les mathématiques médiévales du Maghreb), Médecine (*Le Kitab al-Fuqara* d'Ibn al-Djazzar), Botanique (Les noms berbères des plantes des traités d'Ibn al-Baytar et d'Ibn Rumiya), Pharmacopée (Le système de poids dans les traités médiévaux), Agriculture (*Le Kitab al-Filaha* d'Ibn al-Bassal), Alchimie (*Le Kitab Shumus al-Anwar* d'al-Ghassani at-Tlemcani), Géologie (Les pierres précieuses dans le *Kitab al-Hidjara* d'at-Tifashi), Science de l'eau (Les *Nawazil* et registres d'eau du Touat), Mécanique – Automates (Les *Mangana* de Fès et de Tlemcen), Architecture (Le *Kitab fi 'Ilm al-Athar'* de Qutb ad-Din), Géographie - cartographie (*al-Gughrafiyya* d'Ibn Sa`id al-Maghribi et le *Nuzhat al-Andhar* d'al-Idrissi), *Rihla* (le voyage scientifique d'Ibn Hamadouche).

Enfin, la quatrième partie concerne les manuscrits « européens » de l'Afrique du Nord, et notamment ceux du XIX^{e} siècle. Dans le panneau présenté, nous comparons les écrits européens et autochtones sur l'observation de l'éclipse totale du soleil de juillet 1860.

Dix-huit auteurs internationaux de renommée établie se sont associés pour réaliser le catalogue. En effet, à travers l'inauguration du *Centre National de recherche des Études Andalouses* de Tlemcen, il s'agira de marquer les célébrations « maghrébines » du 550^{e} anniversaire de la mort de l'astronome tlemcénien al-Habbak (1462–2012) et du 600^{e} anniversaire de la naissance du mathématicien andalou al-Qalasadi (1412–2012).

Djamil Aïssani et Mohammed Djehiche

© Atelier d'écriture Gehimab

Médersa Ya`koubiyya de Tlemcen. Cours d'Ibn Zaghu aux étudiants al-Qalasadi, al-Mashdaly, as-Sanusi et al-Murrakeshi (vers 1440)

LES MANUSCRITS SCIENTIFIQUES DES BIBLIOTHÈQUES DU MAGHREB

Les nombreuses sources épigraphiques et écrites qui nous sont parvenues montrent que le Maghreb a toujours été concerné par les grands évènements qui ont marqué l'espace méditerranéen. Nous pouvons en avoir une idée précise grâce aux. Selon J. Lanfry, le système d'écriture qui a existé, le lybique (d'où est dérivé l'alphabet *Tifinagh*) était déjà oublié chez les berbérophones du Nord lorsque fut introduit l'alphabet arabe au VII^e siècle. Un texte cité d'Ibn Khaldoun fait allusion au fait que les Arabes sont entrés au Maghreb avec les feuillets de la langue écrite qui fixent et diffusent la culture. Les Berbères et les peuples de l'Afrique subsaharienne ont alors pu tracer leurs écrits en utilisant les caractères arabes (cf. [1]).

Après la conquête arabe, c'est Kaïrouan qui dès la fin du VIII^e siècle fait figure de capitale intellectuelle de tout le Maghreb. Elle attire vers l'*Ifrikiya* (ancien nom de la Tunisie) un grand nombre d'érudits, qui vont rapporter les premières copies des Eléments d'Euclide, de l'Almageste de Ptolémée et les premiers ouvrages musulmans. C'est dans cette cité que travailla Ibn Abi Ridjal, connu en Occident sous le nom d'Albohazen et qui vécu jusqu'en 1034. Son *Kitab al-Bari fi Ahkam al-Nudjum*, qui est un vaste recueil de quatre genres d'astrologie, démontre que les connaissances astronomiques d'Orient du IX^e siècle étaient connues dans le Maghreb.

I – Les ouvrages maghrébins témoins du développement de la connaissance

La période médiévale (XI^e – XV^e siècles) a été l'âge d'or du Maghreb. Des cités prestigieuses émergent (Mahdia et Tunis en *Ifrikiya*, la *Qal'a* des Béni Hammad, Bougie et Tlemcen au Maghreb central, Fès et Marrakech en Occident Musulman) et apportent leur contribution au développement de la connaissance. Ainsi, c'est en 1153 qu'est arrivé à Marrakech le célèbre philosophe andalou Ibn Rushd (Averroès). Il semble que se soit sous l'impulsion du Vizir du Sultan Almohade qu'il initia son fameux commentaire d'Aristote. Par ailleurs, c'est à Fès, vers la même période (1160), que le savant juif Maimonide a acquis l'essentiel de sa formation, avant de se rendre en Orient.

Bibliothèque antique de la colonie romaine Thamugadi (Timgad).

Circulation des savants et des idées

Le Maghreb a joué un rôle non négligeable dans la transmission du savoir à travers la Méditerranée. Une des particularités de cette faste époque est la facilité avec laquelle les savants se déplaçaient à travers les principaux centres maghrébins, malgré la fréquence et la violence des conflits. Ainsi, c'est en 1201 à Tunis qu'Ibn Arabi (Murcie 1165–Damas 1241), « pivôt » de la pensée métaphysique en Islam, a rédigé son fameux livre *Insa ad-Dawa'ir*. Rappelons également l'apport de Constantin l'Africain, né à Carthage au XI^e siècle, dans la renaissance médicale en Europe.

De nombreux ouvrages européens, directement liés à l'histoire des rapports entre les deux rives de la Méditerranée, ont été initiés dans le Maghreb. C'est par exemple le cas du *Liber Abaci*, célèbre ouvrage du mathématicien italien Léonardo Fibonacci (1170–1240), qui joua un rôle dans la popularisation des chiffres arabes en Europe. C'est le cas également de la «*disputatio* », célèbre ouvrage du philosophe catalan Raymond Lulle (Palma de Majorque v. 1235–Bougie ? 1315), si important pour l'histoire du dialogue islamo-chrétien. En effet, il présente, certes de manière orientée, la seule discussion méthodique de Lulle avec un savant musulman dont il reste un compte rendu.

Circulation des manuscrits

Quels étaient, à l'époque médiévale, les textes scientifiques orientaux et grecs qui circulaient dans l'Occident musulman ? En médecine, on trouve les ouvrages d'al-Razi, de Hunayn Ibn Ishaq, mais le principal traité est sans aucun doute le *Qanun* d'Ibn Sina. En mathématiques, citons les *Éléments* d'Euclide, les *Coniques* d'Apollonius et le *Livre des lemmes* d'Archimède, ainsi que les ouvrages d'algèbre d'al-Khawarizmi et d'Abu Kamil. En astronomie, on trouve l'*Almageste* de Ptolémée et le *Siddhanta* attribué au mathématicien indien Brahmagupta (598-670), les ouvrages d'al-Battani… Des fragments de l'*Almageste*, d'une écriture maghrébine, sont conservés actuellement à Fès, mais également à Paris, à Londres…

C'est dans ce foisonnement scientifique sans précédent que se développèrent de riches collections de manuscrits au Maghreb, principalement dans les grands centres urbains.

Isnad et ouvrages connus aux XIVe-XVIIIe s.

L'*Idjaza* est un titre de capacité (diplôme, licence d'enseignement) délivré par le maître à ses élèves. Il devait contenir le ou les *isnad* de celui qui le délivre. Son principal intérêt est qu'il permet d'avoir une idée précise sur les principaux ouvrages étudiés. Les *Isnad* représentent une chaîne d'autorités, partie essentielle de la transmission d'une tradition (ou du savoir).

1) L'*Idjaza* d'Ibn al-Banna

La tradition mathématique médiévale du Maghreb a pu être cernée à partir d'un savoir stabilisé. En effet, c'est au cours des XIIIe et XIVe siècles que s'est fixée le contenu de cette tradition et sa pédagogie, sous l'influence déterminante de l'école de Marrakech avec, à sa tête, le célèbre mathématicien Ibn al-Banna' (1256 – 1321), qui sera relayé par ses élèves, puis par ses commentateurs. Plusieurs d'entre eux sont effectivement originaires d'Algérie et de Tunisie.

Abu l'Abbas Ahmed, descendant direct des princes hammadites a été un disciple direct d'Ibn al-Banna'. L'*Idjaza* (diplôme) que lui a délivré son maître, a été retrouvé dans la copie du *Talkhis*, côté 788, du fonds de manuscrits de la Bibliothèque de l'Escurial (Espagne). Ce manuscrit se termine par la mention si précieuse : « *A la fin de l'original, avec lequel cette copie a été collationnée, figure littéralement ce qui suit* :

« Ecrit par Ahmed b.al-Hassan b. 'Abderrahman b. al-Mo 'iz b. al-'Aziz Billah b. al-Mansur b. an-Nasir b. 'Alannas b. Hammad al-Himiyari, le premier jour de II de l'année 702 de l'Hégire (=1302) ». *Puis de la main de l'auteur* : « J'autorise le jurisconsulte… Abul 'Abbas Ahmad b. al-Hassan, ci-dessus nommé, à rapporter, d'après moi mon livre du « *Talhis A'mal al-Hisab* », mon livre « *de la connaissances des temps par le calcul* » ainsi que mon ouvrage « *de l'algèbre* », qu'il a réunis de sa main dans ce recueil… Il a étudié ces livres, sous ma direction, d'une façon précise, et avec maîtrise ». Fait et écrit de la main d'Ahmad b.Muhammad b. 'Utman al-Azdi, le dernier jour de Gumada 1er de l'année 708 H (=1308) ».

2) L'*Idjaza* d'Abd al-Qadir al-Fasi

Selon M. Bencheneb, parmi les cinq *idjaza* qui circulaient chez les savants algériens, une seule avait pour auteur un "occidental". Il s'agit de celle du savant marocain 'Abd al-Qadir al-Fasi, achevée en 1770. La plupart des savants qui y sont mentionnés sont des « occidentaux » et leur *Isnad* nous montrent par quelle voie telle ou telle science (tel ou tel ouvrage) arriva au Maghreb.

Les manuscrits du XIXe et du XXe s.

En raison de l'affaiblissement des connaissances au Maghreb après le XVIe siècle, de nombreux ouvrages de l'époque médiévale resteront des références jusqu'au XIXe siècle. Ainsi, A. Cherbonneau affirmait en 1868 que les traités de science de calcul du mathématicien andalou al-Qalasadi (Grenade 1412–Béja 1486) étaient très nombreux en Algérie. De même, M Souissi écrit que le *Dura al-Bayda* du savant de Biskra al-Akhdari (1512–1585) a été abondamment commenté par les *Cheikh* de la célèbre Université Zitouna de Tunis. A ce niveau, il y a lieu de ne pas dissocier le Maghreb du sud du Sahara et de l'Afrique Occidentale. Ainsi, l'étude réalisée sur les manuscrits qui circulaient en Afrique occidentale (Sénégal) au début du XXe siècle, par E. D. Destaing, ancien directeur de la *Médersa* d'Alger, laisse apparaître globalement les mêmes noms et titres que ceux qui circulaient en Afrique du Nord à cette même période. D'un autre côté, le Commandant Gaden a fourni certains détails sur les "*computs*" en usage en Mauritanie occidentale au début du XXe siècle. Il affirme que le calendrier musulman est le seul d'usage courant et que les lettrés maures abordent volontiers des sujets astronomiques ou relatifs au comput du temps. Ainsi, Ben Abdem, Berbère de l'Ouest, énumère des constellations qui se lèvent au coucher du soleil, et donne, d'après le calendrier Julien, la date où elles deviennent visibles.

Bibliothèque de manuscrits de l'époque médiévale.
Elle se trouve à l'intérieur de la grande mosquée de l'ancienne capitale du royaume des Hammadites, la *Qal'a.*

II – Ecriture, Décor, Matériaux [1]

L'écriture maghrébine

Au X^{e} siècle, l'unité graphique du monde musulman s'est fracturée avec l'apparition en Occident musulman d'une écriture spécifique, le *maghribi*. Cette dernière se caractérise par « *son fin tracé, ses courbes généreuses et une notation différente de quelques lettres* ». Il semble que le *maghribi* soit une dérivation du *coufique* et qu'il s'est répandu en Afrique du Nord au moment ou cette écriture ancienne y était encore employée. Par la suite, le *coufique* ne sera plus utilisée « *qu'à des fins ornementales dans les titres, car elle pare le texte d'un éclat incomparable* ».

Même si des écoles calligraphiques ont occasionnellement existé, les maghrébins n'ont jamais accordé une grande importance à l'art de l'écriture. Cependant, le *maghribi* possède un cachet spécifique : « les graphies sont diverses, depuis celle de petite taille et relativement anguleuse appelée *andalusi* jusqu'aux écritures de plus grand module ».

Le décor

Le décor des manuscrits arabes est une tradition coranique. L'enluminure est d'abord une construction géométrique : cercles, polygones, étoiles dont les lignes génèrent d'autres constructions. Ces motifs de base resteront partout fondamentaux. Les styles au Maghreb sont différents de ceux du Proche Orient. Ils connaîtront à partir du XVI^{e} s. les influences de l'art Ottoman. L'usage des couleurs et de l'or confère au décor un caractère esthétique indéniable, auquel s'ajoute une valeur ésotérique.

Les Matériaux utilisés

Le papyrus (fabriqué à partir d'une plante appelée *Cypertus papyrus)* et le parchemin (produit à partir d'une peau d'animal – mouton, chèvre… – traitée et séchée sous tension) sont les premiers matériaux du livre maghrébin, constitué dès l'origine de cahiers cousus ensemble et très exceptionnellement de rouleaux. Après le X^{e} siècle, le papier se substitue progressivement à ces matériaux et permet une grande diffusion du livre. Le parchemin persista néanmoins au Maghreb, notamment dans les communautés non musulmanes.

III – Particularité des manuscrits scientifiques maghrébins : le symbolisme

Vers le milieu du XIXe siècle, le célèbre historien des sciences F. Woepcke analysait le manuscrit « si précieux », *Kashf al-Asrar* du mathématicien andalou al-Qalasadi et levait le voile sur le symbolisme alors utilisé au Maghreb par les mathématiciens du Moyen Âge. En effet, l'utilisation d'un certain symbolisme pour exprimer les concepts essentiels était l'une des principales caractéristiques de l'enseignement mathématique dans le Nord de l'Afrique au Moyen Âge. Le mathématicien Al-Hassar est en science du calcul « *le premier maillon important de la tradition mathématique maghrébine* ». Son *Kitab al-Bayan wa t-Tadhkar* (le livre de la démonstration et de la remémoration), plus connu sous le nom d'*al-Hassar as-Saghir*, est probablement « *l'un des plus anciens écrits pouvant témoigner de l'activité mathématique au Maghreb* ». La première partie de cet ouvrage traite des chiffres *Ghubar* (chiffres de poussières qui étaient utilisés en Occident musulman – Maghreb et Andalousie) et de leurs différentes significations (selon la position du nombre). C'est à Montpellier que ce traité a été traduit en hébreu par Ibn Tibbon en 1271. Al-Hassar est l'auteur d'un deuxième traité, *al-Kitab al-Kabir*, et ou l'on signale l'existence de certains symboles arithmétiques (chiffres, traits de fraction). Or le genre de symbole que l'on retrouve déjà au XIIe siècle chez al-Hassar semble avoir joué chez Léonardo Fibonacci (1170 – 1240) un certain rôle (c'est le cas des fractions continues ascendantes – Léonardo les appellent « *fractiones in gradibus* » - fractions en degrés).

Rappelons que c'est le mathématicien andalou al-Qalasadi (1412 – 1486) qui popularisa le symbolisme dans la manière d'écrire les équations : la lettre *Shin* – abréviation de *Shay* (chose) – désigne l'inconnue (x), la lettre *Mim* (*Mal*) correspondant à x^2, la lettre *Kaf* (*Kaab*) à x^3, la lettre *Lam* (*Ta'dil*) représente le signe =, alors que la lettre *Jim* (*Djadhr*) concerne le signe racine carré. Précisons ici que ce symbolisme apparaît au Maghreb plus d'un siècle avant le début de la symbolique européenne.

IV – Les Bibliothèques maghrébines

Les *Khizanat* (bibliothèques) du Maghreb conservent un fonds de manuscrits inestimable. Parmi les manuscrits disponibles, il est nécessaire de préciser que moins de 10% appartiennent à ceux qu'on appellera « *les manuscrits scientifiques* ». Ces derniers sont liés aux activités intellectuelles dans le domaine des sciences rationnelles. Il s'agit de prendre en compte les ramifications découlant des disciplines classiques de la tradition grecque (mathématiques, physique, philosophie). C'est le cas par exemple, pour les mathématiques, de l'algèbre, de la trigonométrie, de l'analyse combinatoire,… ou bien, pour la physique, des sciences de la vie : médecine et ses différentes branches (anatomie, pharmacopée), de la botanique, de la chimie/alchimie… (voir [4]).

Les bibliothèques maghrébines du Moyen Age

Durant le Moyen âge, de nombreuses bibliothèques (*Khizanat al-Kuttub*) ont existé dans les grands centres urbains des royaumes maghrébins. Certaines d'entre elles, fondées et entretenues par les princes, se trouvaient soit au niveau des palais, soit dans les grandes mosquées. Ainsi, en parlant d'un ouvrage, al-Gubrini, célèbre bio-bibliographe de Bougie au XIIIe siècle, rapporte que "*ce Naskh, appartient au fond de la Khizana as-Sultania, que Dieu la garde et la préserve*". Ces bibliothèques contenaient "*des livres précieux traitant de diverses sciences*". En effet, ces fonds disposaient de nombreux manuscrits illustrés. Les souverains et les princes entretenaient des ateliers qui réunissaient les meilleurs copistes et les meilleurs artisans chargés de la confection des manuscrits. Le prix des matières premières (or,..) et l'entretien des artistes supposent toujours un commanditaire riche et bibliophile. Précisons néanmoins que ces *Khizana* étaient en général destinées à une élite et ne duraient pas longtemps.

La deuxième catégorie de *Khizana* sont les anciennes collections des fonctionnaires (Qadi, Muphty,…), ainsi que quelques collections privées (Imam, érudit,…). Les copies illustrées sont moins précieuses, car les copistes locaux n'avaient pas de formation spécifique dans l'art du décor et de la calligraphie. Notons également la rareté et la cherté des matériaux dans les marchés locaux.

Par contre, la troisième catégorie de *Khizana*, à savoir les bibliothèques des Mosquées, des *Zawiyya* et des *Médersa,* avait un rôle social plus considérable. Elle a joué un rôle fondamental dans la diffusion des connaissances au niveau de la masse. Les fonds documentaires étaient alimentés par l'achat de manuscrits dans les *Souks* ou plus fréquemment par la copie d'ouvrages. Ces fonds étaient cependant exposés à des causes diverses de dégradation et de perte. De nombreux ouvrages se perdaient "*par la pluie et la main des hommes*".

Les bibliothèques maghrébines du XIX^{e} s.

A la fin du XIX^{e} siècle et au début du XX^{e} siècle, un travail considérable a été réalisé par certains orientalistes pour ”*dresser l'inventaire universel et méthodique des richesses bibliographiques du Maghreb*”. Ce travail semble avoir commencé en 1882 par la mission scientifique de René Basset et O. Houdas. Cette dernière, initiée par le ministre Français de l'Instruction Publique, avait pour but de ”*recenser les manuscrits arabes existant dans les bibliothèques de la Régence de Tunis*”. Par le suite, l'Académie des Inscriptions et des Belles Lettres recommandait “*la rédaction d'un catalogue complet et, autant que possible raisonné des bibliothèques et collections particulières de l'Algérie et de la Tunisie*”.

René Basset évoque les difficultés rencontrées pour avoir accès aux différentes collections que lui même et ses collègues ont catalogué. Il est notamment persuadé “*qu'à l'arrivée de l'armée française, les fonctionnaires ecclésiastiques musulmans se hâtent de faire disparaître les livres qui avaient pu échapper aux dévastations antérieures et d'en enrichir leurs bibliothèques particulières*”.

Parmi les bibliothèques publiques cataloguées à cette époque :

– *Les deux bibliothèques de l'Université Zitouna de Tunis. Une de ces bibliothèques (fondée aux environs de 1840), provient des collections de Hussein Khodja et la seconde a été constituée par le général Kheir-Eddin. Le catalogue de cette dernière a été publié à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1867 ;*

– *La bibliothèque musée d'Alger ;*

– *Les bibliothèques des Médersa de Tlemcen et d'Alger, de Bou Djad (Neigel) ;*

– *Les bibliothèques de la Grande Mosquée d'Alger et de deux mosquées de Fès ;*

– *Les bibliothèques des Zawiyya de 'Ain Madhel Temacin, de Wargla, de Adjadja et de la Zawiyya d'al-Hamel.*

Parmi les bibliothèques privées cataloguées, figurent celles de Cheikh 'Addhoum (Kairouan - 84 titres), Cheikh Sidia (Sahara - 512 manuscrits), le Bach-agha des Ouled Nayl- Si Belqacem Ben al-Ahreuch (Djelfa), ainsi qu'une bibliothèque de Tanger et plusieurs bibliothèques du département d'Oran (cataloguées par O. Houdas).

La bibliothèque de Cheikh Sidia, dont l'influence s'étendait au nord du Sahel soudanais et à l'est d'Adrar, comprenait 683 ouvrages imprimés et 512 manuscrits. C'est une bibliothèque maghrébine de type très accusé

Adjwibat Muhammad Ibn Sahnun Ben Sa 'id (m.256h/870) Qayrawani. copie datée du XVIII^{e} siècle. Ms F n°f 01

et la supériorité des ouvrages imprimés s'explique par la révolution commencé à la fin du XVIII^{e} siècle par les imprimeurs de Stambul, reprise par les typographies bon marché du Caire au XIX^{e} siècle.

Beaucoup plus tard, au milieu du XX^{e} siècle, les bibliothèques de manuscrits du Mzab ont fait l'objet d'une attention particulière. C'est le cas notamment de la bibliothèque *Qutb* de Beni Isguen et de plusieurs bibliothèques privées [Cheikh Salih Ba'mara (Melika), Ibrahim b. Bakir (Beni Isguen)…].

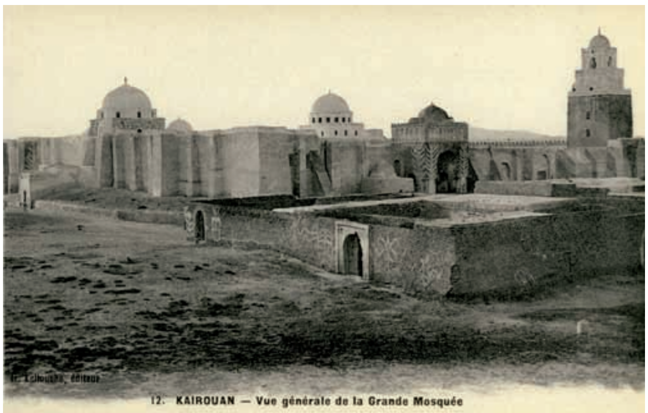
Bibliothèques détruites et Manuscrits perdus

Plusieurs sources identifiées font état de l'importance du fonds des manuscrits de la *Zawiyya* de Chellata (près de Béjaia). C'est le cas par exemple de Belkacem Ben Sedira qui affirmait vers 1885 que “*le fils de Ben 'Ali Sherif lui avait fait visiter la bibliothèque de Chellata et lui avait permit d'en relever la catalogue*”. Dans son ouvrage, l'astronome Muhammad Ben 'Ali Sherif donne des informations précises sur sa contribution à l'essor de cette bibliothèque au milieu du XVIII^{e}

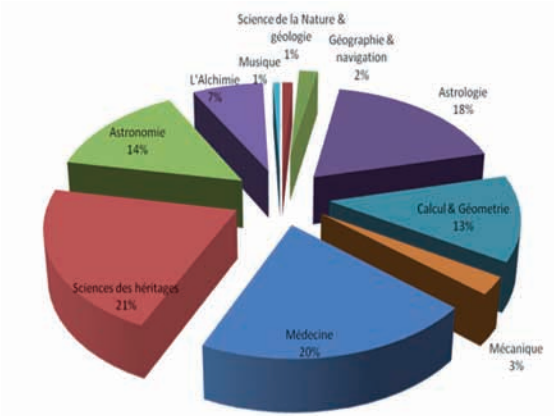
siècle : « *J'ai assemblé tout ce que j'ai pu recueillir des diverses sciences, sur des planches et des feuillets éparpillés* ». Il fait apparaître ses appréhensions «*Après un long labeur consacré au recueil et à la copie, et par crainte de pertes et de disparition…* ».

Le géomètre Français Eugène Dewulf, membre fondateur de la Société Mathématique de France, était en poste à Béjaia vers 1865. Il a notamment participé à la fantastique aventure intellectuelle du XIXe siècle, dont l'objectif était de retrouver le fameux manuscrit *an-Nubda al-Muhtaja fi Akhbar Sanhadja bi Ifrikiya wa Bijaya*. Son auteur est l'historien Ibn Hammad (1150 – 1230), descendant direct des princes hammadites. Cette source, encore aujourd'hui considérée comme perdue, a été utilisée par plusieurs historiens postérieurs (Ibn Idhari, Ibn Khaldun,…). Après avoir effectué des recherches en Allemagne, en Italie et en France, Dewulf affirmait dans une correspondance datée de 1865 qu'il était sur le point de le retrouver « *dans une très ancienne école Kabyle, dans la Zawiyya de Chellata* ». En effet, il précise que « *le marabout auquel appartient cette Zawiyya m'a affirmé qu'il a en possession le manuscrit que je cherche et qu'il me l'enverra* ».

La Bibliothèque de Chellata a été brûlée en 1957 par l'armée coloniale, lorsque les Français se sont aperçus que les Ben 'Ali Sherif jouaient un double jeu. « *Les femmes de Chellata peuvent vous le préciser, elles qui ont porté elles mêmes les manuscrits au bûcher à l'entrée du village, sous la contrainte de l'armée* ».



La Grande Mosquée de Kairouan. La découverte en 1956 d'un ancien inventaire daté de 693h./1293 permet d'avoir une idée assez précise du contenu du fonds de la bibliothèque de cette mosquée



Manuscrits scientifiques de la bibliothèque Nationale de Tunis. On remarque la prédominance des ouvrages de médecine, des sciences des héritages, d'astrologie et d'astronomie.

V - Les bibliothèques de Tunisie

Bibliothèque de la Grande Mosquée de Kairouan

La Bibliothèque de la Grande Mosquée de Kaïrouan a été évoquée par de nombreux *Uléma* célèbres. Ainsi, le voyageur marocain Al-Abdari, qui passe à Kairouan aux environs de 690h./1290, décrit les somptueux manuscrits qu'il a pu admirer. Les ouvrages conservés aujourd'hui à *Raqqada* sous la mention « *Kutub min al-Maktaba al-'Atiqa* » (Livres de la vieille bibliothèque) constituent un fond d'environ 1 300 manuscrits.

Le fonds ancien des manuscrits de la bibliothèque de la Grande Mosquée de Kaïrouan – La Mosquée Sidi 'Uqba – a été retrouvé dans la *Maqsura*, une petite pièce située à droite du *Mihrab* de la salle de prière en 1897 par Muhammad Bayram Bey. L'inventaire réalisé en 1901 fait état de 39405 feuillets coraniques, 3774 feuillets d'ouvrages de science, ainsi que de divers feuillets dispersés, très abîmés. Cependant, en 1956, la découverte d'un ancien inventaire daté de 693h./1293 permet d'avoir une idée assez précise du contenu de ce fonds kaïrouannais, composé essentiellement de manuscrits des IIIe/IXe – IVe/Xe siècles. Cet inventaire est actuellement en dépôt au Centre d'Etudes de la Civilisation des Arts Islamiques de *Raqqada*. Il a été rédigé sur onze folios de parchemin (format 23,5 x 32,2) dont seulement neuf nous sont parvenus. Ce document, qui est l'une des plus vieilles listes de ce genre à nous être parvenue, «*est très sobre, la reliure est simple, l'écriture maghrébine à l'encre brune est lisible, sans être pour autant soignée* ».

La Bibliothèque Nationale de Tunisie

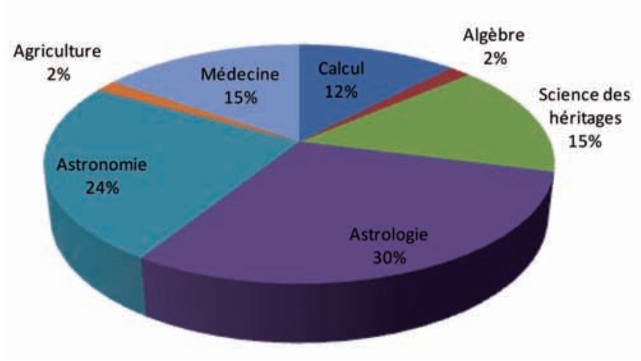
La Bibliothèque Nationale de Tunisie a été créée en 1885. Elle comprend 22845 volumes manuscrits (près de 40 000 titres). Ce fonds manuscrit est d'une diversité de langues : Arabe, Turc, Persan, Hébreu. Il couvre des domaines différents.

Les manuscrits sont échelonnés entre le X^e et le XIX^e siècles. Le site internet de la B.N.T présente au public des spécimens de manuscrits rares. C'est le cas du *Kanun al-Asfiya fi Ilm Naghamat al-Adhkiya* par Mahmud b. Muhammad al-Siyala al-Safakusi (en vie en 1270h./1874). Il s'agit d'un traité de musicologie abordant la théorie et esthétique de la musique Tunisienne et Maghrébine. Ce manuscrit a été écrit par l'auteur lui-même et illustré de miniatures d'instruments de musique (Luth).

Parmi les manuscrits scientifiques maghrébins de références figurant dans cette bibliothèque, citons plusieurs *Sharh* (commentaires) de la *Dura al-Bayda* du mathématicien de Biskra al-Akhdari (1512 – 1585), plusieurs *Sharh* du *Bughyat at-Tulab fi 'Ilm al-Astrulab* d'al-Habbak (notamment celui d'as-Sanusi), le *Sharh* du mathématicien tlemcénien 'al-Uqbani sur le traité en science des héritage d'al-Hawfi (mort en 1192)… Parmi les ouvrages orientaux, citons des traités de navigation.

VI - Les bibliothèques d'Algérie

Contrairement à ses voisins marocain et tunisien, l'Algérie a pris un retard considérable dans la préservation de ses manuscrits. Ce n'est que récemment que des projets ont été formulés pour prendre en charge les 12 000 manuscrits de la région d'Adrar (Sahara). L'une des plus



Manuscrits scientifiques d'*Afniq n'Ccix Lumhub*. On remarque la prédominance des ouvrages d'astrologie et d'astronomie.

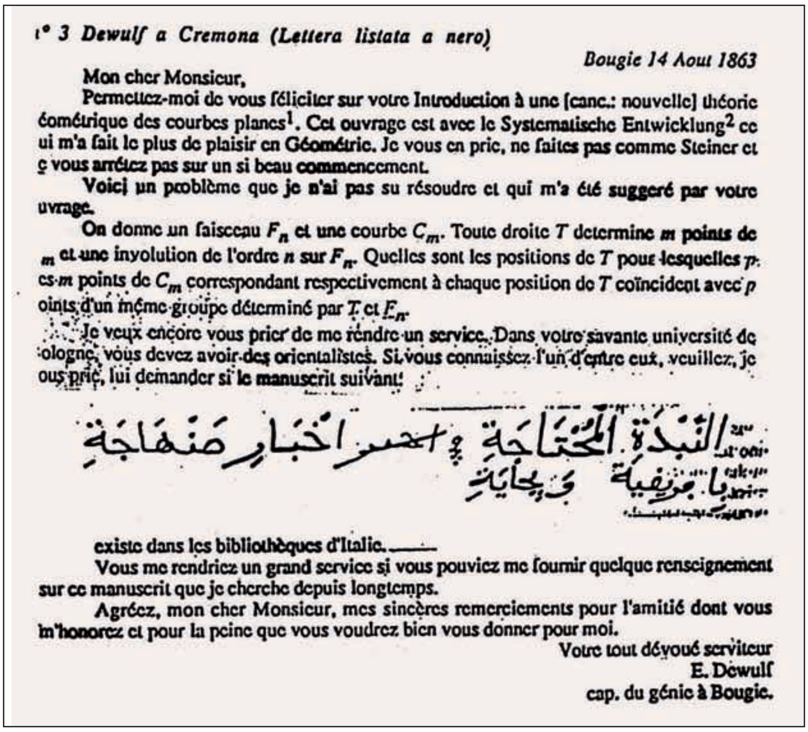
importantes collections du pays appartient à feu Mehdi Bouabdelli (Arzew). Selon certaines sources proches des Archives Nationales, son fonds comprendrait plus de 3 500 manuscrits, dont 800 environ appartiennent à la région de Béjaia. En effet, Bouabdelli avait localisé et emprunté les manuscrits des familles bougiotes à la fin des années soixante dix, alors qu'il était Muphty de Sidi Soufi. Malheureusement, il ne les a pas restitués à la fin de sa mission.

Afniq n'Ccix Lumhub (bibliothèque d'un lettré)

"*Dans ce pays, (…), sans savants, sans traditions savantes et même sans livres*". Ainsi s'exprimait le Président de la Société Historique Algérienne (coloniale) lors de la séance inaugurale de l'Assemblée Générale de la Société, le 23 avril 1863. Au moment où A. Berbrugger prononçait ces paroles, il existait au

La *Khizana* de Cheikh Lmuhub contenait au milieu du XIX^e siècle plus de 300 manuscrits

Répertoire des manuscrits de la bibliothèque de Cheikh Lmuhub rédigé par son fils à la fin du XIX^e siècle. Ms. DVS n° 06



1° 3 *Dewulf a Cremona (Lettera listata a nero)*

Bougie 14 Aout 1863

Mon cher Monsieur,

Permettez-moi de vous féliciter sur votre Introduction à une [canc.: nouvelle] théorie éométrique des courbes planes[1]. Cet ouvrage est avec le Systematische Entwicklung[2] ce ui m'a fait le plus de plaisir en Géométrie. Je vous en prie, ne faites pas comme Steiner et ç vous arrêtez pas sur un si beau commencement.

Voici un problème que je n'ai pas su résoudre et qui m'a été suggeré par votre uvrage.

On donne un faisceau F_n et une courbe C_m. Toute droite T determine m points de m et une involution de l'ordre n sur F_n. Quelles sont les positions de T pour lesquelles p es m points de C_m correspondant respectivement à chaque position de T coïncident avec p oints d'un même groupe déterminé par T et F_n.

Je veux encore vous prier de me rendre un service. Dans votre savante université de ologne, vous devez avoir des orientalistes. Si vous connaissez l'un d'entre eux, veuillez, je ous prie, lui demander si le manuscrit suivant:

النبذة المحتاجة في اخبار صنهاجة
بافريقية وبجاية

existe dans les bibliothèques d'Italie.

Vous me rendriez un grand service si vous pouviez me fournir quelque renseignement sur ce manuscrit que je cherche depuis longtemps.

Agréez, mon cher Monsieur, mes sincères remerciements pour l'amitié dont vous m'honorez et pour la peine que vous voudrez bien vous donner pour moi.

Votre tout dévoué serviteur
E. Dewulf
cap. du génie à Bougie.

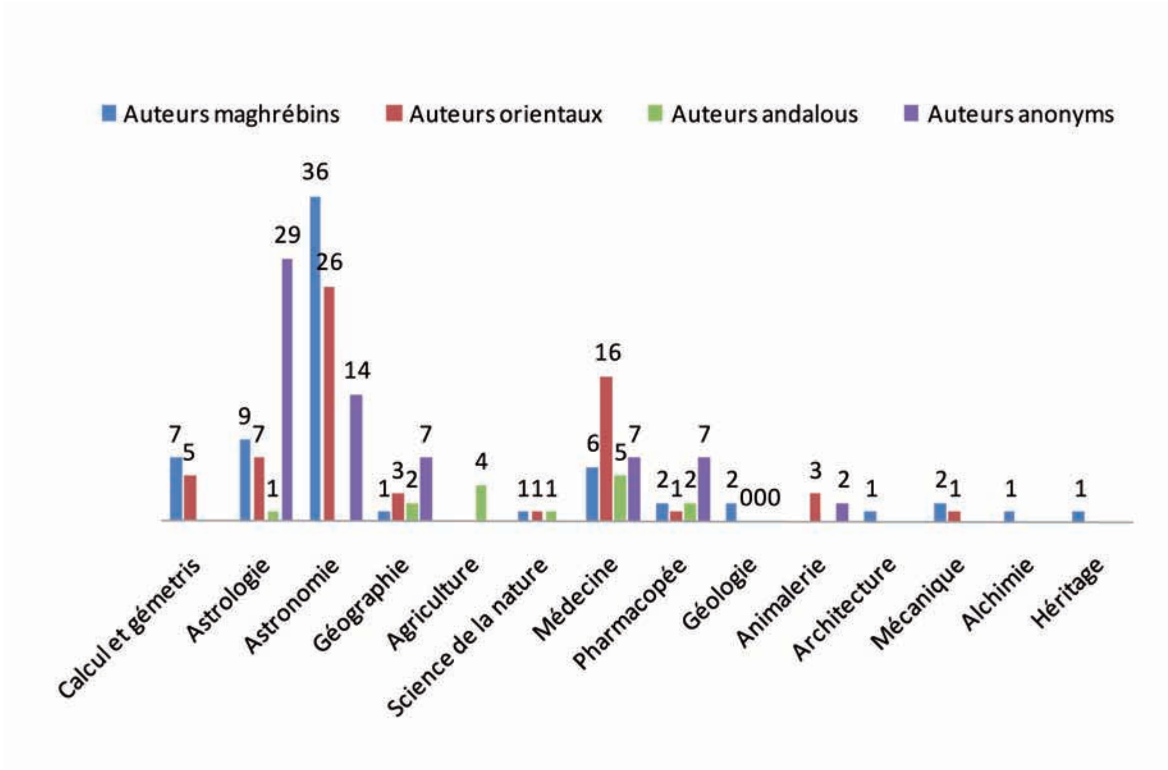
La célèbre *Khizana* (Bibliothèque) de la *Zawiyya* de Chellata (XVIII^{e} siècle). C'est ici que le géomètre Eugène Dewulf est venu en 1865 rechercher le manuscrit perdu d'Ibn Hammad (1150 – 1230) sur l'histoire du Maghreb.

fin fond de la Kabylie une bibliothèque fonctionnelle de plus de trois cent (300) titres, dont beaucoup étaient considérés par les orientalistes de l'époque comme "*excessivement rare*", "*très précieux*" ou "*seul exemple*". Tous les domaines du savoir y étaient représentés par les auteurs (du monde musulman) les plus classiques de l'époque. De l'Andalousie à l'Extrême Orient et du IX^{e} au XIX^{e} siècle, la diversité des origines des auteurs (et des périodes de rédaction des ouvrages) est un bon indicateur de l'étendue des connaissances qui étaient alors à la disposition des érudits. En particulier, les écrits des auteurs de Kabylie permettent d'avoir une idée assez précise du niveau du milieu intellectuel de la région.

En plus des vingt trois disciplines répertoriées, la bibliothèque comprend des ouvrages divers (copies du Coran, voyage, éducation sexuelle, pratique de la correspondance, confection de manuscrits,…). Les écrits de lange berbère et les traités de mathématiques (algèbre, science du calcul, géométrie, science des héritages, astronomie, astrologie) sont probablement les joyeux de la collection.

Par ailleurs, de nombreux documents permettent d'effectuer une véritable incursion dans le XIX^{e} siècle : Pactes d'héritages, Actes notariés, *Waqf*, Etat-civil, Correspondances, textes de *Khotba*, pactes de réconciliation,… Des dizaines de témoignages répertoriés donnent des informations précises relatives à l'histoire locale (insurrection se 1871, famine de 1871, épidémie de 1753, arrivée des criquets en 1850, prix des produits, technique de calcul,…) et permettent de reconstituer le milieu intellectuel de l'époque. A tout cela, il faut ajouter le recueil de plusieurs objets en rapport avec la bibliothèque : *Afniq* (coffre en bois), *Leqlam uɣanim* (roseau de bambou), *Talwaht* (planche), *Ssmex* (encre)…

La Khizana (bibliothèque) de Cheikh Lmuhub a été incendiée en 1957 par le pouvoir colonial. Parqué dans un camp, son héritier Lmehdi, demanda à sa bru de "*sauver ses livres*". Zahira transporta alors les manuscrits restants sur son dos et ira les "enterrer" loin *d'Axxam Udellas*. Ce n'est qu'en 1994 que les manuscrits, dans un état de détérioration très avancé, sont ramenés à Béjaïa par l'Association Gehimab (en accord avec la famille Ulahbib) pour y être reconstitués (le plus souvent feuillet par feuillet), restaurés, répertoriés et analysés dans le cadre de projets internationaux. Ils sont aujourd'hui regroupés au sein de la Collection Ulahbib. Le catalogue de cette collection est divulgué en avant-première dans l'exposition *Afniq n Ccix Lmuhub* (1996). La bibliothèque y est présentée dans son environnement naturel : le petit village Kabyle de *Tala Uzrar* (la source aux galets) où elle a été constituée, ouvrage par ouvrage, au fil des ans. "*Mes ouvrages (…) rédigés, copiés ou achetés (…) doivent servir à ceux qui possèdent des connaissances et à ceux qui recherchent le savoir*" écrivait *Ccix* Lmuhub en 1852. "J'interdis tout ajout ou rature !". Que ta volonté soit faite !



Manuscrits scientifiques de la BNA. On remarque la prédominance des traités d'astronomie, notamment ceux produits au Maghreb.

La Bibliothèque Nationale d'Alger

C'est en 1835 qu'André Berbrugger a été chargé de la fondation d'une bibliothèque nationale à Alger. Bibliothécaire sans livres ni lecteurs, Berbrugger occupera ses nombreux loisirs à suivre les colonnes de l'armée, recueillant ça et là les précieux manuscrits qui formeront le noyau du fonds de la Bibliothèque Nationale d'Alger. Par la suite, ce fonds s'enrichira des collections d'érudits, telles que celle du *Muphty* d'Oran Hasan Bulahbal, ou celle d'Ali Ben El Hadj Moussa.

A l'indépendance, la Bibliothèque Nationale comprenait 2334 manuscrits. Elle en compte aujourd'hui environ 4000. Parmi eux, signalons les manuscrits suivants d'auteurs maghrébins : Le *Talkhis* d'Ibn al-Banna et le *Sharh* d'Ibn Qunfud sur l'*Urjuza* d'Ibn al-Yasamin (mathématiques), le *Minhaj* d'Ibn al-Banna et un abrégé du *Zij* d'Ulugh Beg (astronomie sphérique), Al-Bari' d'Ibn Abi al-Rijal (astrologie), l'*Urjuza* d'al-Habbak et le *Sharh* d'as-Sanusi (astrolabe), un abrégé de l'ouvrage du géographe 'al-Idrissi (géographie), le traité sur les pierres précieuses d'at-Tifashi (géologie), le traité sur l'artillerie de Rais Ibrahim…

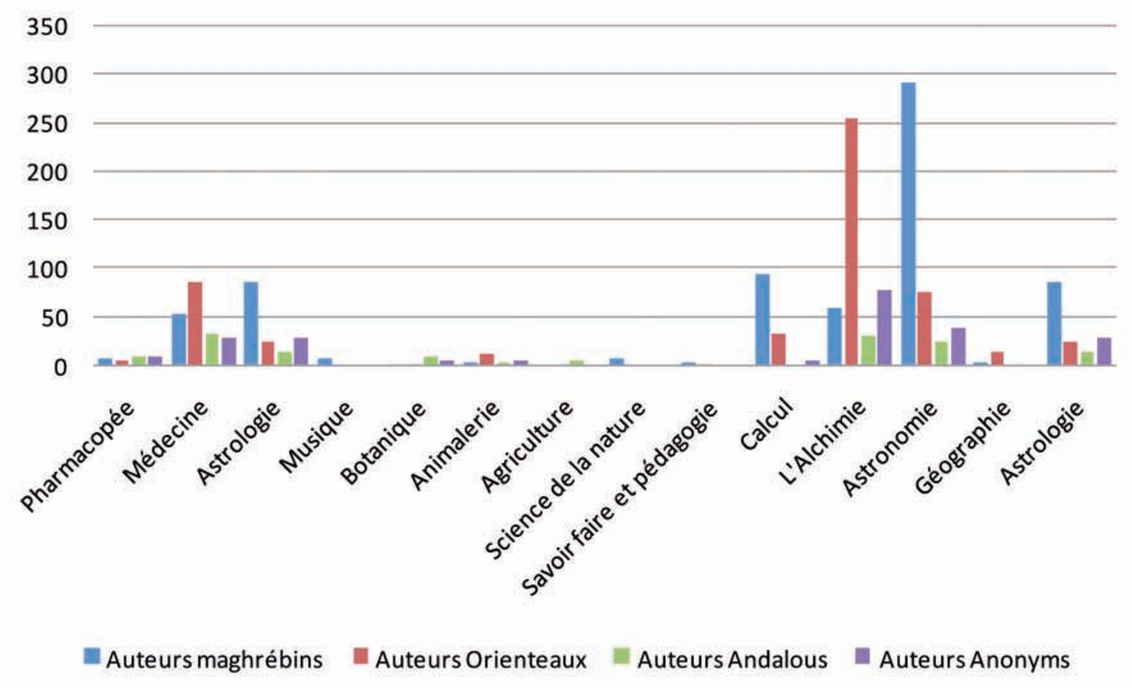
La Bibliothèque *al-Qassimiya* d'al-Hamel

La *Zawiyya* d'al-Hamel, près de Bou Saâda, est l'une des plus réputées en Algérie. Elle a été fondée en 1863 par le Cheikh Muhammad al-Tayeb ben Abī al-Qāssam (1824-1897). Ce dernier avait poursuivi ses études à la *Zawiyya* du Cheikh Sa'īd Boudaoud à Taslent (Vallée de la Soummam). Il y obtint en 1844 une *Idjaza* (diplôme – licence). Selon al-Hafnaoui, la *Zawiyya* de Taslent « *était en Algérie centrale et orientale la meilleure de toutes les Zawiyya de ces trois derniers siècles* ». Parmi les nombreuses personnalités qui ont fait leurs études à la Zawiyya d'al-Hamel, citons le prolifique astronome Muḥammad al-Makki ben 'Azzuz (1854-1916).

La *Khizana* (Bibliothèque de manuscrits) *al-Qassimiya* de la *Zawiyya* d'al-Hamel est actuellement l'une des plus importantes en Algérie. Elle contient plus de mille manuscrits, dont plusieurs traités en astronomie, en mathématiques, en médecine alternative et en géographie descriptive. On y trouve notamment le *Sharh* d'Ibn Qunfud sur le poème d'Ibn Abi al-Rijal en astrologie, et la *Rihla* d'Ibn Battuta. Cette collection rassemblée par le fondateur de la *Zawiyya* a été complétée par ses successeurs.

VII - Les bibliothèques du Maroc

Le royaume du Maroc dispose de plusieurs dizaines de bibliothèques de manuscrits. Ces inestimables collections appartiennent à des souverains, lettrés, qadi… laissées à leurs descendants. Ces bibliothèques sont par la suite devenues des fondations : Allal al-Fassi à Rabat, Abdellah Gannun à Tanger, Mohammed Daoud à Tétouan, Mohammed b. al-Hassan al-Wazzani à Casablanca,... Elles sont aujourd'hui cataloguées et ouvertes au public.



Manuscrits scientifiques de la Bibliothèque Royale du Maroc. On remarque la prédominance des traités d'astronomie et d'agronomie, notamment ceux produits au Maghreb, et des traités d'alchimie produits par des orientaux.

Les *Zawiyya* essaimées à travers le Maroc disposent également de leur *Khizana*. La plus connue est probablement la *Zawiyya* de Tamgrout avec ses 3 000 manuscrits.

La Bibliothèque de la *Qaraouiyine* (Fès)

La Bibliothèque de la *Qaraouiyine* à Fès est l'une des plus anciennes bibliothèques patrimoniales du Maroc. Elle a été fondée en 750H./1350 au sein même de la Mosquée – Université *Qaraouiyine* sous le règne du Sultan Abou Inane al-Marini qui avait fait don de l'ensemble de ses livres. Après le Sultan Mérinide, ce sera au tour d'Ahmad al-Mansour de prendre en charge la bibliothèque. En 1549, il construisit une extension au sein même de la Mosquée et y constitua les principaux fonds. En particulier, il laissa en 1592 un ensemble d'ouvrages tracés ou paraphés de sa main (en « *Tahbis* »). Ceci explique peut être qu'à cette époque, la bibliothèque portait son nom. Par la suite, elle bénéficia de dons des souverains alaouites, parmi lesquels Moulay Rashid, Moulay Abdellah Ben Smail (1728–1757), Moulay Slimane, dont les livres copiés entre 1799 et 1809 ont été légués en *Tahbis*. Elle évolua ensuite à travers les temps en s'enrichissant de dons et *Waqfs* des sultans, princes, princesses et érudits qui l'ont dotée de livres rares. Malheureusement, cette bibliothèque sera laissée à l'abandon. Selon un inventaire effectué par des spécialistes, beaucoup de livres ont été perdus, alors que d'autres ont été détériorés en raison de l'humidité et de l'usure du temps. C'est au début des années 1940 que le Roi Mohamed V construisit un nouvel édifice en dehors de la Mosquée et veille au transfert des collections. Cette bibliothèque, qui a une valeur à la fois culturelle et patrimoniale incontestable, dispose actuellement de 6 000 manuscrits et de 421 lithographies.

Les Bibliothèques de Rabat

Le projet de création de la Bibliothèque Générale et Archives du Maroc à Rabat s'est concrétisé en 1919. Les fonds documentaires de l'Institut des Hautes Etudes Marocaines en ont constitué le noyau central. Elle a été ouverte en 1924 grâce au Maréchal Lyautey et inaugurée en présence de l'écrivain André Gide et de la reine de Belgique. Les collections furent par la suite enrichies d'un certain nombre de collections particulières, parmi lesquelles, celles d'al-Hiba Maa al-Aynayn, du lettré al-Hadj al-Mokhtar Ben Abd Allah,…

Le fonds manuscrit de la BGA se compose de 12 000 volumes renfermant plus de 30 000 titres. Cette collection est l'une des plus riches et des plus belles du patrimoine manuscrit de l'Occident musulman, autant par son contenu englobant toutes les disciplines que par la diversité de son origine, l'ancienneté, l'originalité et la valeur esthétique et calligraphique de certains textes. Parmi les précieux manuscrits scientifiques, on trouve les ouvrages De l'astronome andalou 'Ibn Raqqam, et des deux médecins al-Zahrawi et Ibn Zuhr.

L'une des particularités des bibliothèques marocaines est qu'elles renferment de nombreux manuscrits d'auteurs originaires d'Afrique Occidentale, le « Soudan » des Marocains. Ces ouvrages « soudanais » se sont répandues au Maroc en raison d'événements politiques (Acte d'allégeance du Sultan de Bornou envers le Sultan du Maroc au XVI^e siècle…) et des liens établis par les confréries religieuses (*Qadiriya*, *Tijaniya*…).

Quant à la Bibliothèque Royale de Rabat, elle a été constituée à partir des bibliothèques des souverains successifs des différentes dynasties, notamment de celle de Mohammed IV féru de mathématiques et celle de Hassan I, passionné de médecine. C'est le roi Hassan II qui l'a ouverte aux chercheurs, en construisant un pavillon dans son palais, à l'intérieur du Mechouar de Rabat.

La Bibliothèque Royale de Rabat comprend environ 11 000 manuscrits. Parmi eux, citons le manuscrit n° 4 565 intitulé *Zahr al-Afkar fi Jawahir al-Ahjar* de Abu al-Abbas Ahmed b. Yusuf al-Tifachi (651h./1253), il est d'une écriture orientale. La copie a été réalisée à la Mecque en 983 de l'hégire. Il s'agit d'une étude sur les pierres précieuses.

VIII - Les manuscrits du Désert et de l'Afrique Subsaharienne

Les manuscrits du Désert et de l'Afrique Subsaharienne appartiennent à une période allant de l'an mille au début de l'ère coloniale. Elles renferment des dizaines de milliers de manuscrits, signés par des lettrés, voyageurs, hauts fonctionnaires arabes, arabo-berbères ou noirs africains. Si l'alphabet arabe sert toujours de support au contenu de cette vaste historiographie, la langue arabe n'est pas la seule concernée dans l'expression des sujets et des thèmes abordés : c'est ainsi que le pulaar, le haoussa, le dioula, le wolof, le bamanan, le yarouba… sont mis à contribution pour mieux coller aux réalités historiques des peuples locuteurs de ces langues africaines. Il s'agit par exemple de manuscrits beninois sur la succession des imams de la ville de Djougou (au Nord-Ouest du Benin, et qui date du XIII^e siècle).

Curieusement, la plus grande partie des manuscrits de langue arabe officiellement répertoriés, donc accessibles aux chercheurs, se trouve dans l'Afrique anglophone de l'Ouest, particulièrement au Ghana et au Nigéria. Les sociologues expliquent cet état de fait par la différence d'approche des occupants français et anglais. Ainsi, le Ghana dispose d'environ 10 000 manuscrits qui proviennent pour la plupart du Nord du pays où l'influence culturelle musulmane est très forte. C'est une zone de contact entre populations islamisées, les Wangara et les Haoussa, depuis le XIII^e siècle environ. Les manuscrits traitent de sujets aussi variés que les listes des rois, les généalogies, les chroniques (cf. [1]).

Quatre pays de l'Afrique Subsaharienne francophone détiennent la quasi-totalité des manuscrits de l'ancienne Afrique Occidentale Française. Il s'agit du Niger, du Sénégal, du Mali et de la Mauritanie (cf. [1]). Ainsi, au Niger, la plus ancienne pièce de la Collection rassemblée à Niamey par le Président Boubou Hama a été retrouvée chez une famille d'origine arabe de Tahoua. Il s'agit d'un traité d'astrologie, le *Kitab al-Aznouar* (Le livre des lumières) d'Ahmed Babe Alibas.

Djamil AÏSSANI, Djamel Eddine MECHEHED et Mohamed Réda BEKLI
CNRPAH Alger

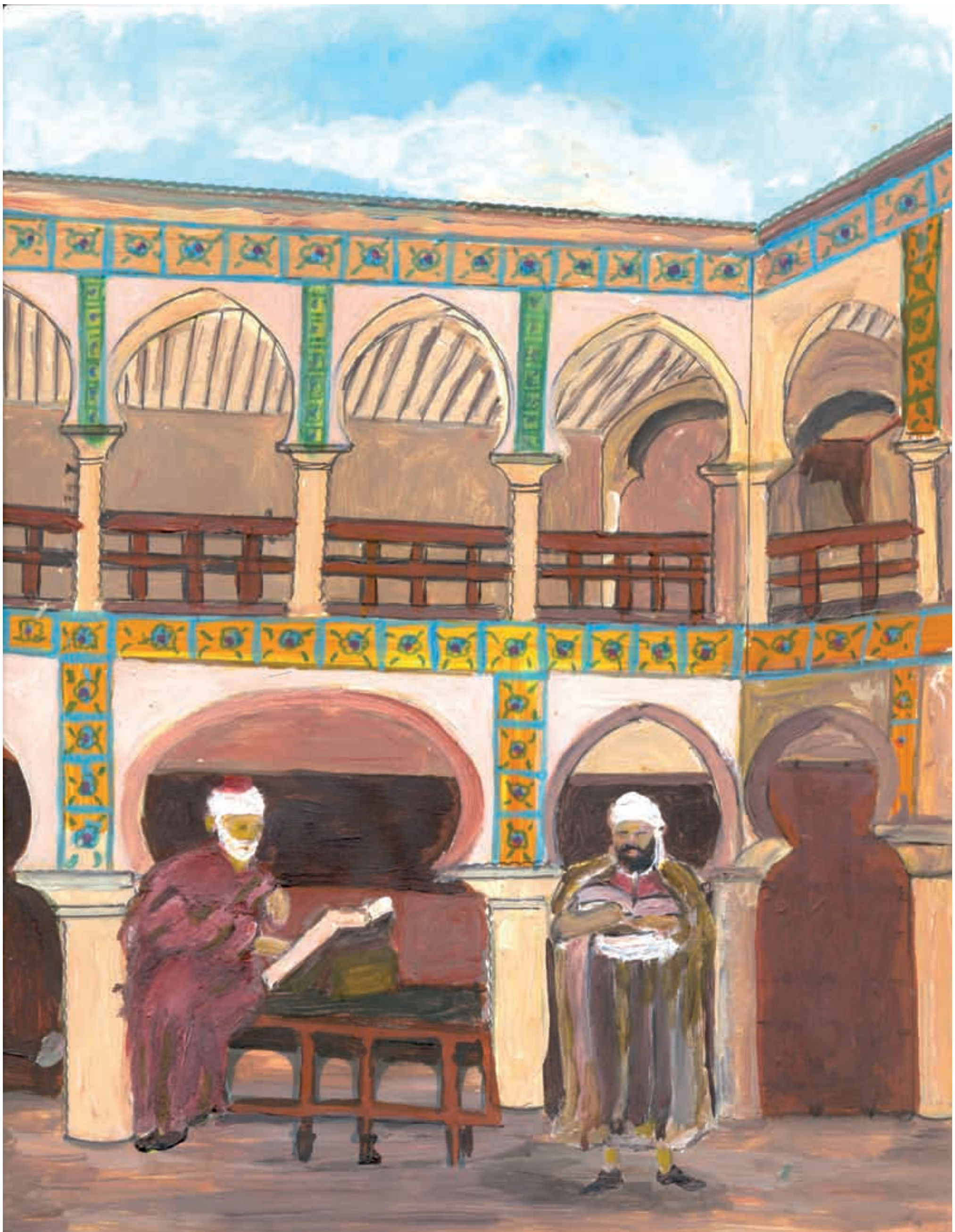
Références

[1] Aïssani D., Les Manuscrits musulmans du Maghreb et du Mashreq, *In «Les Trésors Manuscrits de la Méditerranée »,* Faton Ed., Dijon/Paris, 2005, pp. 208 - 243. ISBN : 2-87844-074-9.

[2] Aïssani D., The Scientific Manuscripts of the Islamic World. *In Treasures of the Aga Khan Museum: Art of the Books and Calligraphy,* A KCP and Sabanci Univ. and Sakip Sabanci Museum Ed., Istanbul/ Geneve, 2010, pp. 200 - 205. ISBN: 978 – 605 – 4348 – 08 – 4.

[3] Aïssani D. et Mechehed D. E., *Manuscrits de Kabylie : Catalogue de Collection Ulahbib,* Association Gehimab Ed., 1996. 2^e édition : CNRPAH Ed., Alger, 2011, 215 pages. ISBN: 978 – 9961 – 716 – 38 – 0.

[4] Aïssani D., Djehiche M., Mechehed D.E. et Bekli M.R., *Les Manuscrits scientifiques du Maghreb,* Rapports de mission, Constantine, Bou Saada, Tamanrasset, Béni Ourtilane, Mostaganem, Alger, Rabat, Tunis, Istanbul, Palma de Majorque, 2011.



Le célèbre mathématicien Ibn Hamza à Alger au XVIe siècle, en train de résoudre « *le problème d'Alger* »

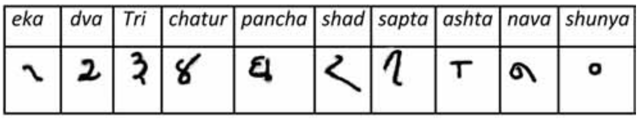
LES SYMBOLES MATHÉMATIQUES SPÉCIFIQUES À L’OCCIDENT MUSULMAN

Au XIIe siècle, une spécificité des mathématiques de l’Occident musulman (Andalousie et Maghreb) est caractérisée par l’apparition d’une symbolique spécifique pour représenter les chiffres, les fractions, les racines et les expressions algébriques. Découverte dès le IXe siècle par les premiers mathématiciens de Bagdad, dont Muhammad ibn Mûssâ al-Khwârizmî (780-850), l’arithmétique indienne introduit dans la science arabe les chiffres indiens, le zéro et la numération décimale de position. Après son importation en Andalousie et au Maghreb, l’arithmétique indo-arabe subit des influences diverses au contact des trois cultures qui y coexistent : arabe, berbère et latine, et se transforme en inventant en particulier une symbolique spécifique que nous allons présenter.

Les chiffres indiens et la numération décimale de position

Les chiffres sont des signes graphiques conventionnels représentant un nombre limité d’entiers et permettant d’exprimer de la manière la plus concise tout nombre entier, grand ou petit, et toutes sortes de nombres (rationnels, irrationnels...). La numération décimale de position avec zéro terminal et médial est celle que nous utilisons aujourd’hui. Elle se sert de dix chiffres et permet de décomposer tout nombre entier d’une seule et unique manière.

Retenons les chiffres hindous suivants de type nâgari utilisés dans deux textes en sanscrit gravés sur des monuments retrouvés à Gwâlior (Inde) en 875-876 :



L’écriture des nombres se fait de droite à gauche
en partant des unités (comme aujourd’hui).

Lorsque les Arabes à la suite d’al-Khwarizmi et d’al-Kindi, au IXe siècle, présentent l’arithmétique indienne, ils l’associent au calcul avec la poussière et nomment les chiffres indiens, *Hurûf al-Gubâr* et l’arithmétique *Hisâb al-Hind* ou *Hisâb al-Gubâr.*

« Nous avons décidé d’exposer la manière de compter des Indiens à l’aide de neuf chiffres et de montrer comment, grâce à leur simplicité et leur concision, ces caractères peuvent exprimer tous les nombres. Nous faciliterons ainsi la tâche de celui qui veut apprendre l’arithmétique, c’est-à-dire aussi bien les grands nombres que les petits et tout ce qui s’y rapporte: la multiplication, la division... » (al-Khwârizmî (m. 850) au début de son manuel qui n’est parvenu qu’en version latine)

Au Maghreb et plus précisément à Kairouan, l’arithmétique indienne a suscité, dès le Xe siècle, la rédaction d’un traité, *Kitab fil-žisāb al-hindī*, qui lui était entièrement dévolu, rédigé par le mathématicien, astronome et médecin Dunash ibn Tamīm Abu Sahl (900-960).

L’enthousiasme des scientifiques andalous pour l’arithmétique indienne transparaît dans le fameux traité : *Catégories des nations* de Saᶜad al-Andalusi (1029-1070).

« Parmi ce qui nous est parvenu de leur science des nombres, žisāb al-ghubār qu’al-Khwārizmi a simplifié ; c’est l’arithmétique la plus concise, la plus succincte, la plus facile à acquérir, la plus aisée à apprendre et dont la construction est la plus originale ; elle atteste chez les Indiens un esprit pénétrant, un beau talent de création et la supériorité de discernement et de génie inventif. » (Tabakāt al-Umam, édition Dar at-Talyᶜa, Beirouth, 1985, page 58).

L’apport incontestable au développement de l’arithmétique indienne au Maghreb est l’œuvre d’Abu Bakr al-Hassār (vers 1175) dans laquelle est présentée méthodiquement la numération décimale de position et clairement décrites les opérations sur les nombres entiers, illustrées dans des fenêtres spécifiques. Les chiffres arabes d’Occident sont identifiés et une nouvelle typologie extrêmement détaillée de symboles spécifiques utilisés pour les fractions y est exposée pour la première fois dans la littérature arabe, ainsi que sont présentées les différentes opérations possibles sur ces fractions. En outre, il explique l’usage de la planche à poussière dans son *Kitāb al-kāmil fi sināᶜat al-’aᶜdād* :

« Dans nos contrées, écrit-il, les calculateurs, les artisans et surtout les scribes ont pris l'habitude d'utiliser des chiffres qu'ils ont convenu entre eux leur permettant d'exprimer les nombres et de les différencier les uns des autres. C'est une écriture comme le reste des écritures, telles que l'hébreu, le latin ou l'hamirite ou d'autres chiffres utilisés comme écritures. Elle est, chez eux, de deux sortes : la première est appelée ghubār ou encore hindī. Ils lui ont donné ce nom parce qu'à l'origine ils utilisaient une planche (lawža) en bois sur laquelle ils étendaient un sable fin. L'apprenti calculateur prend alors un petit bâton ayant la forme d'un stylet qu'il utilise pour dessiner ces chiffres sur le sable et il effectue les calculs qu'il souhaite. Lorsqu'il a terminé son calcul, il essuie le sable et le range. L'efficacité [de cette méthode] est [de permettre] d'exécuter les calculs et de les faciliter sans qu'il n'ait point besoin tout le temps d'encre, de planche et d'effacement; ils ont utilisé le sable à la place de l'encre et ont constaté que cela facilitait les calculs… » (al-Kāmil d'al-Ÿassār, page 6).

Chiffres arabes d'Orient, chiffres arabes d'Occident

Deux familles de chiffres sont utilisées actuellement

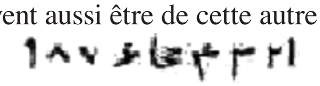
- Dans tous les pays, à l'exception du Proche-Orient arabe et de l'Iran : les signes **1 2 3 4 5 6 7 8 9 0** sont appelés « les chiffres arabes ».

– Au Proche-Orient arabe : ١٢٣٤٥٦٧٨٩٠ et sa variante iranienne : ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰.

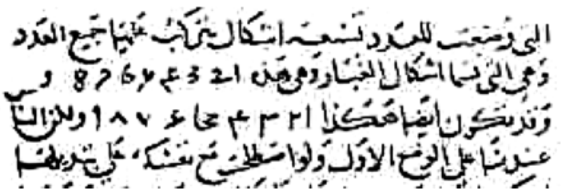
Toutes deux issues de la numération indienne, leur existence est attestée dès le XII^e s. par Ibn al-Yāsamīn (mort en 1204) dans son *Kitab talqîh…* (folios 7-8) :

« Sache que pour représenter n'importe quel nombre, on utilise neuf figures dénommées chiffres ghubar ; ce sont celles-ci :

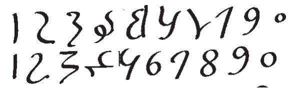
et elles peuvent aussi être de cette autre forme :



mais, chez nous l'usage est réservé aux premières »



Au moins depuis le XII^e siècle, il y a deux familles de chiffres 'indiens" adoptées par les auteurs arabes, une communément utilisée au Caire, à Damas, à Bagdad, à Maragha et à Samarkand et qui sont à l'origine des chiffres arabes utilisés de nos jours au Proche-Orient, alors que l'autre forme, adoptée par les mathématiciens d'Andalousie et du Maghreb, a donné naissance à ce que l'on appelle de nos jours "les chiffres arabes".



(chiffres d'Orient en première ligne et chiffres du Maghreb et d'Andalousie en seconde ligne

Les fractions arabes

Il ne peut y avoir de transactions sophistiquées sans utilisation des fractions. Les fractions qui s'imposent vont dépendre de plusieurs facteurs : la manière de les concevoir et de les représenter, la diversité des situations où leur usage sera le plus régulier et le plus nécessaire, les traditions des utilisateurs et les influences extérieures. La complexité de l'utilisation des fractions chez les mathématiciens arabes est la conséquence de tous ces facteurs endogènes et exogènes.

La représentation des fractions dans la numération ghubâr

En introduisant la numération décimale de position, les mathématiciens arabes ont découvert une manière originale de représenter les fractions, tout en gardant la nomenclature à laquelle ils étaient habitués.

Une fraction, notée aujourd'hui $\frac{87}{29}$ ou $3+\frac{21}{29}$,était représentée par Brahmagupta ainsi $\begin{smallmatrix}0\\87\\29\end{smallmatrix}$ ou ainsi $\begin{smallmatrix}3\\21\\29\end{smallmatrix}$ sur trois niveaux, le niveau de la ligne d'écriture étant réservé à la partie entière, le numérateur de la fraction directement situé en dessous de la ligne et le dénominateur en troisième position. C'est en fait ainsi qu'étaient écrites les fractions sur le *takht* (c.-à-d. la planche à poussière).

Ce type de représentation se retrouve dans les manuels arabes d'arithmétique indienne, en particulier chez tous les mathématiciens orientaux, en particulier chez al-Uqlīdisī (vers 952) à Damas, Nasīr ad-Dīn at-Tūsī (m. 1274) à Bagdad et Jamshīd al-Kāshī (m. 1429) à Samarkand, alors qu'à partir du XII^e siècle, les mathématiciens du Maghreb ont inventé un autre type de représentation pour les fractions.

La représentation des fractions en Inde et dans l'Orient musulman

Le symbolisme introduit par les Indiens contient une manière de penser les fractions qui permet de les manipuler avec beaucoup de flexibilité, comme le montrent les exemples suivants que l'on trouve dans *al-Fusūl fil hisāb al-hindī* (Les Chapitres de calcul indien) d'al-Uqlīdisī[1].

Al-Uqlīdisī présente différentes opérations sur les fractions en utilisant des exemples numériques :

Nature de l'opération	Représentation d'al-Uqlīdisī	Représentation moderne
Fraction de fraction	3 4 2 7	$\frac{3}{4}(\frac{2}{7})$
Somme de fractions	2 ∴ 3 ∴ 2 15 ∴ 8 ∴ 7	$\frac{2}{7}+\frac{3}{8}+\frac{2}{15}$
Produit de fractions	867 يف 286 1 1 7 3	(286 + 1/3) x (867 + 1/7)

Remarquons que la lecture se fait toujours de droite à gauche. Al-Uqlīdisī décrit longuement les détails des calculs amenant le résultat et nécessitant de travailler directement sur la planche à poussière et à effacer au fur et à mesure des chiffres ou des nombres intermédiaires pour les remplacer par de nouveaux chiffres ou de nouveaux nombres.

La représentation des fractions dans l'Occident musulman

L'apport andalou-maghrébin est suffisamment original pour lui réserver une importante place. Il est caractérisé, en particulier, par l'apparition pour la première fois de la barre de fraction qui permet de saisir immédiatement la nature de la fraction et facilite ainsi les calculs.

Cette nouvelle représentation des fractions ne sera pas uniforme, elle évoluera et fera l'objet de controverses parmi les mathématiciens maghrébins.

Les fractions chez al-Hassār

Le plus ancien manuel andalou-maghrébin d'arithmétique, connu actuellement, est *Kitāb al-bayān wa t-tudhkār fi cilm masā'il al-ghubār*[2] (Le livre de la démonstration et de la remémoration sur la science des problèmes d'arithmétique de poussière) de Abū Bakr al-Hassār (vivant en 1175).

Sans pour autant en revendiquer la paternité, Al-Hassār y définit différents types de fractions et réserve à chaque type un symbole spécifique :

Types de fractions

Une fraction simple (*kasr basīt*) est une partie ou plusieurs parties d'un même entier. On la représente en séparant le numérateur du dénominateur par un trait :

$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \ldots \frac{1}{9}, \frac{1}{10}$ et les fractions du type $\frac{m}{n}$, où m < n.

Une fraction liée (*kasr muttasil*) correspond à ce que l'on appelle aujourd'hui une fraction ascendante. Par exemple $\frac{3\ 4}{11\ 13}$ se lit « quatre parties de treize et trois parties de la onzième partie de treize ». De nos jours, cette fraction est dénotée : $\frac{4}{13}+\frac{3}{11x13}$

De même que $\frac{3\ 0\ 5}{5\ 10\ 17}$ se lit aujourd'hui $\frac{5}{17}+\frac{3}{5x10x17}$ et $\frac{1\ 0}{10\ 10}$ se lit $\frac{1}{100}$.

Une fraction différenciée (kasr mukhtalif) correspond à la somme de deux ou plusieurs fractions simples. Elle est représentée par la juxtaposition côte à côte de ces fractions. $\frac{4}{13}\ \frac{3}{11}$ représente la fraction écrite aujourd'hui sous la forme $\frac{3}{11}+\frac{4}{13}$.

Une fraction partitionnée (*kasr mubacadh*) est le produit de deux ou de plusieurs fractions. Al-Hassār la note $\frac{4 | 3}{13 | 11}$, elle correspond aujourd'hui à la fraction $\frac{3 \times 4}{11x13}$.

Comme on le voit, les notations retenues par al-Hassār diffèrent de celles utilisées en Orient. Lorsqu'il doit représenter un nombre mixte (c'est-à-dire un entier ajouté à une fraction), al-Hassār commence par écrire le nombre entier et place la fraction à la gauche de ce nombre.

Ainsi, $\frac{3}{11}78$ correspond aujourd'hui à la fraction $78+\frac{3}{11}$

Par contre, lorsque la fraction est écrite à droite de l'entier, elle opère sur cet entier et l'écriture représente une fraction de cet entier. Ainsi $78\frac{3}{11}$ se lit aujourd'hui « trois onzièmes de 78 ».

Cette manière de représenter un nombre entier précédé ou suivi d'une fraction rend difficile la lecture des nombres : $\frac{4}{13}78\frac{3}{11}$, ou $78\frac{3}{11}5$, ou $\frac{4}{13}78\frac{3}{11}5$.

L'image suivante montre la somme de deux fractions telle qu'elle est présentée dans le.

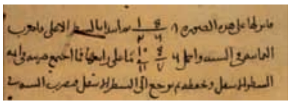
Lorsqu'il s'agit d'effectuer une opération sur deux nombres[3] $\frac{1\ 5}{2\ 6}8$ et $\frac{10}{11}\cdot\frac{5}{7}6$ (lecture de droite à gauche), al-Hassār énonce l'opération en phrases puis présente son image (sûratuha) comme on le voit dans le facsimilé suivant[4] :

1 *The arithmetic of Al-Uqlīdisī*, A.S. Saidan translation, D. Reidel Pub. Co., 1978.

2 Copie du manuscrit d'al-Hassār, faite à Bagdad et datant de 1193: http://dewey.library.upenn.edu/sceti/ljs

3 En notations modernes, nous les écririons : 8 + 5/6 + 1/26 et 6 + 5/7 + 10/11

4 folio 70v du manuscrit en ligne *Kitāb al-bayān* d'al-Hassār. (voir note 2, ci-dessus)



فانزلها على هذه الصورة $\frac{1\ \ 5}{2\ \ 6}8$ ثـــــم ابتدئ بالسطر الأعلى فاضرب

الثمانية في الستة واحمل $\frac{10\ 5}{11\ 7}6$ ما على رأسها فما اجتمع ضربته في أنمة

En inspectant le manuscrit numérisé,on ne trouve pas de notation pour le signe de la racine carrée, ni les signes de l'addition (wā), de la soustraction (illa) ou de la multiplication (fi). On peut donc dire que la lecture de ce manuscrit montre que l'usage des symboles et des signes reste restreint chez al-Hassār et que les images sont des copies de ce que le calculateur effectue sur son takht (planche à poussière).

Une exception : la représentation des fractions chez Ibn al-Yāsamīn

Privilégiant la cohérence entre la lecture orale des nombres et leur représentation, la notation d'al-Hassār permet de lire les nombres mixtes de droite à gauche et de les représenter de droite à gauche. Par contre, le mathématicien berbère Ibn al-Yāsamīn (m. 1204), contemporain d'al-Hassār, propose de représenter les fractions d'une manière différente et fondamentalement originale dans son principe. Il propose de tenir compte de la convention régissant l'écriture des nombres entiers et préfère la cohérence mathématique à la cohérence linguistique[5].

Dans son livre *Talqīh al-afkār fi l-camal bi rushūm al-ghubār* (Fécondation des esprits sur l'utilisation des chiffres de poussière)[5], Ibn al-Yāsamīn remarque qu'un nombre entier s'écrit en plaçant les centaines à droite des milliers, les dizaines à droite des centaines et les unités à droite des dizaines, il propose de placer les fractions simples à droite des unités et les fractions composées à droite des fractions simples.

$$528491065\frac{1}{2}\ \frac{1\ 3}{2\ 7}\ \frac{6\ 2\ 1}{9\ 8\ 2}$$

"Trois septièmes et un demi d'un septième" se note $\frac{1\ 3}{2\ 7}$ par al-Hassār, et $\frac{3\ 1}{7\ 2}$ par Ibn al-Yāsamin.

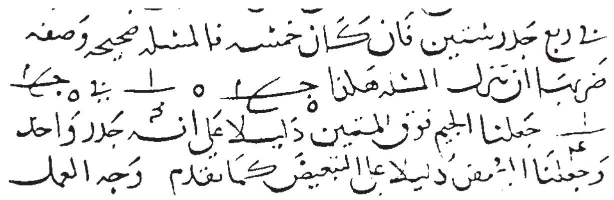
Le mathématicien andalou de Marrakech Ibn al-Muncim al-cAbdarî (m. 1228), la plupart des mathématiciens arabes du Maghreb et certains mathématiciens européens comme Fibonacci ont adopté la manière choisie par al-Hassār pour représenter les fractions.

5 Edition arabe de Touhami Zemmouli, Thèse de mastère de l'école Normale Supérieure d'Alger-Kouba, 1993.

	al-Hassār	Ibn al-Yāsamīn	La notation actuelle
Fractions composées	$\frac{1\ 3}{2\ 7}$	$\frac{3\ 1}{7\ 2}$	$\frac{3}{7}+\frac{1}{2x7}$
Nombres mixtes	$486\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}486$	$\frac{486}{2}$
	$\frac{1\ 3}{2\ 7}486$ $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}486\frac{3\ 1}{7\ 2}$	$\frac{1}{2}[486+\frac{3}{7}+\frac{1}{2x7}]$
Sens de la lecture	⟵	⟶	

Les symboles maghrébins pour les racines

Dans le fac-similé qui suit, deux signes sont explicitement indiqués par Ibn al-Yāsamīn et définis dans un même paragraphe : la lettre jim comme signe (ج) de la racine carrée à placer au-dessus du nombre et un petit cercle situé entre l'entier et la racine carrée qui le suit.



Ibn al-Yāsamīn, *Talqīh al-afkār*, folio 176

> La manière de la multiplier consiste à poser le problème ainsi : $\frac{1}{3}\sqrt{60}$ x $\frac{1}{4}\sqrt{60}$.
>
> Nous avons placé la <lettre> jim au-dessus de soixante pour indiquer que c'est une racine unique et nous avons placé un zéro (*sifr*) pour indiquer le partitionnement (*al-tab*c*idh*).

وصفة ضربها أن تنزل المسألة هكذا:

$\frac{1}{4}$ o $\overset{ج}{60}$ في $\frac{1}{3}$ o $\overset{ج}{60}$

جعلنا الجيم فوق الستين دليلا على أنه جذر واحد وجعلنا الصفر دليلا على التبعيض

Sur la base des documents disponibles, nous pouvons affirmer qu'Ibn al-Yāsamīn est le premier témoin précieux de l'utilisation au XIIe siècle de la lettre ج comme symbole de la racine.

Le témoignage d'al-Qatrawāni (XVe s.)

Témoin et auteur d'un manuel, égyptien de formation et enseignant à Tunis, ce mathématicien rédige un traité d'arithmétique et d'algèbre, *Rashfat ar-rudhāb min thughūr 'a*c*mal al-žisāb*, qui décrit les usages des

Arabes d'Orient et les compare à ceux d'Occident. Son discours sur la nécessité d'une notation pour les radicaux est d'une grande pertinence, car, non seulement il justifie l'emploi du symbole *Jim*, mais il le caractérise avec précision :

"*Dans certains calculs, on doit préciser la valeur de la racine [carrée d'un nombre], or certains nombres n'en possèdent pas et si l'on calcule la valeur approchée de la racine carrée [de ce type de nombres] et on opère sur les carrés de ces nombres non rationnels, les calculs sont alors défectueux. On a donc convenu de placer sur le nombre dont on cherche à calculer la racine la lettre Jim allongée, ainsi :* ـجـ *et pour la racine de la racine de ce nombre, deux Jim, ainsi :* ـجـ ـجـ *; , et autant de fois que le terme Jidhr se répète, un Jim est ajouté au-dessus, car la racine de la racine d'un nombre n'est pas la racine de la racine d'aucun autre nombre*[6]."

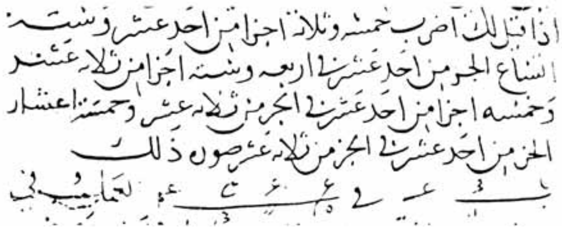
À partir du XIVe siècle, presque tous les mathématiciens arabes du Maghreb ont adopté la lettre ـجـ comme symbole de la racine carrée.

Des notations pour les signes opératoires

On retrouve, chez Ibn al-Yāsamīn, les signes opératoires entre deux fractions exprimant respectivement la somme, la soustraction, l'addition à, la soustraction de, la multiplication :

« و », « لا », « الى », « من », « على », « في », … .

Le fac-similé suivant montre un usage régulier de ces notations par Ibn al-Yāsamīn.



Ibn al-Yāsamīn, *Talqīh al-afkār*, folio 47

Il s'agit de multiplier la fraction mixte $5\,\frac{3\ \ 6}{11\ \ 9}$ par la fraction mixte $4\,\frac{6\ \ 5\ \ 5}{13\ 11\ \ 10}$.

Ibn al-Yāsamīn écrit que l'image de l'opération est celle-ci :

$$4\,\frac{6\ \ 5\ \ 5}{13\ 11\ \ 10}\ \text{في}\ 5\,\frac{3\ \ 6}{11\ \ 9}$$

Ibn al-Muncim al-cAbdarî (m. 1228) et la plupart des mathématiciens arabes du Maghreb adoptent par la suite les signes opératoires :« و », « لا », « الى », « من », « على », « في », … .

6 Al-Qatrawāni, *Rashf ar-ridhāb min thugūr 'acmāl al-ḥisāb,* Hmida Hedfi, Tunis, 1998.

Les symboles maghrébins pour les expressions algébriques

Dans le traité[7] d'Ibn al-Yāsamīn, on ne trouve que deux traces d'écritures symboliques se rapportant à l'algèbre : elles sont introduites par l'expression : « *wa sūratuhu* » (son image est).

« Sachant que la somme de n entiers successifs commençant par 1 est égale à 55, quelle est la valeur de n ? L'auteur propose deux solutions. La seconde étant algébrique, elle permet une mise en équation de la forme $x^2 + x = 100$. Après l'avoir énoncée sous forme d'une phrase, Ibn al-Yāsamīn la présente sous forme symbolique, sans donner aucune explication :

« وصوته : مـ1 شـ1 لـ 100

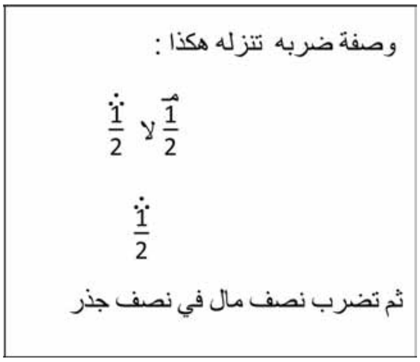
« *Une quantité dont on a retiré la racine (carrée) ; on multiplie la moitié de ce qui a été retiré par la moitié de ce qui est resté et on trouve la quantité initiale.*

La manière d'effectuer son produit consiste à le poser ainsi :

$$x^2 - \frac{1}{2}\,x$$

$$\frac{1}{2}\,x$$

puis tu multiplies la moitié de la quantité par la moitié de la racine. »



En termes modernes, cela revient à résoudre l'équation : $\left(\frac{x^2}{2} - \frac{x}{2}\right)\frac{x}{2} = x^2$. C'est au moment où l'auteur se propose de multiplier les expressions polynomiales qu'il introduit les symboles algébriques sans aucune explication. On constate que l'opération est présentée de manière à ce que chaque expression algébrique occupe une seule ligne, les calculs ultérieurs se faisant avec des phrases (c'est-à-dire d'une manière rhétorique). Rien dans cette écriture symbolique ne laisse présager que l'on va effectuer une multiplication.

7 Les deux extraits signalés ci-dessous se trouvent dans la thèse de Zemmouli (Ecole Normale Supérieure d'Alger-Kouba), page 137 et page 231.

Le témoignage d'Ibn Qunfudh al-Qusantīnī (1320-1406)

Vers 1370, dans Hat an-niqāb ᶜan wujūh aᶜmāl al-žisāb, qui est un commentaire de ±alkhīs 'acmāl al-žisāb d'ibn al-Bannā, Ibn Qunfudh al-Qusantīnī expose de la manière la plus claire possible comment utiliser les symboles algébriques maghrébins :

"*Sache que pour représenter les carrés, tu en écris le nombre que tu surmontes de la lettre Mīm. Ainsi tu écriras trois carrés* $\overset{\text{م}}{3}$ *et si tu as des carrés-carrés, tu noteras* $\overset{\text{م}}{\overset{\text{م}}{3}}$ *et ainsi de suite. Pour représenter les racines (Jidhr), tu en écris le nombre, que tu surmontes de la lettre Shīn. Ainsi tu noteras trois Jidhr :* $\overset{\text{ش}}{3}$ *ou* $\overset{\therefore}{3}$ *; de même [tu noteras] un demi-Jidhr et cinq sixièmes et un quart d'un sixième de Jidhr :* $\overset{\text{ش}}{\frac{1\ 5}{4\ 6}}$ *ou* $\overset{\therefore}{\frac{1\ 5}{4\ 6}}$ *Les nombres sont écrits comme il a été vu précédemment, sans aucune modification. Pour représenter les cubes, tu en inscris le nombre que tu surmontes de la lettre Kef ; par exemple, tu écriras trois cubes* $\overset{\text{ک}}{3}$ *et si le cube se répète, tu inscris autant de* Kef *qu'il est répété de fois. Si tu as compris ceci, revient à l'exemple relatif à l'explication du mot Jabr, et qui est : cinq Māl quatre Jidhr et trois nombres égalent trois Jidhr, deux Māl et six nombres; ceci s'écrit :*

$$6\ \ \overset{\text{م}}{2}\ \ \overset{\therefore}{3}\ \ \text{ل}\ \ 3\ \ \overset{\therefore}{4}\ \ \overset{\text{م}}{5}$$

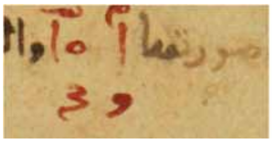
La lettre ل *provient du mot* تعدل *(taᶜdil)* " (traduction de Lamrabet (1994), page 239).

Quelques témoignages et exemples

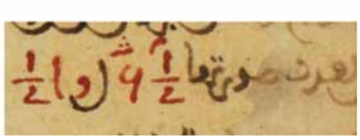
al-Muwāhidī (vivant en 1382)

Dans son traité : *Tahsīl al-munā fi sharh Talkhīs 'acmāl al-žisāb*, l'un des premiers commentateurs de *Talkhīs 'acmāl al-žisāb* d'Ibn al-Bannā, al-Muwāhidī utilise toute la symbolique maghrébine dans son texte. Dans les deux fac-similés ci-dessous, sont représentées deux équations algébriques :

x2 + 10x = 39 pour la première (folio 86b) et 1/2 x^2 + 5x = 19 + 1/2 pour la seconde (folio 89b). On voit bien que l'auteur hésite encore sur la manière de représenter par écrit ce qu'il a dessiné sur la planche à poussière (*lawha*) : chaque terme de l'équation dans une ligne, ou bien les deux termes sur la même s mais séparés par le symbole « ل » qui représente le terme « يعدل ».



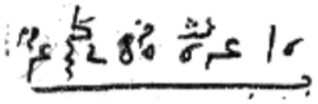
folio 86b



folio 89b

al-Qatrawāni (XV^e siècle)

Il présente le polynôme 16 + 64x + 80x^2 + 32x^3 + 4x^4, sans aucune explication ni justification, sous forme symbolique (lecture de droite à gauche) :



(folio 122)

Par la suite, et jusqu'à la fin du chapitre d'algèbre, al-Qatrawāni termine chaque calcul en ajoutant au résultat exprimé sous forme rhétorique, l'expression *wa sūratuha* (son image est) suivie d'une expression sous forme symbolique.

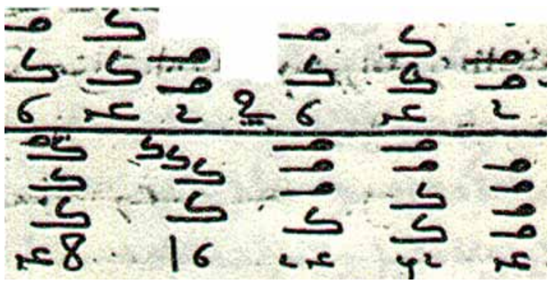
al-Qalasādi : *At-Tabsira al-wādhiža min masā'il al-'acdād al-lā'iža* (1443)

Il associe explicitement la symbolique algébrique à l'usage de la planche à calcul, la *lawža*, sur laquelle doivent être effectuées les opérations.

« *Écris l'opération dans un côté de la lawha et place au-dessus du Shay le signe Shīn ou trois points, au-dessus du Māl le [signe] Mīm, au-dessus du Kaᶜb le [signe] kaf et ne place rien au-dessus du nombre, car l'absence de signe est un signe.* » (édition de Hedfi, page 105).

Ibn Ghāzi al-Miknāssī : *Bughyatu al-tullāb fī sharh mun'yatu al-hussāb* (1485)

Dans *Bughyat at-Tullāb fi sharh muniyat al-hussāb* (1483), Ibn Ghāzi propose « *un exemple inédit dont les opérations nécessaires ont été effectuées sur des planches (à calcul), puis représentées ici comme tu le vois.* » (Édition Mohamed Souissi, Alep, 1983 ; p. 159)



$$\frac{(2x^4 + 4x^6 + 6x^5) \times (2x^4 + 4x^6 + 6x^5)}{4x^8 + 52x^{10} + 24x^9 + 16x^{12} + 48x^{11}}$$

Ce texte illustre le produit de deux polynômes écrits en symboles algébriques.

La circulation des symboles mathématiques maghrébins

À partir de la deuxième moitié du 14e siècle, les symboles et les notations arithmétiques et algébriques inventés en Andalousie et au Maghreb à l'époque des Almohades se propagent chez de nombreux mathématiciens maghrébins[8], comme al-Ghurbi (vers 1350), al-Muwāhidi (vivant en 1382), al-Qatrawānī (XVe siècle), al-Qalasādī (1412-1486) et Ibn Ghāzi al-Miknāssi (m. 1513).

Par ailleurs, dès 1387, le mathématicien égyptien Ibn al-Hā'im (m. 1412) utilise les notations maghrébines pour les fractions dans ses livres d'arithmétique[9]. Il explicite l'usage des symboles algébriques maghrébins dans son *Sharh al-urjūza al-yāsminīya* sans toutefois les utiliser lui-même.

On sait que, par la suite, des mathématiciens orientaux ont enseigné les traités d'al-Qalasādī, les ont recopiés et les ont commentés. C'est le cas, par exemple, de cAbdelkādir al-Sakhāwī (v. 1506), auteur d'un *Mukhtasar fî cilm al-hisāb* ou du Syrien cUthmān Ibn Mālik (v.1593), auteur de Shams an-nahār fī sinācat al-ghubār. Dans ces deux textes, les notations maghrébines sont utilisées à profusion pour représenter les fractions.

Le traité d'Ibn Ghāzi al-Maknāssi (m. 1513) est lui aussi diffusé et commenté en Orient. Par exemple, le mathématicien Ibn Pīrī, originaire de la Mecque, écrit en 1617 un traité sur les irrationnels : *Kitāb al-yawāqīt al-munfassilāt bi'l-la'ālī an-nay'irātī fī 'acmal dhawāt al-'asmā wa'l munfasilāt,* dans lequel il cite al-Qalasādī et Ibn Ghāzī tout en utilisant les notations maghrébines pour représenter la racine d'un nombre et les signes opératoires.

Ibn Hamza al-Jazā'irī (m. vers 1614)

Mathématicien d'ascendants arabes et turcs, Ali b. Wālī Ibn Hamza al-Jazā'irī est un bilingue parfait, auteur d'un des premiers ouvrages de mathématique écrits en langue turque, et utilisé comme manuel de base dans de nombreuses madrasas ottomanes. La rédaction de *Tuhfat al-'acdād li dhawî ar-rushd wa s-sadād*[12] (Le meilleur des nombres à l'intention des personnes de bon sens et de bonne disposition) s'est achevée en 1591.

Ce manuel écrit en langue turque introduisit dans l'enseignement ottoman l'arithmétique indienne, utilisant les notations maghrébines à la fois pour les fractions et pour les symboles algébriques, notations presque totalement absentes dans les précédents traités de l'Orient musulman.

Un hommage tardif aux symboles maghrébins dans l'Istanbul du XVIIIe siècle

L'usage intensif des symboles algébriques pour résoudre des problèmes n'apparaît que rarement dans les manuscrits retrouvés jusqu'à maintenant. Le Professeur Mohamed Souissi avait attiré l'attention des historiens des mathématiques sur « le problème de Sebta » entièrement résolu par Ibn Ghāzi à l'aide des symboles maghrébins. C'était l'un des rares exemples connus et largement cités de l'utilisation dynamique des symboles, sous la forme d'une suite d'expressions ou d'équations algébriques s'enchaînant de manière à effectuer des calculs ou résoudre un problème sans aucun recours à des explications en langue naturelle. Dans cet enchaînement, chaque ligne correspond à un calcul ou à une étape autonome du raisonnement, le résultat recherché se trouvant dans la dernière ligne.

Nous retrouvons un deuxième exemple de cette utilisation intensive et dynamique des symboles maghrébins au XVIIIe siècle dans les travaux d'une école mathématique néo-classique regroupée autour du savant Mustafā Sidqī (m. 1769). Deux traités récemment trouvés montrent la maîtrise de leurs auteurs des symboles et des notations maghrébines.

Ibrāhīm al-Ÿalabī (m. 1776)

Ibrāhīm b. Mustafa b. Ibrāhīm al-Mirāzī al-Ÿalabī est un savant d'al-Azhar qui s'installe en 1740 à Istanbul. Il rejoint Mustafā ¦idqī, enseigne les mathématiques dans les madrasas d'Istanbul et écrit des traités d'arithmétique et d'algèbre.

Le manuscrit Laleli 2134/2 (bibliothèque Sulaymaniyya d'Istanbul) est une copie du célèbre traité d'algèbre d'Ibn al-Hā'im (1352-1412) : *Sharh al-Urjūza al-Yāsminīya*[10]. Ibrāhīm al-Ÿalabī a écrit dans la plupart des marges de ce manuscrit de nombreux commentaires sur le texte d'Ibn al-Hā'im et l'a illustré en utilisant d'une manière intensive des symboles algébriques maghrébins.

---

8 Lamrabet Driss, (1994), *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines*, Rabat.

Djebbar Ahmed (1998), Les activités mathématiques dans les viles du Maghreb central (XIe-XIXe s.), *Actes du 3e colloque maghrébin sur l'histoire des mathématiques arabes,* Ecole normale Supérieure d'Alger-Kouba.

9 Bentaleb le montre dans son édition de *Murshidat at-tālib ilā asnā al-matālib fī cilm al-hisāb,* Beyrouth, 1999. (pages 116-118 et 125-128)

10 *Sharh al-Urjūza al-Yāsminīya fil jabr wal muqābala* d'Ibn al-Hā'im, édition ATSM (2002)

Şeker-Zāde Feyzullah Sarmed (m. 1787)

Calligraphe, copiste, poète, mathématicien et mollah ottoman, Şeker-Zāde est l'un des plus brillants élèves de MusTafā Sidqī et l'auteur d'un ouvrage contenant plus d'une centaine de problèmes résolus uniquement à l'aide des notations utilisées par les Maghrébins pour représenter les fractions, les radicaux et les expressions algébriques : Il s'agit de *'Amthilatu at-talkhīs li Ibn al-Bannā wa'l hāwī li Ibn al-Hā'im*[11]. C'est le plus beau témoignage sur les symboles maghrébins dans lequel ces notations sont utilisées d'une manière dynamique pour résoudre les problèmes.

Dans le fac-similé ci-dessous, nous proposons deux problèmes algébriques totalement résolus par Şeker-Zāde à l'aide des symboles maghrébins :

1er problème : « Un nombre (inconnu) multiplié par lui-même puis augmenté par neuf (dinars) donne six fois le nombre donné ; quel est ce nombre ? »

Il s'agit donc de résoudre l'équation : $x^2 + 9 = 6x$. L'auteur trouve 3.

2nd problème : « Dix est divisée en deux parties ; la somme de leurs carrés des deux parties vaut 58. Combien vaut chaque partie ? »

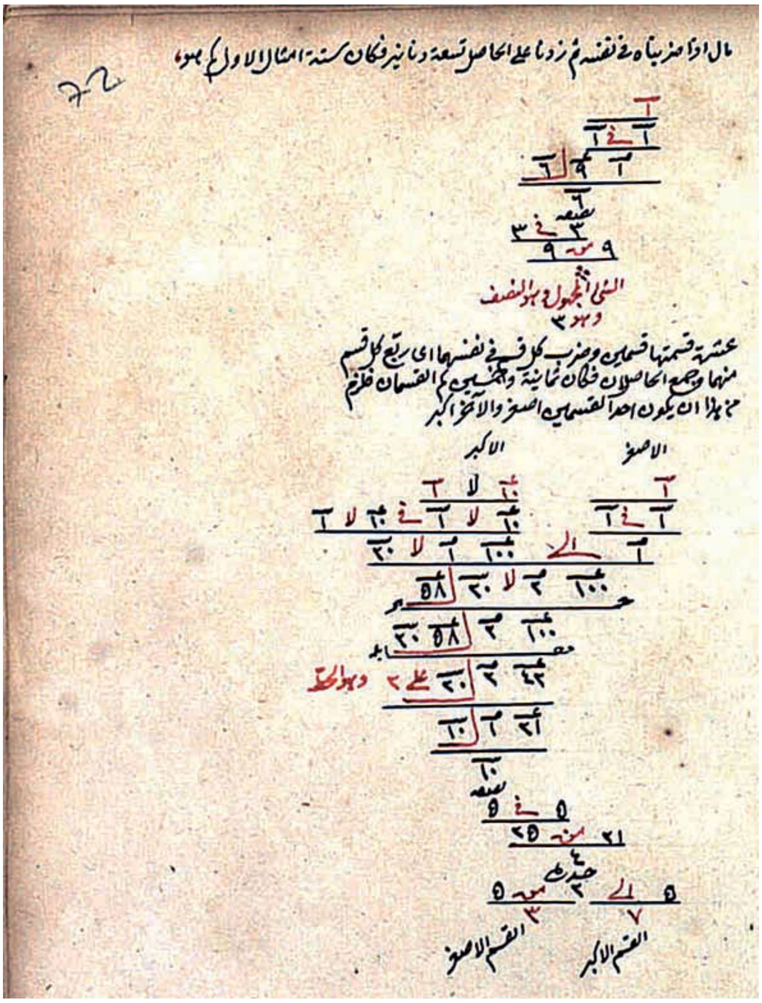
Il s'agit de résoudre le système à 2 inconnues

$x + y = 10$ et $x^2 + y^2$ 58.

Solution : $x = 7$ et $y = 3$.

Mehdi ABDELDJAOUAD
(Université de Tunis)

11 Esad Efendi nr.3150/2, Bibliothèque as-Sulaymaniye, folios 12b-98a.



Fac-similé de deux problèmes algébriques totalement résolus par Şeker-Zāde à l'aide des symboles maghrébins

L'ALGÈBRE AU MAGHREB ET SON DÉVELOPPEMENT EN EUROPE

Au milieu du XIX^e siècle, l'accessibilité des écrits du sociologue Ibn Khaldun (1332-1406) va être à l'origine des premières recherches sur les mathématiques médiévales du Maghreb [14], [13]. On découvre alors le rôle non négligeable de la tradition mathématique du Maghreb dans la diffusion du savoir à travers la Méditerranée : popularisation des *chiffres arabes* en Europe par le célèbre mathématicien italien Leonardo Fibonacci (c.a. 1170 –1241) [2], [3], [5], utilisation d'un symbolisme spécifique [1], influence sur les principes logico-mathématiques du philosophe catalan Raymond Lulle (1235-1315) [4], [6]...

Sur la base de multiples commentaires culturels et scientifiques, la première partie de cet article proposera à des non-spécialistes de découvrir la tradition algébrique du Maghreb et son environnement, à travers la contribution des principaux *Ulémas* des XII^e - XV^e siècles : al-Qurashi (Bougie), Ibn al-Banna (Marrakech)… La deuxième partie abordera une éventuelle influence sur le développement de l'algèbre en Europe, à travers une analyse de l'œuvre de Léonardo Fibonacci.

I - Le début de l'algèbre

Il est probable qu'une démarche algébrique ait existé chez les Babyloniens, les Grecs et les Indiens. Cependant, on s'accorde à dire que l'algèbre est née avec la civilisation des Pays de l'Islam, et plus précisément avec l'école d'al-Khawarizmi (mort en 850). Entre le IX^e et le XIV^e siècle, plusieurs écoles vont se succéder : l'école d'Abu Kamil (mort en 930), celle d'al-Karaji (mort en 1029) et enfin celle d'as-Samawal (mort en 1175) [1], [11], [13]. Le lien de ces écoles avec l'Occident musulman est palpable pour les écoles d'al-Khawarizmi et Abu Kamil, mais moins évident pour les écoles d'al-Karaji et d'as-Samawal.

Les activités scientifiques dans le domaine de l'algèbre en Occident musulman débutent dès le IX^e siècle. Nous allons présenter la contribution d'Ibn Badr, al-Hassar, Ibn al-Yasamine et al-Qurashi au XII^e siècle et d'Ibn al-Banna au XIII^e siècle.

Le *Kitab Ikhtisar al-Jabr wa l-Muqabala* du mathématicien andalou Ibn Badr est un traité d'algèbre qui résume les procédés algébriques et s'inscrit dans la tradition d'al-Khawarizmi et d'Abu Kamil. Quant aux *Urdjuza* du mathématicien maghrébin Ibn al-Yasamin (mort en 1204 à Marrakech), ils énoncent les algorithmes de résolution des six équations canoniques et les irrationnels. Ces poèmes algébriques servaient d'aide-mémoire, ce qui explique leur grande popularité. Quant au *Kitab al-Bayan wa t-Tadhkar* du mathématicien maghrébin al-Hassar (vivant en 1175), il est un manuel de calcul traitant de la numération, des opérations arithmétiques sur les entiers et sur les fractions… Il s'agit probablement de la plus ancienne source relative aux mathématiques pour la tradition de l'Afrique du Nord et de l'Andalousie. Dans ce manuel, al- Hassar utilise les chiffres *Ghubar* et le trait de fraction. Il définit différents types de fractions et réserve à chaque type un symbole spécifique, sans pour autant en revendiquer la paternité, les notations retenues étant différentes de celles utilisées en Orient et héritées des Indiens. Précisons que cet ouvrage était connu en Europe puisqu'il a été traduit en hébreu par Moïse Ibn Tibbon en 1271 à Montpellier.

II - La tradition algébrique des Pays de l'Islam selon Ibn Khaldun

Dans les prolégomènes, après avoir exposé les principes fondamentaux de l'algèbre, ce qui illustre d'ailleurs sa bonne maitrise de cette discipline, Ibn Khaldūn fournit de précieuses informations sur le relais des connaissances algébriques jusqu'à son époque : *« Le premier qui écrivit sur cette branche (l'Algèbre) fut Abū 'AbduAllāh Al- Khwārizmī, après lequel vint Abū Kāmil Shujā' mun Aslam. On a généralement suivi la méthode (d'al- Khwārizmī) et son traité sur les six problèmes de l'algèbre est un des meilleurs ouvrages composés sur la matière. Plusieurs auteurs, parmi les musulmans espagnols, ont écrit sur ce traité d'excellents commentaires, dont un des meilleurs est celui d'al-Qurash*ī (de Bougie). Nous avons appris qu'un des premiers mathématiciens

Sharh Lam‘ al-Hisâb, du mathématicien oriental Sibt al-Mâradînî, (1422-1506) copié en 1852 par Sa'id al-Halawi dit al-Bija'i. Ms. AG n° 01

de l'Orient a étendu le nombre des équations au-delà de ces six espèces, qu'il l'a porté à plus de vingt et qu'il a découvert pour toutes ces espèces des procédés (de résolution) sûrs, fondés sur des démonstrations géométriques » [14].

C'est cet ordre d'idées que nous avons justement adopté, dans ce qui suit, pour présenter le « cheminement » de la tradition algébrique du Maghreb.

III - Al- Khawārizmī, l'initiateur de la tradition algébrique des Pays de l'Islam

Le premier algébriste cité par Ibn Khaldūn est le mathématicien persan Muhammad Ibn Musa al-Khawārizmī (780-850), auteur du premier traité d'algèbre Kitāb al-Jabr wa-l-Muqābala. Le terme *Jabr* correspond à l'opération de transposition des termes négatifs d'un membre d'une équation dans l'autre, de telle sorte qu'il n'y est plus de part et d'autre que des termes positifs. Le deuxième terme Muqābala, signifie la simplification des termes semblables dans les deux membres d'une équation. Cette théorie concerne en fait la résolution, par des formules explicites, des équations des deux premiers degrés [1].

Dans la première partie de son livre, l'auteur, après avoir présenté le système décimal, commence par définir les termes primitifs, qui constituent les bases de son algèbre, à savoir : les nombres simples (*'Adad Mufrad*), l'inconnue, indifféremment appelée racine ou chose (*Jidhr* ou *Shay'*), de son carré (māl).

Après avoir introduit les termes primitifs, al-Khawārizmī introduit les six types d'équations canoniques suivantes:

Equations Simples

Type 1 : $a x^2 = b x$
(des Carrés qui égalent des Racines)
Type 2 : $a x^2 = c$
(des Carrés qui égalent un Nombre)
Type 3 : $b x = c$
(des Racines qui égalent un Nombre)

Equation Composées

Type 1 : $a x^2 + b x = c$
(des Carrés et des Racines qui égalent un Nombre)
Type 2: $a x^2 + c = b x$
(des Carrés et un Nombre qui égalent des Racines)
Type 3 : $a x^2 = b x + c$
(des Racines et un Nombre qui égalent des Carrés)

Ensuite, al-Khawārizmī donne les algorithmiques de résolution et démontre géométriquement les différentes formules des solutions. Il étudie quelques propriétés de l'application des opérations arithmétiques et de la racine carrée sur les trois objets de son algèbre. Par la suite, il donne une quarantaine de problèmes montrant comment on doit se ramener à l'une des six équations canoniques.

Dans la deuxième partie de son traité, al-Khawarizmi résout quelques problèmes concernant les transactions commerciales, l'arpentage, à l'aide des outils algébriques de la première partie. Il termine son ouvrage par l'application de l'algèbre en science des héritages [11], [16], [17]. Remarquons que le terme « algorithme » tire son origine du nom d'al-Khawarismi.

IV - Abū Kāmil, le principal continuateur d'al-Khawārizmī

Après le traité d'al-Khawārizmī, il y a eu une extension du calcul algébrique. L'apport le plus significatif est dû à l'égyptien Abū Kāmil Shujā' b. Aslam (850-930). Dans son traité d'algèbre, l'auteur reprend les idées de bases développées par al-Khwārizmī. Il tente de détailler et de clarifier certains points obscurs du traité d'al-Khwârizmî. Il déduit également de nombreux problèmes qui en majorité mènent à d'autres espèces d'équations que les six canoniques.

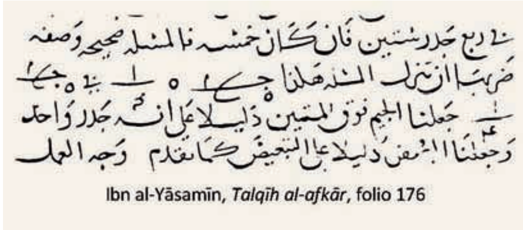
Abu Kamil commence par la résolution des six équations canoniques et le calcul algébrique. Dans la deuxième partie, il donne des problèmes d'application, tout comme al-Khawarizmi, mais avec plus de détails. Son apport apparaît dans la troisième partie du traité, dans l'étude d'équations où apparaissent des nombres irrationnels, en plus des entiers et des fractions habituelles, et dans la quatrième partie, dans le calcul d'éléments dans des polygones [1].

En plus des trois grandeurs définies par al-Khawārizmī (*'Adad*, *Jidhr*, *mal*), on observe (dans le traité d'Abu Kamil) d'autres grandeurs telles que le Cube (*Ka'b*), le carré du carré (*mal mal*), ainsi de suite, en combinant le *mal* et le *Ka'b*, jusqu'à la sixième puissance. Toutefois, tout comme son prédécesseur, Abū Kāmil n'utilise aucun symbolisme [1].

Alors que le traité d'al-Khwārizmī s'adresse à un large public, celui d'Abū Kāmil, plus détaillé, s'adresse à un public plus restreint. En effet, l'utilisation de deux propositions d'Euclide, la cinquième et la sixième du livre II, permet de simplifier les représentations des solutions d'une équation quadratique [17].

Exemple : Dans la résolution géométrique de la cinquième équation canonique $x^2 + c = bx$, al-Khawārizmī suppose que $b/2 > x$ pour aboutir à la première solution. Et pour le cas où $b/2 < x$ ou $b/2 = x$, qui exige deux autres démonstrations, l'auteur nous donne uniquement le résultat. Quant à Abū Kāmil, pour chacun des cas $b/2 > x$ et $b/2 < x$, il nous fournit deux démonstrations distinctes de l'existence d'une solution : l'une semblable à celle d'al-Khwārizmī et l'autre utilisant la cinquième proposition du livre II des éléments d'Euclide. De plus, il traite le cas où $b/2 = x$, et nous donne une démonstration par l'absurde de l'existence de la solution $x = b/2$ [11]

Après Abū Kāmil, on assiste à l'extension du calcul algébrique aux résolutions géométriques des équations de troisième degré [14]. C'est l'une des plus grandes contributions des mathématiciens musulmans. 'Umar al-Khayām (1048-1131) va réunir et compléter les recherches antérieures initiées par al-Khāzin et Abū l-Jūd. Celui-ci va partager toutes les équations de troisième degré en 25 types, tout comme l'a fait al-Khwārizmī pour les équations quadratiques. Il obtient, par la suite, les solutions par l'intersection de courbes bien choisies (cercle, hyperbole, parabole) [1], [11], [16], [17].



Le symbolisme spécifique au Maghreb était déjà connu au XII^e siècle. Ici dans le *Talqīh al-afkār,* d'Ibn al-Yāsamīn, folio 176.

V - Al-Qurashī et le prolongement de la tradition algébrique d'Abū Kāmil

Eléments biographiques

Le troisième mathématicien cité par Ibn Khaldun est al-Qurashī (mort en 1184). Originaire de Séville, il vécut et travailla à Bougie. Éminent mathématicien, spécialiste de l'algèbre et des Sciences des héritages, il eut de nombreux élèves. Parmi eux, citons Abū Muhamad al-Bijā'ī (m. 1223), l'un des Cadis et savants de Bougie cités par le bio-bibliographe al-Gubrīnī. Les nombreux biographes (Ibn al-Khatīb, Ibn Farhūn,…) lui attribuent trois ouvrages : un abrégé dans les récitations coraniques, un ouvrage en sciences des héritages et un important commentaire en algèbre. Toutefois, tous ces ouvrages sont considérés comme perdus.

Son commentaire d'algèbre

En parlant d'al-Qurashī, Ibn Khaldun affirme que parmi tous les commentaires du traité d'algèbre d'Abu Kamil, celui d'al-Qurashī est l'un des meilleurs qui ont été rédigés. Selon A. Djebbar, c'est l'unique commentaire qui a laissé des traces dans les écrits mathématiques maghrébins qui nous sont parvenus [11]

En ce qui concerne le contenu de ce traité, A. Djebbar, en se basant sur les informations fournies par Ibn Zakarriyā al-Garnātī (m. 1403) dans son ash-Sharh al-Kabīr (le grand commentaire explicatif) constate qu'al-Qurashī n'a pas fait un commentaire classique du traité d'Abū Kāmil. Il en a pris la matière et y a introduit quelques modifications : d'abord, au niveau de l'agencement des sujets exposés, en commençant par exemple par les opérations sur les monômes et les polynômes, avant d'aborder la résolution des équations.

Ensuite au niveau des équations canoniques simples, en changeant l'ordre traditionnel de leur exposition et de leur résolution. En fait, en occident musulman, et malgré la maitrise des opérations algébriques et la manipulation courante des polynômes et des équations associés, on trouve que la classification d'Abū Kāmil,- qui est la même que celle d'al-Khwārizmī, - prédomine. Exception faite d'Ibn al-Bannā' et al-Qurashī. En effet, chez ce dernier l'ordre des équations canoniques subi une permutation, tout comme al-Bīrūnī, al-Khayām et autres mathématiciens orientaux avant lui, et aboutit à :

Type 1 : $b\,x = c$
Type 2 : $a\,x^2 = c$
Type 3 : $a\,x^2 = b\,x$

On remarque que les équations sont ordonnées selon l'ordre croissant des degrés intervenant dans leurs premier et deuxième membres. Cette permutation, selon A. Djebbar, est due à des préoccupations, des orientations et une pratique nouvelles chez les mathématiciens musulmans postérieurs à Abū Kāmil. Notons que Fibonacci, qui semble être à l'écart de cette dynamique, du moins pour cette partie, a gardé la même classification qu'Abū Kāmil comme le prouve d'ailleurs ce passage extrait de son *Liber Abaci* :

« *1 Primus quidem modus est, quando quadratus, qui census dicitur, aequatur radicibus (x2 = b x).*
2- Secundus, quando census aequatur numero (x2 = c);
3- tertius quando radix aequatur numero (b x = c) ».
Scritti di Leonardo Pisano, publié par Baldassare Boncompagni, Volume I, Rome, page 406.

En revanche, Fibonacci n'a gardé l'ordre d'al-Khawārizmī et d'Abū Kāmil au regard de la classification des équations du deuxième type, comme on verra plus haut.

Enfin, al-Qurashī a introduit des démonstrations légèrement différentes de celles d'Abū Kāmil. Ainsi, dans la justification de l'existence de la solution de la quatrième équation canonique

$$ax^2 + bx = c,$$

alors qu'Abū Kāmil utilise la sixième proposition du Livre II des éléments d'Euclide, al-Qurashī aurait utilisé la septième proposition du même livre qui s'écrit dans notre langage algébrique évolué comme suit :

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

Pour finir, en plus de ces éléments, qu'Ahmed Djebbar attribue avec certitude à al-Qurashī, il suppose que les neuf équations qu'Ibn Zakariryā ajoute, dans le chapitre de son ouvrage consacré à l'algèbre, aux six équations canoniques, pourraient avoir été empruntées au traité d'al-Qurashī, qu'il cite d'ailleurs à plusieurs reprises, et qui se ramènent tout de même aux précédentes, soit par élévation au carré des deux membres de l'équation, soit après le changement de variable : $X=x^2$. Il fait également la même supposition concernant les problèmes de salaires et de mesures qui figurent dans la partie réservée aux applications de son chapitre d'algèbre.

L'existence de ce traité montre que l'enseignement de l'algèbre à Bougie, et en Occident musulman avait atteint un niveau élevé au moment du séjour de Léonardo Fibonacci.

VI – Ibn al-Banna' et la transmission de l'algèbre

La tradition mathématique médiévale du Maghreb peut être cernée à partir d'un savoir stabilisé [13]. En effet, c'est au cours des XIII^e^–XIV^e^ siècles que se fixe le contenu de cette tradition et sa pédagogie, sous l'influence déterminante de l'école de Marrakech avec, à sa tête, le célèbre mathématicien Ibn al-Banna' (1256 –1321), qui sera relayé par ses élèves, puis par ses commentateurs. Plusieurs d'entre eux sont effectivement originaires d'Algérie et de Tunisie.

Les *Isnad* représentent une chaîne d'autorités, partie essentielle de la transmission d'une tradition (ou du savoir). Abu l'Abbas Ahmed, descendant direct des princes hammadites (cf. [2]) a été un disciple direct d'Ibn al-Banna'. L'*Idjaza* (diplôme) que lui a délivré son maître, a été retrouvé dans la copie du *Talkhis*, côté 788, du fonds de manuscrits de la Bibliothèque de l'Escurial (Espagne). Ce manuscrit se termine par la mention si précieuse : « *A la fin de l'original, avec lequel cette copie a été collationnée, figure littéralement ce qui suit* :

« Ecrit par Ahmed b.al-Hassan b. 'Abderrahman b. al-Mo 'iz b. al- 'Aziz Billah b. al-Mansur b. an-Nasir b. 'Alannas b. Hammad al-Himiyari, le premier jour de Gumada II de l'année 702 de l'Hégire (=1302) ». *Puis de la main de l'auteur* : « J'autorise le jurisconsulte … Abul 'Abbas Ahmad b. al-Hassan, ci-dessus nommé, à rapporter, d'après moi mon livre du « *Talhis A'mal al-Hisab* », mon livre « *de la connaissance des temps par le calcul* » ainsi que mon ouvrage « *de l'algèbre* », qu'il a réunis de sa main dans ce recueil… Il a étudié ces livres, sous ma direction, d'une façon précise, et avec maîtrise ». Fait et écrit de la main d'Ahmad b.Muhammad b. 'Utman al-Azdi, le dernier jour de Gumada 1^er^ de l'année 708 H (=1308) ».

Parmi les autres élèves importants d'Ibn al-Banna', citons :

– Le Tlemcénien al-Abili (mort en 1356), qui va être à l'origine de la constitution d'une importante école de mathématique à Tlemcen : al-Uqbani (1320–1408), Ibn

Zaghu (mort en 1445), Ibn Marzuk al-Hafid (1364 – 1439), al-Ukbani II (mort en 1456), al-Qalacadi (1412 – 1486), al-Machdaly (Bougie 1419 – Alep 1461), Abu 'Ali Aberkan (1353 – 1453), al-Sanusi (1426 – 1490)... Par ailleurs, Ibn Khaldun (mort en 1406) a suivi ses cours à Tunis. C'est probablement cet enseignement qui va être à l'origine des écrits de ce dernier sur les mathématiques dans la *Muqqadima*.

– le Marocain al-Luja'i, qui aura deux élèves algériens célèbres : le Constantinois Ibn Qunfudh (1339 - 1406) et le Bougiote Ibn Haydur (mort en 1413). Tous deux seront des commentateurs importants d'Ibn al-Banna'. C'est d'ailleurs à partir de leurs écrits que sera constituée la biographie du maître.

L'école d'Ibn al-Banna est caractérisée par l'affranchissement total de toute représentation géométrique en algèbre, l'extension des opérations de l'algèbre au zéro, de nouvelles démonstrations pour des problèmes classiques, enfin, une intervention de l'algèbre en géométrie par le biais des équations [13]. De nombreux mathématiciens commenteront les ouvrages d'Ibn al-Banna', soit en faisant leurs les propos du Maître, soit en les enrichissant d'autres apports antérieurs ou encore d'apports inédits.

En plus du *Kitab al-Usul* (voir chapitre suivant), deux ouvrages fondamentaux d'Ibn al-Banna' retiennent l'attention des historiens des mathématiques :

– Le *Talkhis A'mal al-Hisab*, qui est un cours dicté à ses élèves. Il s'agit d'un précis relatif aux opérations de calcul. Cet ouvrage a joué un rôle fondamental dans l'enseignement, comme le prouve le nombre très important de ses commentaires, pas simplement au Maghreb, mais également en Orient et en Andalousie. En effet, Ibn al-Banna' énonce une suite de résultats en l'absence totale de toute justification. C'est pourquoi, il fournira les démonstrations dans le principal commentaire, à savoir le *Raf'al-Hijab,* rédigé par Ibn al-Banna' lui-même.

– Le *Raf'al-Hijab*, rédigé en 1302. Ce commentaire ne doit pas être considéré comme un commentaire classique. En effet, Ibn al-Banna n'a pas voulu le composer pour expliquer le contenu mathématique du Talkhis, mais plutôt pour « *défendre son projet mathématique, donner les raisons de son choix de la matière mathématique contenu dans le Talkhis et expliquer certaines de ses formulations ayant fait l'objet de critique* ». Il s'agit donc d'un complément théorique du *Talkhis*. La deuxième partie du Livre II concerne l'algèbre.

VII - Le *Kitab al-Usūl fī al-Jabr wa l-Muqābala* d'Ibn al-Banna

Discussions sur l'origine de l'ouvrage

En 1938, H. P. J. Renaud a rapporté les écrits de nombreux biographes et chroniqueurs. C'est le cas d'Ibn al-Qādhī, qui dans son Durat al-Hijāl, affirme que l'algèbre d'Ibn al-Bannā', et par là il entend le livre Kitab al-Usūl wa l-Muqadimāt fī al-Jabr wa l-Muqābala, serait un abrégé du commentaire de l'imâm profondément versé dans les sciences mathématiques, Abū al-Qāssim al-Qurashī, habitant Bougie [Renaud, 1938].

Cette information est confirmée dans la chronique intitulée al-Ifādāt wa l-inshādāt, d'ash-Shātibī (m. 1388). Celui-ci raconte deux anecdotes. La première se déroule entre un des élèves et un des maîtres d'Ibn al-Bannā' : Abū Ja'far Ibn Safwān et Abī Bakr al-Qalalawssī, tous deux éminents savants andalous.

Contenu du *Kitāb al-Usūl*

Dans sa thèse, A. Djebbar a analysé et relevé les éléments nouveaux qui existent dans le Kitāb al-Usūl, le dernier grand ouvrage de l'Occident musulman qui, selon lui, suit totalement la tradition algébrique d'Abū Kāmil [11].

Il semble que ce traité soit partagé en deux parties. La première, qui a donné son titre à l'ouvrage, qui traite des fondements de l'algèbre, est partagée en trois chapitres. D'abord l'arithmétique des irrationnels puis celles des polynômes et enfin la résolution des équations canoniques et de celles qui s'y ramènent.

Dans cette partie, on trouve trois éléments nouveaux par rapport au livre d'algèbre d'Abū Kāmil :

1) L'extension de la division à l'aide des quantités irrationnelles de la forme : n + racine carrée de m + racine carrée de p.

2) La réduction des trois équations de deuxième degré à une même forme :

$$(x+b/2)^2 = (b/2)^2 + c$$

Qui n'est plus justifiée par des arguments géométriques mais par deux identités, qui sont une algébrisation des propositions 4 et 7 du livre II des Éléments d'Euclide :

$$(a+b)^2 = a^2 + 2\,a\,b + b^2$$
$$(a-b)^2 = a^2 - 2\,a\,b + b^2$$

3) La résolution d'équations polynomiales de degré supérieur à deux qui se ramènent soit à l'équation $x^3 = a$, à l'aide du changement de variable $X = x^3$, soit à l'une des équations canoniques du second degré, à l'aide du changement de fonction : $X=P(x)$, $P(x)$ étant un polynôme de degré inférieur ou égal à 2.

Dans la deuxième partie du Kitāb al-Usūl, qui traite de la résolution des différents types de problèmes à l'aide des méthodes algébriques, A. Djebbar constate que les énoncés et les solutions sont, à de rares exceptions, une reprise des problèmes d'Abū Kāmil, parfois même à l'identique, où il écarte toutefois tous les problèmes semblables à un modèle déjà traité, ainsi que les problèmes diophantiennes de la troisième partie du livre d'Abū Kāmil. Notons que l'auteur commence par exposer et résoudre les problèmes qui sont à solutions entières ou rationnelles puis, dans un dernier chapitre, ceux à solutions irrationnelles [11].

VIII - Les Algébristes du Maghreb postérieurs au XIII[e] siècle

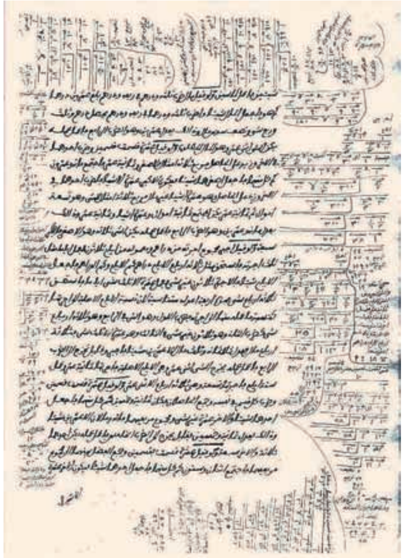
Ibn Haydūr et son traité sur les systèmes d'équations

Ibn Haydūr (mort en 1413) est présenté par le biographe Ahmad Baba at-Tumbukti, comme un éminent mathématicien du Maghreb, spécialiste dans la science du calcul et des Partages successoraux. Il a rédigé des *Sharh* (commentaires explicatifs) sur *al-Talkhīs* d'Ibn al-Bannā', intitulé *at-Tamhīs fī Sharh at-Talkhīs*, et sur le *Raf' al-Hijāb* (du même auteur), le premier intitulé *Tuhfat at-Tullāb wa Umniyat al-Hussāb fī Idāh sir al-Hissāb*, et le second intitulé *Tuhfat at-Tullāb fī Sharh mā Ashkala min Raf' al-Hijāb* [M. Aballagh, 1984]. Remarquons que le dernier chapitre de ces deux traités d'Ibn al-Bannā' sont consacrés uniquement à l'algèbre des équations quadratiques.

Dans son commentaire *Tuhfat at-Tullāb* et en conclusion lorsqu'il commente les procédés de résolution des systèmes d'équations du premier degré par la méthode de double fausse position, Ibn Haydūr affirme l'existence de plusieurs autres méthodes de résolutions que celle exposée par Ibn al-Bannā', il nous renvoie à son propre ouvrage sur le sujet qu'il a intitulé *Maqāla fī Mass'alat at-Tuyūr* (traité sur les problèmes des oiseaux) [11].

Massa'il at-Tuyur (problèmes des oiseaux)

En fait, le *Maqalat* d'Ibn Haydur concerne des problèmes qui sont résolus à l'aide de systèmes linéaires indéterminés à solutions entières et positives qui sont connus chez les musulmans sous la dénomination *Massā'il at-Tuyūr* (problèmes de oiseaux), car le problème intervient toujours dans l'achat de divers types de volatiles, dont on connait le nombre total et le prix de l'unité, avec une somme d'argent donnée [J. Sesiano, 1999].



Ms. Laleli 2134/2 (Bibliothèque Sulaymaniyya Istanbul) est une copie du célèbre traité d'algèbre d'Ibn al-Haim (1352 – 1412)

Soit x_i le nombre de volatiles de la ième espèce, ai le prix unitaire de chacune d'elle, N le nombre total de volatiles à acheter, et S la somme d'argent à débourser. Dans notre écriture algébrique évoluée, le problème revient à résoudre le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} x_i = N \\ \sum_{i=1}^{n} a_i \, x_i = S \end{cases}$$

Pour rédiger son traité, Ibn Haydūr aurait bien pu s'inspirer de l'opuscule d'Abū Kāmil, ainsi d'ailleurs que des traités d'autres algébristes tel que al-Karajī. Toutefois, le traité d'Ibn Haydūr, affirme A. Djebbar, est le seul ouvrage d'algèbre, et uniquement d'algèbre, de l'occident musulman qui est postérieur à *Kitāb al-Usūl* d'Ibn al-Bannā', et sans être, de plus, un commentaire d'ouvrages antérieurs.

Fibonacci et les problèmes d'oiseaux

Les problèmes d'oiseaux sont présentés par Fibonacci dans deux problèmes du Chapitre XI du *Liber Abaci* (1202) « Sur l'alliage des monnaies[1] »: le premier avec

1 On a traduit ici le mot latin "consolamine" par alliage ; en italien ancien on dit « allegazione ou alligazione » qui découle d'« allegare ou alligare».
Dans les traités italiens d'abbaco on dit « alegare et consolare les monnaies». Cf. Van Egmont, 1976, p. 176.

30 oiseaux de trois types différents pour 30 deniers et le deuxième avec trente oiseaux de 4 types différents pour les mêmes deniers (cf. [9]). Il utilise une méthode qui découle des règles de l'alliage des monnaies, qu'il appelle « distinctions » (Lat. *differentiae*) Les susdites règles sont issues de la division proportionnelle, qui en Europe étaient connues comme « règle de compagnie ». Fibonacci, dans la 7e distinction[2], étend la même procédure de résolution à des problèmes similaires. Il formule une méthode plus générale dans la *Lettre à maître Théodore* [8].

Notons qu'il n'y a aucune ressemblance entre la procédure utilisée par Léonard de Pise et celle employée par Abu Kamil, qui utilise une méthode de type algébrique qui amène au traitement des systèmes indéterminés et à l'analyse combinatoire. Il dénombre les solutions entières du problème en tenant compte de certaines contraintes.

Léonardo Fibonacci emploie dans le douzième chapitre de son *Liber Abaci*, la méthode de la fausse position pour résoudre un ensemble de problèmes appelés problèmes des arbres (*questiones arbororum)* qui peuvent être exprimés sous la forme ax±b/*c*· x = s. et qui découlent des mathématiques égyptiennes. Fibonacci présente, par la suite, dans le treizième chapitre, la méthode de double fausse position, qu'il appelle selon le modèle arabe « regula elchatayn » avec une variante [(Vogel, 1970, p. 706)].

Fibonacci pose les deux (fausses) solutions arbitraires et les erreurs et résultantes, mais il établit , au deuxième essai, laquelle des deux erreurs est la plus proche de la vraie valeur pour déterminer le nombre qu'on doit choisir pour obtenir la solution correcte à l'aide d'une proportion pour la recherche du 4e proportionnel où le premier terme est la différence entre les deux positions, le deuxième terme est la différence entre les erreurs, le troisième terme est l'erreur la plus proche de la vraie valeur.

Al-'Uqbānī et son commentaire d'algèbre

Originaire de Tlemcen, le mathématicien Sa'īd al-Uqbānī (1321-1408) exerça la fonction de Cadi de la communauté à Bougie, lorsque le sultan mérinide Abī 'Inān prit possession de cette ville entre 1353 et 1358, « *à une époque où les savants foisonnaient* » (cf. Ibn Farhūn).

En mathématique, al-'Uqbānī a rédigé trois commentaires explicatifs. Le premier sur le célèbre traité en science des héritages d'al-Hawfī (mort en 1192). Le second sur le traité *at-Talkhīs*, d'Ibn al-Bannā', qui, rappelons-le, renferme un chapitre entier en algèbre. Dans cet ouvrage, al-'Uqbānī semble être l'un des derniers mathématiciens maghrébins à utiliser dans ses démonstrations les propositions des Éléments d'Euclide ou des outils empruntés à des ouvrages antérieurs de la tradition mathématique arabe [11].

Enfin, le dernier commentaire d'al-'Uqbānī, est celui qu'il a fait sur le poème didactique en algèbre d'Ibn al-Yāsamīn (p.5) (m. 1204). Ce dernier, composé de 54 vers, contient les algorithmes de résolution des six équations canoniques, suivis de deux méthodes de résolution des équations quadratiques non unitaires, et ce termine par les règles de calcul sur les expressions algébriques [1].

IX – Algèbre et Science des Héritages: la méthode d'al-Qurashi

Application de l'Algèbre

Il y a de nombreuses applications des procédés algébriques. D'ailleurs, au début de son livre d'algèbre (*Kitāb al-Jabr wa l-Muqābala*), al-Khwārizmī précise qu'il a composé son ouvrage pour servir les gens en matière d'héritages et de testaments, de participations, de jugements, des transactions, d'arpentages, de creusements des canaux et de géométrie.

Exemple 2 [E. Laabid, 2009] : « *Un homme décédé laisse quatre fils. Il lègue en outre du tiers de l'héritage une portion qui est égale à la part de l'un des fils moins un tiers de ce qui reste du tiers après en avoir prélevé la part* » : problème N°41 du chapitre des testaments du *Mukhtasar* d'al-Hūfī.

Entre les doctrines Malékite et Hanafite apparait une différence d'interprétation que donne chacune d'elle à l'expression « la part de l'un de ses fils ». Pour la première, elle signifie : la part qui revient au fils s'il n'y a pas de testament. Mais, pour la seconde il s'agit de la part qui revient au fils, si le légataire est, lui-même, considéré comme un autre fils.

Désignons par z l'héritage, y le testament et x la part qui revient à chaque fils. La mise en équation de ce problème aboutit au système (M) selon l'école malékite, exprimé comme suit : $z - y = 4x$

$$y = (1/4)z - (1/3)[(1/3)z - (1/4)z]$$

Et aboutit au système (H) selon l'école hanafite, exprimé comme suit : $z - y = 4x$

$$y = x - (1/3)[(1/3)z - x]$$

On remarque que c'est le système (H) qui exprime un aspect cyclique puisque la détermination de x dépend

2 "Septima vero differentia erit de regulis ad consolamen pertinentibus". Cf. Buoncompagni B., Op.Cit., Vol.I ,p.144, fol.60 v., lg.10-11.

de celle de y et inversement, et qui nécessite ainsi un processus de résolution algébrique. Par contre, pour le système (M), x et y ne dépendent en fait que de z.

La méthode d'al-Qurashi

L'algébriste al-Qurashī a mis au point une méthode nouvelle dans le domaine des héritages, appelée *Tarīqat al-Farā'idh bi-l-Kussūr* (méthode des fractions en science des héritages). Celle-ci est considérée par les mathématiciens des XIVe et XVe siècles comme une grande innovation.

La méthode d'al-Qurashī est basée sur la décomposition des nombres en facteurs premiers pour la réduction au même dénominateur des fractions qui interviennent dans la répartition d'un héritage donné [Zerrouki, 1995].

Pour déterminer le PPCM (Plus Petit Commun Multiple) des trois entiers (4, 6, 10), le mathématicien al-Qalasādī procède comme il suit : « *Pour cela il existe une autre méthode (après avoir exposées les deux autres méthodes présentées ci-après) qui consiste à décomposer chaque nombre en facteurs premiers, ensuite tu prends de l'un des nombres ses facteurs premiers, et des autres nombres les autres facteurs sans répétition, et en multipliant cous les facteurs tu obtiens le résultat recherché (le PPCM). Exemple : On décompose 4 en facteurs premiers, c'est-à-dire en 2 et 2, ensuite on décompose 6, c'est-à-dire en 3 et 2, et enfin 10, c'est-à-dire en 5 et 2. Si on prend les diviseurs de 4, on prend parmi les diviseurs de 6 uniquement 3, et parmi les diviseurs de 10 uniquement 5. En multipliant tous ces nombres on obtient 60, et c'est le résultat recherché. La décomposition des nombres en facteurs premiers est à la base de la méthode des fractions en science des héritages qui a été développée par Abū al-Qāssim 'Abdurahmān ban Yahyā et qui a mis ses bases et expliqué tous ses termes…* » : *Sharh Farā'ih Mukhtasar Khalīl* (Ms. 4765, Bibliothèque de l'université du Roi Saud, Arabie Saoudite).

La méthode des fractions d'al-Qurashī en science des héritages a crée une grande dynamique dans la composition d'ouvrages et dans l'enseignement de cette science. De nombreux mathématiciens, tels qu'al-'Uqbānī (m. 1408) et al-Qalāsadī (m. 1486) vont rédiger des manuels, sur cette méthode, afin de l'expliquer, et d'illustrer son utilisation.

X – Les mathématiques à Bougie et Fibonacci

Léonardo Fibonacci à Bougie

La ville de Béjaïa a eu le privilège d'accueillir vers la fin du XIIe siècle le jeune Leonardo de Pise. Nous le savons grâce à son propre témoignage dans le Prologue du *Liber Abaci* [8], [5]. Ses séjours à Bougie et dans les autres centres de la Méditerranée ont certainement largement influencé les mathématiques de Fibonacci : à Bougie, Léonard y aurait appris le calcul indien, la notation de fraction simple et de fraction composée, les fondements de l'algèbre d'après la tradition d'al-Khwārizmī et d' Abū Kāmil et grâce à son expérience de fils de marchand, la tradition mathématique arabe appliquée à l'art du négoce ; au cours de ses voyages dans l'Orient Musulman, par contre, il aurait pu venir en contact direct avec l'œuvre d'al-Karajī dont l'influence sur la section algébrique du Liber est reconnue, comme on a déjà vu, par certains auteurs. Le jeune Leonardo vit alors aux côtés de son père dans un milieu marchand ; habitué aux affaires, et donc aux calculs. C'est vraisemblablement à Béjaïa qu'il entre pour la première fois en contact avec l'héritage mathématique des pays de l'Islam. Cela suppose évidemment qu'il était en mesure de suivre et de comprendre cet enseignement (voir dans ce volume l'article de Dominique Valerian et Djamil Aïssani).

L'algèbre de Léonard de Pise

De nombreux chercheurs affirment que Léonardo Fibonacci, tout comme les mathématiciens maghrébins, ignore tout de l'évolution de l'algèbre et de l'arithmétique des siècles arabes successifs (comme c'est le cas d'Umar al-Khayyām et de son école), et se lient à une tradition plus ancienne, celle du neuvième et du dixième siècle représentée par al-Khwārizmī et Abū Kāmil. En fait, l'Occident musulman, affirme J. Sesiano, pour des causes géographiques et aussi politiques n'avait guère eu connaissance des développements orientaux depuis le milieu du dixième siècle. Voilà donc un point commun entre Fibonacci et les mathématiciens maghrébins. D'autre part, dans le quinzième chapitre de son *Liber Abbaci* consacré à l'algèbre, il s'avère que, selon Roshdi Rashed sur quatre-vingt-neuf problèmes, soixante-quinze sont une reprise à l'identique, ou bien avec quelques légères variations insignifiantes, tel que un changement des coefficients numériques, des problèmes qui figurent dans le livre d'Abū Kāmil et d'al-Khawārizmī.

La troisième section du chapitre 15 [cf. Boncompagni, *Scritti,* ch. XV, partie 3°, p.406] s'occupe des problèmes algébriques du deuxième degré ou reconductibles au deuxième degré. Léonard fait référence à « Mauhmet », c'est-à-dire al-Khwārizmī , pour les six formes normales, 3 simples et 3 composées. Il appelle l'inconnue x *radix* ou *res* (« *jidhr*» ou « *shay* » *arabe*) ; pour x^2 il emploie *census* ou *quadratus* ou *avere* (la fortune, « *mal* » arabe), pour x^3 *cubus («ka'b» arabe*) pour x^4 *censuum census,* pour x^6 *cubus cubus* ; x^8 = *census census census census*. Le terme constant est appelé *numerus, denarius, dracma*. (*«'adad mufrad»*). La démarche de Fibonacci est la suivante : Il donne la règle générale suivie par la résolution d'une équation simplifiée ; ensuite il donne la justification géométrique du procédé, en appliquant comme Abu Kamil, les propositions 2.5 et 2.6 d'Euclide.

Il donne plusieurs variantes d'un même problème. Ce style d'exposition reflète les caractéristiques de l'ouvrage : il s'agit d'une Summa. Selon la tradition médiévale, la Summa était un texte qui rassemblait tous les commentaires connus sur un ouvrage classique ou sur un certain sujet. Fibonacci adopte cette approche pour les mathématiques et structure son ouvrage sur la base des différents types de problèmes et sur les solutions fournies pour chacun d'eux.

Justification géométrique des 6 formes normales

Comme on a déjà dit, Léonard utilise les 6 formes canoniques d'al-Khawārizmī pour résoudre une équation du deuxième degré , mais il change l'ordre des trois dernières équations composées. La classification courante des équations composées d'après al-Khawārizmī est : 4 $ax^2 + bx = c$ *;* 5 $ax^2 + c = bx$; 6 $bx + c = ax^2$. Fibonacci par contre présente et résout, d'abord le type 4ᵉ, puis le 6ᵉ et ensuite le type 5ᵉ. Les coefficients du type 5ᵉ et du 6ᵉ sont diverses par rapport à ceux qui ont été choisis par al-Khawārizmī dans son Algèbre ou dans ses adaptations latines.

Ainsi dans Fibonacci, on a :

Ordre	Fibonacci
4 $ax^2 + bx = c$	$x^2 + 10\ x = 39$
5. $bx + c = ax^2$	$10\ x + 39 = x^2$
6. $c = bx$	$x^2 + 40\ x = 14\ x$

Tandis que dans al-Khawārizmī et ses adaptations latines, on a :

Ordre	al-Khawārizmī	Gerardo da Cremona	Robert de Chester	Guglielmo de Lunis
4. $ax^2 + bx = c$	$x^2 + 10\ x = 39$	$x^2 + 10\ x = 39$	$x^2 + 10\ x = 39$	$x^2 + 10\ x = 39$
5. $ax^2 + c = bx$	$x^2 + 21 = 10\ x$	$x^2 + 21 = 10\ x$	$x^2 + 21 = 10\ x$	$x^2 + 21 = 10\ x$
6. $bx + c = ax^2$	$3\ x + 4 = x^2$	$3\ x + 4 = x^2$	$3\ x + 4 = x^2$	$3\ x + 4 = x^2$

Le même ordre d'al-Khawārizmī est présent dans l'Algèbre d'Abu Kamil. Ibn al-Banna présente dans le *Talkhis* la séquence des équations composées dans l'ordre d' al-Khawārizmī , mais dans l'exposition des méthodes démonstratives, présente d'abord le type 4° , le 6° (parce que les méthodes sont analogues) et enfin le type 5°.

Une autre différence avec al-Khawarizmi est caractérisée par le fait que ce dernier (et ses adaptations latines) donne les règles de résolution des équations dans le contexte d'équations spécifiques, tandis que Fibonacci donne d'abord les règles générales suivies par la résolution d'une équation « type » simplifiée et enfin il présente la justification géométrique du procédé. On peut comparer l'explication de la règle pour la résolution d'une équation du 6e type : $bx+c= ax^2$ donnée par al-Khawarizmi à celle donnée par Fibonacci.

Explication de la règle par al-Khwarizmi dans le cas spécifique de l'équation $3x + 4 = x^2$ [16]:

Les racines plus le nombre égaux aux carrés, c'est par exemple lorsque tu dis: trois racines et quatre en nombre sont égaux à un carré. Partage le nombre des racines en deux moitiés, on a un plus un demi ; multiplie-le par lui-même, on a deux plus un quart ; ajoute-le à quatre, on a six plus un quart ; prend sa racine qui est deux plus un demi, ajoute-la à la moitié du nombre des racines, qui est un plus un demi, on a quatre qui est la racine du carré et le carré est seize.

Explication de la règle par Fibonacci dans le cas spécifique de l'équation $x^2= 10x+39$ [8]:

Et quand il arrive dans la résolution de certaines questions que le carré est égal aux racines plus nombre, alors ajoute au nombre, le carré de la moitié des racines et ajoute à la racine du nombre qui en résulte , le nombre de la moitié des racines, ainsi tu auras la racine du carré cherché. Par exemple : un carré est égal à dix racines et 39 deniers ; ajoute le carré de la moitié des racines, c'est-à-dire 25, à 39 ; tu obtiendras 64, dont la racine, c'est-à-dire 8, tu ajouteras à 5, c'est-à-dire la moitié des racines ; le nombre obtenu, 13, est la racine du carré cherché ; qui est 169.

En conclusion, il paraît donc peu probable que l'Algebre d'al-Khawārizmī ou ses adaptations latines aient été les sources directes du *Liber Abaci*.

Il existe un autre ouvrage de Fibonacci où il est question également d'algèbre, le traité *Practica geometricae*, publié en 1220. C'est un ouvrage qui recense les connaissances géométriques et trigonométriques de son l'époque. Dans ce livre, certains problèmes conduisent l'auteur dans leurs résolutions à l'application de techniques algébriques empruntées à Abū Kāmil. En effet, sur vingt problèmes qui figurent dans le livre d'algèbre d'Abū Kāmil, concernant la détermination du côté d'un pentagone, ou d'un polygone de dix ou de quinze côtés, Fibonacci reprend dix-sept [S. Chalhoub, 1988].

En conclusion, l'influence d'Abū Kāmil sur l'œuvre de Fibonacci est très grande. De plus, le symbolisme qu'utilisera Fibonacci devait y être utilisé au moment de son séjour à Béjaïa. Le témoignage d'al-Gubrīnī, selon lequel al-Hassār (v. 1175) y était une référence pour la science du calcul, nous permet de le supposer.

XI - Évolution de la tradition italienne de l'algèbre par rapport à ses origines arabes

Luca Pacioli, dans son ouvrage *Summa de Arithmetica, geometria, proportioni et proportionalita*, imprimée à Venise en 1494, introduisit les règles de solution des équations de premier et second degré au feuillet 144v, dans une section (article sixième) dont le titre est : « Les trois règles, ou chapitres algébriques composés » [15]. Il écrit : « *Quand les cens et les choses sont égaux au nombre. D'abord il faut réduire toute l'équation à un cens : c'est-à-dire s'il y a manque d'un cens il faut aussi restaurer et suppléer. Et s'il y avait plusieurs cens il faut diminuer et réduire à un cens, ce qui se fera en divisant toute l'équation par la quantité des cens. Une fois cela fait, on divise les choses par deux. Et une moitié se multiplie par soi-même. Et l'on ajoute le nombre au résultat. Et la racine de cette somme moins la moitié des choses soit la valeur de la chose cherchée* ». Selon notre notation, cela peut se représenter par la racine carrée de b/2 au carré, plus c, moins b/2 , ce qui correspond à notre formule de solution pour ce cas.

Pacioli poursuit avec le chapitre « *Quando cosa e numero se eguaglia a censi* », c'est-à-dire avec le cas que nous pourrions écrire bx + c = x au carré. Autrement dit, Pacioli suit l'ordre des équations choisi par Abu Kamil et Fibonacci, et non pas celui d'al Khawarismi et sa postérité. Ensuite Pacioli donne des exemples pour l'usage des règles.

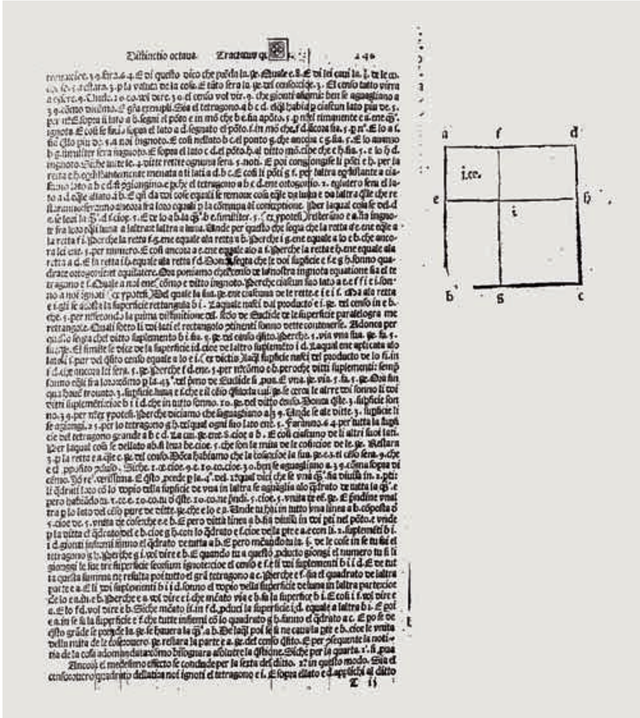
Fara'id du mathématicien andalou al-Qalasadi. Il y évoque la célèbre méthode des fractions de l'algèbriste de Bougie al-Qurashi (XII[e] siècle).

Exemple du premier des composés : Trouver un nombre qui uni à son carré soit 12. Pose aue le nombre soit 1 co. Elève qu carré, ce qui donne un ce., ajoute 1co. Donc 1 co. + 1ce. = 12. Divise les choses par deux : ½. Multiplie par soi-même : ¼. Ajoute au nombre, qui est 12, cela fait 12 ¼ . Et la racine de 12 ¼ - ½ moins la moitié des choses vaut la chose c'est-à-dire 3. Nous avons donc une structure du texte qui prévoit d'abord l'énonciation des règles pour les trois cas composés, ensuite des exemples pour les trois cas. Le point suivant sera la démonstration géométrique pour les trois cas.

A la feuille 145v, nous trouvons : Démonstration géométrique de l'équation du premier chapitre composé. Article 10. Les trois chapitres simples donnés démontrent par eux-mêmes la vérité de chaque égalité. Et ils n'ont pas besoin d'une autre démonstration palpable sinon par la simple déduction donnée. Mais les autres trois chapitres composés ont besoin d'une déclaration et d'une démonstration bien avisées afin que leur vérité apparaisse de manière adéquate.

Pacioli affirme qu'il veut donner cette démonstration pour chacun des « chapitres », et d'abord pour celui de *li censi e cose se eguagliano al numero, como a dire : 1 ce p 10 co son equali a 39*. Il faut avant tout appliquer la règle, qui nous fait calculer la moitié de 10, qu'il faut ensuite multiplier par soi-même, 25, qu'il faut ajouter à 39, fera 64, dont il faut extraire la racine, c'est-à-dire 8. On en prendra la moitié des choses, c'est-à-dire 5, le résultat sera 3, la valeur de la chose et la racine du cens, c'est-à-dire 3, tandis que le cens sera 9. On peut alors constater que les valeurs trouvées vérifient l'équation. C'est ici que Pacioli écrit: « *Et par exemple soit le carré*

Le *Liber Abaci* Léonardo Fibonacci. Ici, le problème des lapins. A droite du texte, de haut en bas, les 13 premiers termes de la suite de Fibonacci en chiffres Ghubar : 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233 et 355. (Manuscrit de la Bibliothèque nationale de Florence).



Luca Pacioli, dans son ouvrage *Summa de arithmetica, geometria, proportioni & proportionalita,*(Venise, 1494) introduisit les règles de solution des équations du premier et du second degré.

abcd qui mesure pour chaque côté plus de 5. Et sur le côté ab il faut marquer le point e de manière que be soit 5 et n ce qui reste ».

Pacioli donne la figure du carré abcd que nous reproduisons ici avec la page de son texte où elle apparaît, f. 146. Il faudra procéder de la même manière sur le côté ad, en prenant un point f qui soit 5, ainsi que sur le côté cd le point h et le point g sur le quatrième côté bc. Il écrit que ea et af sont inconnues. Il faut ensuite joindre les points e et h par une droite tracée parallèlement (*equidistantemente*) aux côtés ad et bc. Et pareillement il faut joindre g et f par une droite parallèle à ab et cd.

Pacioli démontre, sans besoin de citer les références classiques, que le segments de droites parallèles sont égaux. Les droites joignant les points sont en fait perpendiculaires entre elles et parallèles aux autres côtés. Ici Pacioli rappelle plutôt une *notion commune : « Si l'on enlève la même chose à deux choses égales, celles qui resteront seront encore des choses égales per la communa conceptione »*. Il s'ensuit que si l'on enlève les segments « 5 » des segments égaux da et ab, on aura que ea et af sont égales, quoique inconnues. Mais les segments ae et fi seront aussi égaux, puisque la droite fg est égale à la droite ab, dont on a soustrait respectivement ig et eb. De même, eh est égale à ad et ih est 5, égal à fd par construction. On parvient ainsi, par le seul recours à une notion commune, à la conclusion que le carré initial contient deux petits carrés : ef, gh. Notre hypothèse sera alors que le cens de notre équation sera le carré ef, dont tous les côtés nous sont inconnus. Sa racine est chacun de ces segments. C'est seulement à partir de ce point que Pacioli se réclame des connaissances contenues dans les *Éléments* d'Euclide.

Par la première définition du livre II d'Euclide – *tout parallélogramme rectangle est contenu par les deux segments qui forment un angle droit* - chacun des rectangles compris dans le grand carré de départ est contenu par deux segments dont l'un est la racine et l'autre 5. Son aire sera donc 5 co. Les deux rectangles sont égaux entre eux : Pacioli appelle ces rectangles *suplementi* et rappelle la proposition 43 du livre I des Eléments comme fondement de cette égalité : *dans tout parallélogramme, les suppléments des parallélogrammes autour du diamètre sont égaux entre eux*. Il y aura donc trois *superficies* (aires), dont l'une est le cens demandé, les autres sont les suppléments, qui font 10 co. Or le *chapitre* dont nous sommes en train de justifier la règle nous dit que la somme de ces trois aires est égale à 39. Si nous ajoutons à ces trois aires le carré gh, c'est-à-dire 25, construit sur 5, nous obtenons 64 pour le grand carré abcd, « dont la racine est 8 c'est-à-dire ab. » Si l'on soustrait 5 de 8 on obtient 3 comme racine du petit carré, le cens sera alors 9. Pacioli constate ensuite que l'équation de départ soit vérifiée par cette solution, et affirme que *« cela découle de la* *quatrième du livre II »*. Pacioli prolonge l'explication par un raisonnement explicite à partir de la proposition d'Euclide citée. Un folio plus loin, il propose une deuxième démonstration, qui se fonde sur la sixième proposition du livre II.

La démonstration de Pacioli semble, à première vue, reproduire fidèlement celle de Fibonacci. Les deux auteurs ont la même figure avec les mêmes lettres ; les deux travaillent sur la détermination du petit carré à partir des suppléments. En outre, les deux proposent la même démonstration alternative.

Toutefois, il y a un aspect qui rend les démonstrations de Pacioli un nouveau texte, c'est-à-dire l'introduction des références explicites aux définitions et aux propositions d'Euclide. En fait, Pacioli divise la première preuve de Fibonacci en deux volets : le premier volet de la preuve est un argument fondé sur les notions communes et le calcul des segments. Il s'agit de mathématiques qui à l'époque étaient considérées les plus fondamentales, propres à l'être humain comme le langage. Les notions communes sont bien présentes à l'esprit des savants de l'époque comme étant des connaissances innées et précédant toute connaissance. Le calcul des segments appartient à la littérature mathématique comme base de certains livres euclidiens mais aussi de façon indépendante, en tant que tradition pythagoricienne, y compris pendant le Moyen Âge.

Ici il y a deux segments, dont l'un est 5 et l'autre est plus grand que 5. Un segment initial, dont on enlève 5. Il sera donc notre a plus b, où b égal à 5 L'argument se tient parce que les segments sont en rapport. On associe des nombres à des lignes et cela est naturel. On visualise par le diagramme. En fait la preuve consiste en montrer que la composition de ces quantités géométriques donne le résultat. Comme les quantités correspondent à des nombres figurant dans l'équation, nous avons que la solution est justifiée. La règle correspond aux opérations sur les segments.

Toutefois, Pacioli ressent le besoin d'ajouter le deuxième volet de la preuve : il se propose pour la première fois de montrer les fondements euclidiens de la règle. Il faudra alors expliciter que la 1 def. Livre II entre en jeu, ainsi que la proposition 47 du I livre, et enfin la 4 du II . Cela devient compliqué parce qu'il faut que l'argument se tienne sur les références précises. Ici associer des nombres à des lignes est moins naturel, il faut faire des détours, ce qui rend la démonstration particulièrement longue. Nous avons vu de près le texte de Pacioli pour montrer sa ligne de raisonnement, mais aussi pour constater la prolixité de sa démonstration. Cela est d'autant plus évident si l'on songe au fait que nous avons paraphrasé et résumé son texte. Il ne semble pas que le problème soit le manque de notation symbolique, mais plutôt le manque d'habitude à mettre en évidence les points qui peuvent se fonder sur le texte d'Euclide. C'est un exercice qui ne manquera pas de faire école au cours du XVIe siècle. En fait, l'ajout des références à Euclide, et la structuration des démonstrations en fonction de ces références, seront la marque typique des textes adaptés à l'usage des collèges.

Par ailleurs, nous voyons là un projet de preuve assez articulé, puisqu'il donne deux démonstrations du même cas, comme Fibonacci, et la première en deux volets. Bien sûr, le fait de donner plusieurs preuves de la même solution fait partie de la tradition grecque, mais l'algèbre ne faisait pas partie de cette tradition. Cardan est parmi les premiers imitateurs de Pacioli sur ce point : il reprend explicitement le même texte avec les références, mais sait le rendre plus agile et plus court, aussi bien dans sa *Practica arithmeticae* (1539) que dans son *Ars magna* (1545). Sur cette justification de la règle, la tradition italienne de l'algèbre s'est désormais modifiée par rapport à ses origines arabes, pourtant déclarées et affirmées, aussi bien chez al-Khawarizmi que chez Abu Kamil.

Conclusion

La tradition algébrique du Maghreb s'inspire en grande partie des travaux de l'école du célèbre mathématicien égyptien Abu Kamil (850 - 930), qui semblent avoir été bien assimilés et bien diffusés à travers un enseignement d'un niveau comparable à celui des métropoles d'Orient (à la même époque). Ibn Khaldun est précisément un témoin de cette longue chaîne de transmissions. Cette tradition algébrique se caractérise par l'affranchissement total de toute représentation géométrique en algèbre, l'extension des opérations de l'algèbre au zéro, de nouvelles démonstrations pour des problèmes classiques, enfin, une intervention de l'algèbre en géométrie par le biais des équations.

A cette époque, le Maghreb est très actif, sans frontière. Cette liberté d'échanges favorise la mise en place d'une *terminologie commune*, une concurrence des critiques et des commentaires, et explique sans doute l'élaboration d'un *symbolisme propre* (à l'Afrique du Nord) [13]. L'activité mathématique du Maghreb était connue en Occident chrétien (voir dans [2]-[5] le cas du célèbre mathématicien italien Léonardo Fibonacci et dans [2] celui du philosophe catalan Raymond Lulle). La circulation des connaissances entre l'Occident chrétien et l'Occident musulman est manifeste, comme le montre la traduction du traité d'al-Hassar. L'analyse réalisée aux chapitres X et XI montre l'influence d'Abu Kamil, puis permet de cerner la période à laquelle la tradition italienne de l'algèbre va « s'émanciper » de ses origines musulmanes.

Il est possible d'avancer dans les éléments de transmission en considérant un autre fil conducteur : remplacer le développement sur les héritages par un problème de ce type : « *Trois hommes ont chacun un nombre d'Ecus : le premier, avec ½ des deux autres, en a 32 ; le second, avec 1/3 des deux autres, en a 28 ; le troisième, avec ¼ des deux autres, en a 31. Combien en ont-ils chacun ?* ». En effet, cela existe chez Léonardo Fibonacci, ensuite chez Peletier et Cardan et c'est important pour l'algèbre du XVI^e siècle.

Eva CAIANIELLO (Milan),
Giovanna CIFOLETTI (EHESS Paris)
et Djamil AÏSSANI (CNRPAH Alger)

Références

[1] Mehdi Abdeljaouad, *Une manière originale de représenter les objets mathématiques : les symboles arithmétiques et algébriques maghrébins (12^e – 18^e siècles),* IREM de Lille (2008).

[2] Djamil Aïssani *et al., Bougie médiévale : Centre de transmission méditerranéen, In the book « History and Epistemology in Mathematics Education »,* IREM Edition, Monpellier, 1993, pp. 499 - 506.

[3] Djamil Aïssani, *The Mathematics in the medieval Bougie and Fibonacci. In the book « Leonardo Fibonacci : Il Tempo, le opere, l'eredità scientifica »,* Pacini Editore (IBM Italia), Pisa, 1994, pp.67 – 82.

[4] Djamil Aïssani, *Centri del Sapere Magrebino ed i loro rapporti con l'Occidente Cristiano. Actes V Seminario Internazionale « Natura, Scienza e Società nel Mediterraneo »,* Unesco Ed., Cosenza (Italie), Mars 1999.

[5] Djamil Aïssani et Dominique Valerian, *Mathématiques, Commerce et Société à Béjaïa (Bugia) au moment du séjour de Leonardo Fibonacci*. International Journal "Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche, Vol. XXIII, Fas. 2, 2003, pp. 09 – 31.

[6] Djamil Aïssani e Dominique Valerian, *I Rapporti tra Pisa e Béjaïa (Bugia) in Epoca Medievale: un contributo alla costruzione della "Mediterraneita",* In the Book *"Pisa e il Mediterraneo",* a cura di Tangheroni M., Skira Ed., ISBN : 88-8491-520-1, Pisa, 2003, pp. 235 – 244.

[7] Djamil Aïssani et Giovanna Cifoletti, *L'Algèbre à Béjaia et Léonardo Fibonacci (XII^e – XIII^e siècles),* Séminaire spécialisé d'Histoire des Sciences, EHESS, Paris, 19 novembre 2009.

[8] Boncompagni, B.**,** *Scritti di Leonardo Pisano,* Vol I et II, Rome 1857-1862

[9] Eva Caianiello, *Le problème d'oiseaux : procédés de résolution dans l'histoire des mathématiques,* Proceedings of the 5^th European Summer University ESU 5, Prague July 19-24, 2007, pp. 327-342.

[10] Giovanna Cifoletti, *The Art of Thinking Mathematically,* Revue Early Science and Medicine, 11, 4, 2006, pp. 369-477, guest editor, et en particulier *"From Valla to Viète : the Rhetorical reform of Logic and its Use in Early Modern Algebra", pp. 390-423*.

[11] Ahmed Djebbar, *Les mathématiques dans le Maghreb médiéval,* Bulletin de l'Amuchma N° 15, Maputo, 1995.

[12] John Hannah, *False position in Leonardo of Pisa's Liber Abbaci,* Historia Mathematica 34 (2007) 306–332.

[13] Elisabeth Hébert, Djamil Aïssani and *al., Quelques aspects des mathématiques d'Ibn al-Banna (1321 - 1356) de Marrakech, IREM Ed., Rouen, 1995, 133 pages*.

[14] Ibn Khaldūn, *Les Prolégomènes, Traduits et commentés par W. Mac Guckin De Slane,* Berti Édition.

[15] Luca Pacioli, dans son ouvrage *Summa de Arithmetica, geometria, proportioni et proportionalita, imprimée à Venise en 1494,*

[16] Roshdi Rashed, *Fibonacci et le Prolongement Latin des Mathématiques Arabes,* Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche, Vol. XXIII, Fasc. 2 (Roma, 2003).

[17] Jacques Sesiano, *Une Introduction à l'Histoire de l'Algèbre, Résolution des équations des Mésopotamiens à la Renaissance,* Presses Polytechniques et Universitaires Romande (Lausanne, 19999). ISBN 2-88074-406-7.

Ibn Mun^{c}im et l'analyse combinatoire

Cours du mathématicien marocain Ibn Mun`im (mort en1228). Parmi ses élèves al-Qadhi ash-Sharif qui deviendra le maître d'Ibn al-Banna

Traité de mathématiques d'Ibn Mun'im contenant un chapitre consacré à l'analyse combinatoire.
Khizana des Zwawi à Chouatra (Bordj Ghdir)

LA NUMÉRATION DANS LES MANUSCRITS D'*AFNIQ N'CCIX LMUHUB* (Kabylie)

L'objectif de cet article est de présenter les différents systèmes de numération localisés dans les manuscrits d'Afniq n'Ccix Lmuhub.

Les manuscrits d'*Afniq n'Ccix Lmuhub*

« Dans ce pays, (…), sans savants, sans traditions savantes et même sans livres ». Ainsi s'exprimait le président de la société Historique algérienne (coloniale) lors de la séance inaugurale de l'Assemblée générale de la Société, le 23 avril 1863. Au moment où A. Berbrugger prononçait ces paroles, il existait au fin fond de la Kabylie une bibliothèque fonctionnelle de plus de trois cents (300) titres, dont beaucoup étaient considérés par les orientalistes de l'époque comme « *excessivement rares* », « *très précieux* » ou « *seul exemple* ». Tous les domaines du savoir y étaient représentés par les auteurs (du monde musulman) les plus classiques de l'époque.

De l'Andalousie à l'Extrême Orient et du IX^{e} au XIX^{e} siècle, la diversité des origines des auteurs (et des périodes de rédaction des ouvrages) est un bon indicateur de l'étendue des connaissances qui étaient alors à la disposition des érudits. En plus des vingt-trois disciplines répertoriées, la bibliothèque comprend des ouvrages divers (copies du Coran, voyage, éducation sexuelle, pratique de la correspondance, confection de manuscrits…). Les écrits de langue berbère et les traités de mathématiques (algèbre, science du calcul, géométrie, science des héritages, astronomie, astrologie) sont probablement les joyaux de la collection.

La *Khizana* (bibliothèque) de Cheikh Lmuhub a été incendiée en 1957 par le pouvoir colonial. Parqué dans un camp, son héritier Lmehdi demanda à sa bru de *« sauver ses livres »*. Zahira transporta alors les manuscrits restants sur son dos et ira les « enterrer » loin d'*Axxam Udellas*.

Ce n'est qu'en 1994 que les manuscrits, dans un état de détérioration très avancé, sont ramenés à Béjaïa par l'Association GEHIMAB (en accord avec la famille Ulahbib) pour y être reconstitués (le plus souvent feuillet par feuillet), restaurés, répertoriés et analysés dans le cadre de projets internationaux. Les 624 documents sont aujourd'hui regroupés au sein de la *Collection Ulahbib*. Le catalogue de cette collection a été divulgué en avant-première lors de l'exposition *Afniq n Ccix Lmuhub* (1996). La bibliothèque y était présentée dans son environnement naturel : le petit village kabyle de *Tala Uzrar* (la source aux galets) où elle a été constituée, ouvrage par ouvrage, au fil des ans.

Au cours de notre travail d'investigation pour reconstituer la *Khizana* et pour réaliser le catalogue, nous avons localisé divers systèmes de numération. Nous tenterons de les présenter dans cet article.

La Numération musulmane

Les auteurs musulmans depuis le Moyen âge ont employé plusieurs systèmes de numération :

- Numération alphabétique *(Hisāb bi'l Ğummal)*
- Les chiffres gubār, plus proche de nos chiffres arabes actuels, et qui ont été popularisés en Europe grâce aux travaux du mathématicien italien Léonardo Fibonacci (1172-1240).
- Les chiffres hindous (*al-'ārqām al-Hindīa)*, employés aujourd'hui en Orient.
- Les chiffres de Fès (connus sous le nom d'*al-Qalam al-Fāsī*).

Ḥisāb bi-l Ğummal

À l'époque médiévale, les érudits des Pays de l'Islam utilisaient la numération alphabétique, c'est-à-dire l'emploi des lettres de l'alphabet pour exprimer des chiffres, comme dans toutes les civilisations. Ibn Khaldūn avait nommé ce système, dans son ouvrage *la Muqqadima, Hissāb bi-l Ğummal* en affirmant qu'il est très ancien. Les auteurs musulmans l'utilisaient dans leurs différents écrits : science des héritages, poésie, astronomie, astrologie, divination. On peut également constater que les dates de construction de certains édifices des pays de l'Islam, comme les mosquées, palais, tombes, écoles sont exprimées avec ce système.

Ce système se compose de vingt-huit (28) lettres de l'alphabet arabe. Chaque lettre correspond soit à un chiffre, soit à un multiple de 10 ou de 100. En tout, les 28 lettres correspondent à 58 nombres. Ainsi, dans ce système ingénieux, qui était bien connu des lettrés locaux de la petite Kabylie, comme le prouvent les écrits retrouvés dans la *ḫizāna* de Cheikh Lmuhub, une phrase entière peut être digitalisée, c'est-à-dire évaluée en calculant la somme des valeurs *Abjadi* des lettres. Dans le tableau ci-dessous, on a réuni les deux variantes de ce système, l'une utilisée au Moyen-Orient, l'autre au Maghreb.

Valeur	Maghreb (Kabylie)	Orient	Valeur	Maghreb (Kabylie)	Orient
1	أ	أ	60	ص	س
2	ب	ب	70	ع	ع
3	ج	ج	80	ف	ف
4	د	د	90	ض	ص
5	ه	ه	100	ق	ق
6	و	و	200	ر	ر
7	ز	ز	300	س	ش
8	ح	ح	400	ت	ت
9	ط	ط	500	ث	ث
10	ي	ي	600	خ	خ
20	ك	ك	700	ذ	ذ
30	ل	ل	800	ظ	ض
40	م	م	900	غ	ظ
50	ن	ن	1000	ش	غ

Tableau : Valeurs abjadi des lettres

Huruf al-ġubār (Chiffres de poussière)

Le système de numération indien a donné naissance à deux variantes de chiffres. L'une d'elle est les chiffres *gubār* utilisés uniquement au Maghreb et en Andalousie. C'est dans le livre intitulé *Kitāb al-bayān wa al-tadhkār* (Livre de la démonstration et du rappel) du mathématicien al-Hassār (12e siècle) qu'on trouve pour la première fois ces chiffres. Ils sont également donnés par le mathématicien Ibn al-Yâsamîn (m. 1204). Le *Liber Abacci* du mathématicien Italien Léonardo Fibonacci (1170-1240), qui a eu un grand succès, semble avoir joué un rôle majeur dans la diffusion des chiffres *gubār* en Europe. En effet, à Bougie, Fibonacci se rendit très vite compte de l'importance du système de numération décimal de position, avec le fameux Zéro. Au fil du temps, les chiffres *gubār* ont légèrement changée ; actuellement ils se présentent sous la forme :

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

La planche 1 représente un carré magique conçu avec les chiffres *gubār*. Les chiffres ainsi répétés nous donnent une idée précise de leurs formes calligraphiques. En les comparant avec ceux des autres planches, on constate une nette ressemblance, sauf pour le chiffre **1** de la PL. 2, beaucoup plus proche de sa forme actuelle, et le chiffre **3** de la PL. 4.

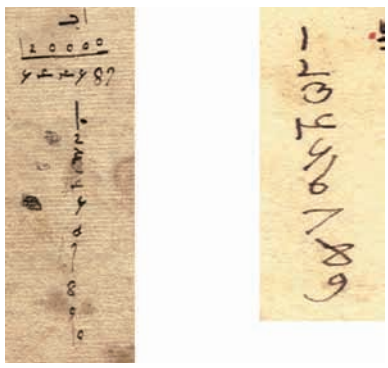


Figure 1. Chiffres *gubār* dans les manuscrits de la *Khizāna* de Cheikh Lmuhub

Chiffres hindous

La forme calligraphique moderne des chiffres hindous arabes employés aujourd'hui au Moyen-Orient :

٩ ٨ ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ٠

À travers les diverses dates, depuis le XVIIIe siècle, exprimées en chiffres hindous, inscrites dans nos manuscrits, on peut dire que leurs formes calligraphiques n'ont pas vraiment changés, à l'inverse des chiffres *gubār*.

Le manuscrit SC n° 14 de la *Khizāna* est un texte versifié qui décrit les formes calligraphiques des chiffres hindous. Il est très probable que cette technique de mémorisation par un poème permettait aux utilisateurs musulmans de bien mémoriser les formes exactes des chiffres hindous arabes.

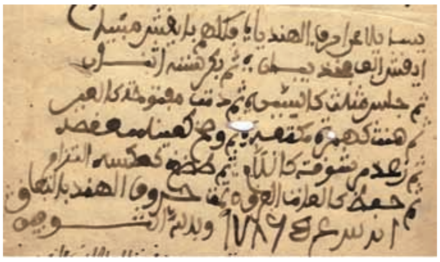


Figure 2. Poème sur la forme calligraphique des chiffres hindous. Ce manuscrit, catalogué SC n° 14, date du XIX[e] siècle.

Chiffres de Fès

La pratique des mathématiques en Afrique du Nord s'est inscrite dans la tradition musulmane issue de l'Orient. Cependant, dans le domaine de la science du calcul, il existe depuis l'époque pré-islamique, une pratique calculatoire qui utilise des symboles, qui sont appelés les chiffres de Fès. L'origine de cette pratique calculatoire est vraisemblablement le Maghreb Occidental. Cette pratique a persisté pendant plusieurs siècles puisque le célèbre mathématicien Ibn al-Banna (mort en 1321) a rédigé un manuel pour présenter son principe et son utilisation).

Les chiffres de Fès se distinguent des chiffres *ghubār* et hindous, c'est-à-dire des chiffres actuels, à la fois par leur nombre et par leur forme. Ce système de numération, peu connu et peu exploité, est composé de 27 symboles.

L'orientaliste G. S. Colin attribue les chiffres de Fès aux Grecs. De son côté, Ahmed Sakirj affirme également que les chiffres de Fès ont été attribués par erreur aux Fesois. D'ailleurs, ces mêmes chiffres, figurent dans les registres maritimes dans certains ports maghrébins, Ibn Kẖaldûn les désigne par l'expression *Zimām*.

Le manuscrit n° SC 5 d'*Afniq n'Ccix Lmuhub* est un poème de 'Abd al-Qādir al-Fāsī (1599 - 1680) sur les formes calligraphiques de chiffres de Fès. Certains d'entre eux sont une combinaison de lettres arabes. C'est le cas, par exemple du chiffre 8 qui est composé de deux lettres : le « ك » et le « ه ». On remarque également que les trois chiffres 5, 6 et 7 sont exprimés en chiffres *ghubār* (voir la PL 5 de la Figure 1).

Pour terminer, signalons qu'une barre sous une lettre des chiffres de Fès signifie la multiplication par 1 000 ; remarquons ici que les Romains mettaient aussi une barre au-dessous des lettres pour désigner les milles (Monteil 1978).

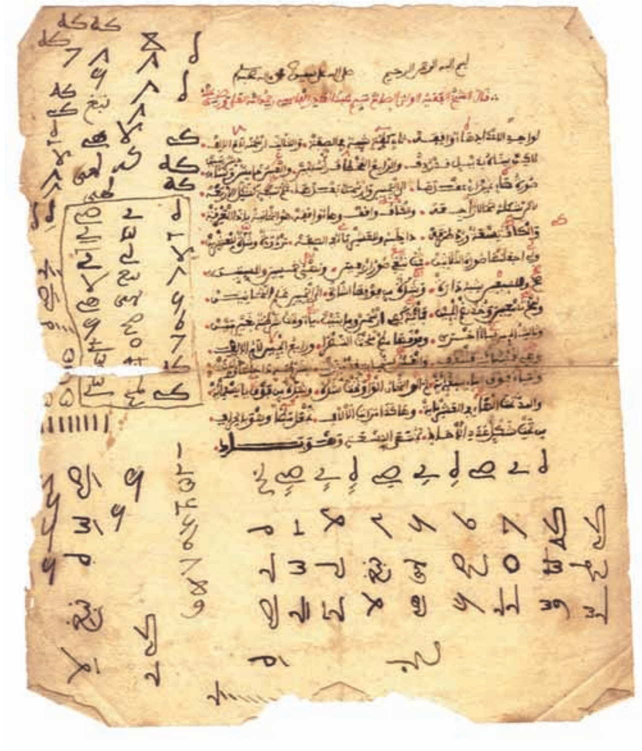


Figure 3. Description des chiffres de Fès.
Poème de 'Abd al-Qādir al-Fāsī (1599 - 1680).
Manuscrit SC n° 5 (*Afniq n'Ccix Lmuhub*).

Le Système de Chiffres Naturels

Chiffres en centaines, dizaines et unités

Figure 4. Les 27 symboles du système de chiffres naturels classés parallèlement avec les lettres du système de numération *Abjadi*. Extrait du manuscrit AST n° 21 (*Afniq n'Ccix Lmuhub*).

Dans le manuscrit n° AST 21 d'Afniq n'Ccix Lmuhub relatif à *'Ilm al-hurūf* (arithmomancie), plusieurs savants *sont cités*. Parmi eux, al-Mugribī, considéré par Ibn Khaldūn comme spécialiste de travaux astrologiques et divinatoires à l'aide des "chiffres parallèles" connus dans les textes divinatoires sous le nom *al A'dād al-Muthhāba* (Les nombres amiables). Il cite également les mathématiciens al-Mağritī (950-1007) et al-Bābilī. Dans la dernière page de ce manuscrit figure

Sharh Farâ'id Khalîl Ishaq de 'Alî b. Muhammad b. 'Alî al-Qalasâdî (m. 891h/1486) — Date de la copie : 1229h./1814 — Ms. n° SH 01

une liste de 28 symboles classés parallèlement avec les lettres du système de numération *Abjadi*.

Ces symboles appelés *al-Qalam al-Tabī'ī* (chiffres naturels) désignent vraisemblablement des nombres. En effet, la désignation *al-Qalam* est consacrée spécialement aux chiffres (*Qalam al-gubārī*pour les chiffres *ghubār* et *Qalam al-Hindī* pour les chiffres hindous). Parmi les autres éléments qui nous amènent à penser qu'il s'agit bel et bien de valeurs numériques, le symbole o, un petit cercle qui est utilisé pour désigner les dizaines, les centaines et les milliers.

Ce système de numération a été signalé par l'orientaliste Monteil, et a fait l'objet d'un article intitulé : *La Cryptographie chez les Maures - Note sur quelques alphabets secrets du Hodh*. Dans cet article, Monteil a décrit les symboles en question (Monteil 1951 : 1259). Il apparaît clairement qu'ils sont identiques à ceux du manuscrit que nous présentons ici.

Ces symboles figurent dans deux autres manuscrits de la collection. Le premier est un manuscrit attribué à al-gazalī sur les carrés magiques. Le second est le manuscrit DL n° 40 copié en 1857 par Bachīr Ūlahbīb, le père de Lmūhūb.

Conclusion

Les informations fournies dans cet article donnent une idée précise sur la diversité des manuscrits qui circulaient en Kabylie au XIXe siècle.

Djamel Eddine MECHEHED et Djamil AÏSSANI
Association Gehimab - Béjaïa

Références

[1] Aïssani D. et Mechehed D.E., *La Khizana de Cheikh Lmuhub : Reconstitution d'une Bibliothèque de Manuscrits du XIXe siècle, In the Book « Les Manuscrits Berbères au Maghreb et dans les Collections Européennes : Localisation, Identification, Conservation et Diffusion »,* Perrousseaux Ed., Paris, 2007, pp. 79 – 112. ISBN 10 : 2-91-122018-8.

[2] Aïssani D. et Mechehed D.E., *Manuscrits de Kabylie : Catalogue de la Collection Ulahbib,* Association Gehimab Ed., 1996. 2e édition : CNRPAH Ed., Alger, 2011, 215 pages.

[3] Aïssani D., Mechehed D.E., *Une Bibliothèque Savante de Manuscrits au fin fond de la Kabylie* (à paraître aux éditions Publisud, Paris).

[4] Colin G.S., *De l'origine grecque des chiffres de Fès,* Journal Asiatique, 1933, pp. 193 – 215.

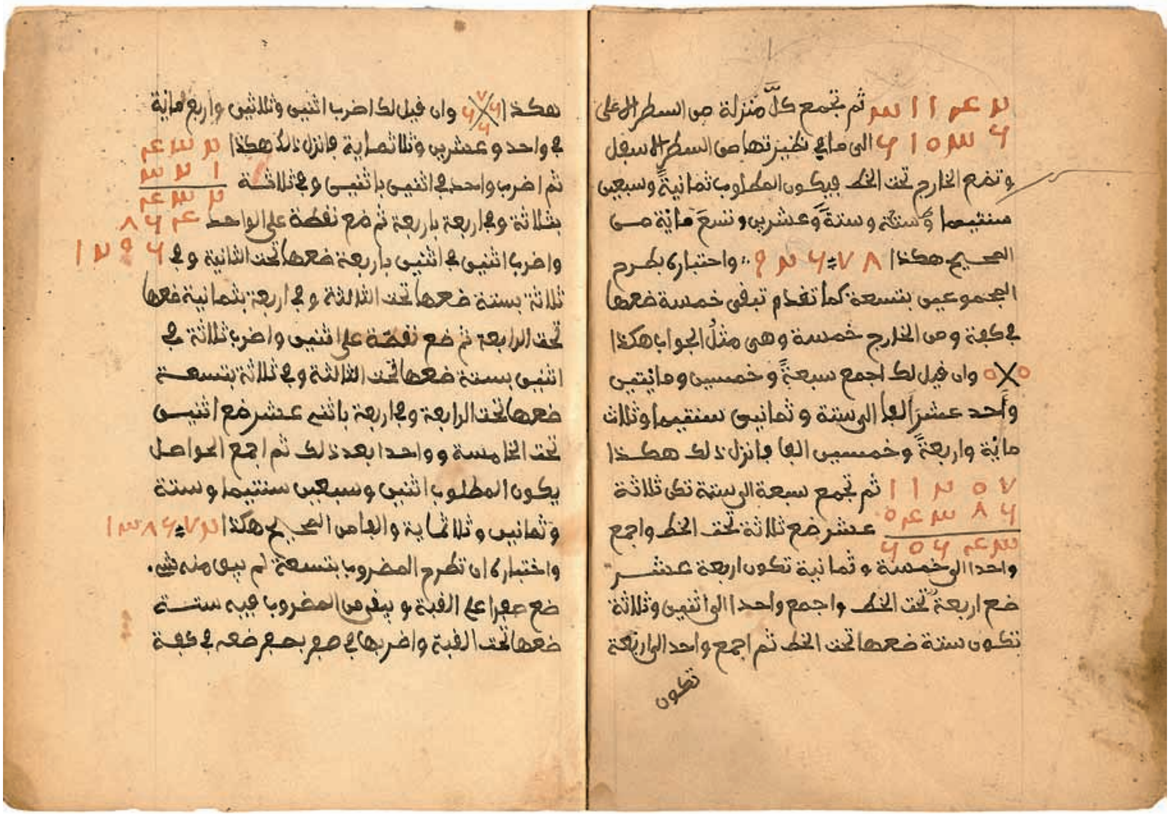
[5] Mechehed, D.E., *L'organisation des notices de catalogage des manuscrits arabes et berbères, cas de la collection Ulahbib Béjaïa,* In the Book « Les Manuscrits Berbères au Maghreb et dans les Collections Européennes : Localisation, Identification, Conservation et Diffusion », Perrousseaux Ed., Paris, 2007, pp. 129–141. ISBN 10 : 2-91-122018-8.

[6] Monteil, V. La Cryptographie chez les Maures, Note sur quelques alphabets secrets du Hodh. *Bull.de l'Ifan,* T. XIII n° 4, Dakar, 1951, pp 1257-1264

[7] Sakirj, A., *Iršād al Mut 'alim wa nāsī fī sifat aškāl al-qalam al-fāssī*. Copie lithographiée, 1897, Bibliothèque Nationale, Rabat.

[8] Souissi, M., *Numération arabe. Actes du huitième séminaire sur la pensée islamique,* Ministère des Affaires Religieuses Ed., Béjaia, 1974.

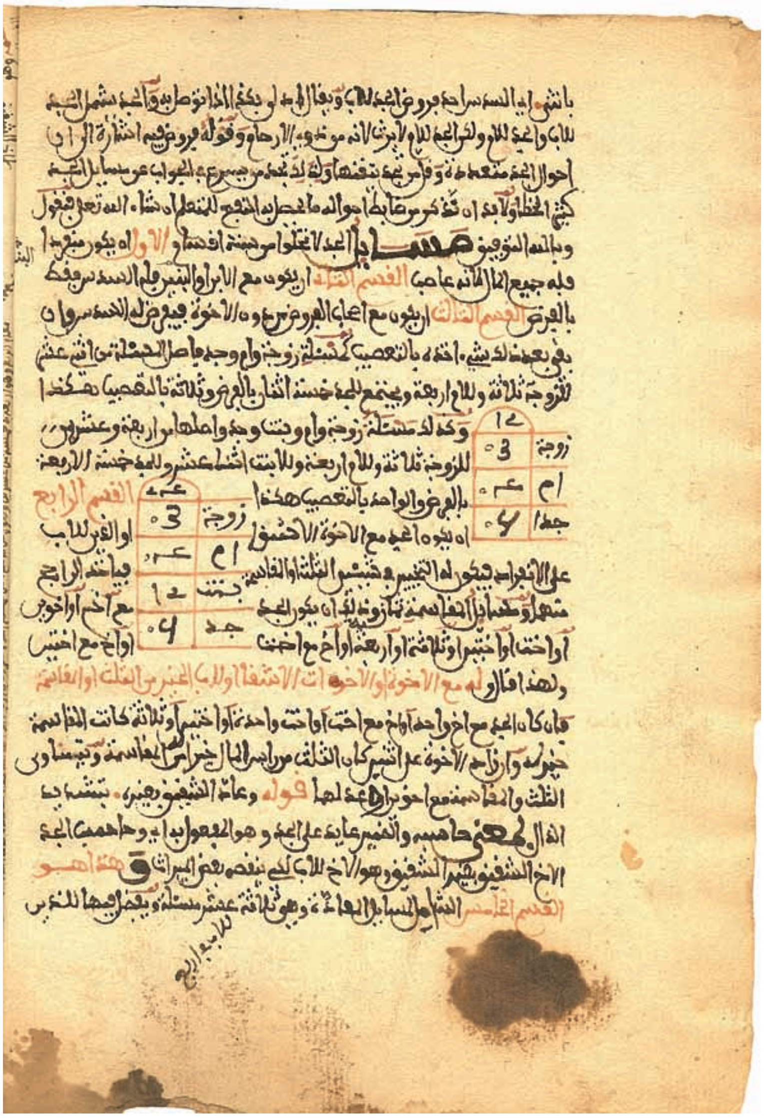
[9] Yalawi, M., *Hissāb al-Ğummal ' ind al 'arb.,* Revue Hawiyat n° 8, Université de Tunis Éd., Tunis, 1971.



Chiffres hindous. Ms. n° SC 04

Sharh Farâ'id Khalîl Ishaq de 'Alî b. Muhammad b. 'Alî al-Qalasâdî (m. 891h/1486) – Date de la copie : 1229h./1814
Chiffres *Ghubar*. Texte du XV[e] siècle d'al-Qalasadi. Ms n° SH 01

Traité *ad-Durra al-Bayda* d'al-Akhdari . Ms. SC



Sharh Farâ'id Khalîl Ishaq de 'Alî b. Muhammad b. 'Alî al-Qalasâdî (m. 891h/1486) — Date de la copie : 1229h./1814

QUELQUES ASPECTS MATHÉMATIQUES DE LA TRADITION DES HÉRITAGES AU MAGHREB MÉDIÉVAL

Il est généralement admis, parmi les historiens des mathématiques, que les premières activités mathématiques qu'a connues le Maghreb, du moins durant la période islamique, ont été favorisées par le domaine des partages successoraux. Les sources bio-bibliographiques donnent, en effet, des noms de spécialistes des héritages, ayant vécu aux IX^{e} - X^{e} siècles, qualifiés d'éminents qui ont eu des contributions dans ce domaine par l'enseignement et/ou par la composition d'ouvrages.

En fait, ce domaine a bénéficié très tôt de composition d'ouvrages autonomes, dans la civilisation arabo-islamique. Cette autonomie est le fruit de la concrétisation d'un changement de statut de ce domaine. Celui-ci a évolué d'un chapitre des sciences juridiques à une branche autonome de celles-ci. Cette évolution a favorisé la naissance, dans la tradition scientifique arabe, d'une discipline d'enseignement, connue sous le nom de *ᶜilm al-farâ'id* (litt. science des prescriptions et conventionnellement science des héritages), qui est à cheval entre les mathématiques et le droit. Cette discipline englobait d'une part les règles juridiques relatives aux héritages et aux thèmes qui leur sont liées, et d'autre part les lois et les techniques de calcul qui permettaient la résolution des problèmes mathématiques qui en découlaient.

En outre, plusieurs explications sont données par les encyclopédistes pour cette évolution. Si pour certains, comme Ibn Khaldûn, c'est la présence des situations exigeant l'utilisation de beaucoup de calculs qui serait à l'origine du changement du statut de cette discipline, pour d'autres, comme Tash Kubrâ Zadah, cette évolution est due à la difficulté de cette science et/ou au désir de la valoriser. Précisons, aussi, que certains auteurs font la distinction entre le côté juridique et le côté mathématique de cette discipline en les désignant par des noms différents. C'est le cas par exemple de Tash Kubrâ Zadah qui a spécifié dans son *miftâh as-sa'âda* chacun des deux volets par une définition. Ainsi, en tant que science juridique, elle est désignée par *ᶜilm al-farâ'id* et en tant que science numérique, elle est nommée par *ᶜilm hisâb al-farâ'id*.

Sharh al-Hawfy du célèbre mathématicien tlemcénien Said al-Uqbani (m. 1408). B.N. Paris Ms. n° 5312

La valorisation évoquée ci-dessus trouve probablement son origine dans le *hadith* cité en faveur de l'étude de cette discipline et qui témoigne de son mérite. C'est, en partie pour cela, que ce sujet a constitué l'un des premiers sujets qui ont occasionné une activité mathématique au Maghreb.

Il est aussi l'un des derniers domaines témoignant d'une activité mathématique durant la période de décadence où l'enseignement des mathématiques se limitait au strict minimum utilitaire. Plusieurs études sur l'enseignement des mathématiques durant cette époque confirment cela. Ainsi, dans une étude relative aux activités mathématiques à l'époque mérinide (1213-1465) réalisée par al-Manounî (1985), les ouvrages consacrés aux partages successoraux occupent une

Tlemcen à la fin du XIVe siècle. Le célèbre mathématicien al-Uqbani présente le *Tariket al-Fara'id bil Kusur d'al-Qurashi*, puis indique comment l'utiliser pour le Sharh du traité en science des héritages d'al-Hawfi (m. 1192)

bonne proportion parmi tous les ouvrages qui étaient à la base de l'enseignement des mathématiques. Ainsi, parmi les cinquantaines d'ouvrages cités une trentaine traite des héritages. De plus, Djebbar confirme cette idée, en parlant de l'enseignement des mathématiques à Tlemcen des XIVe-XVe siècles, lorsqu'il affirme que : «ce sont surtout les ouvrages spécialisés en sciences des héritages qui permettent au plus grand nombre d'étudiants de continuer à pratiquer les mathématiques. Ces écrits exposent et appliquent l'arithmétique des fractions, la méthode de fausse position, et parfois les algorithmes de résolution d'équation du premier et du second degré ».[Djebbar, 1998, p.111]

En nous basant, principalement, sur des ouvrages consacrés à cette discipline et qui ont été produit ou ont circulé au Maghreb entre les XIIe et XVe siècles, nous tenterons de dégager quelques aspects mathématiques liés à cette pratique. Nous mettons ainsi en relief les différentes catégories de problèmes qui y étaient traités, les principaux concepts mathématiques et les procédés de résolution qui y étaient mis en œuvre.

Les problèmes traités: catégorisation, exemples

Au vu des ouvrages, destinés à l'enseignement de cette discipline, qui ont circulé au Maghreb et que nous avons pu consulter, les thèmes traités dans le cadre des partages successoraux donnent lieu à dix catégories de problèmes. Nous décrivons ci-dessous brièvement ces différentes catégories et nous illustrons chacune d'elles par un exemple. Par ailleurs, chaque catégorie sera désignée par le nom du thème auquel elle se rapporte.

Les problèmes *Farâ'id* : Ce sont les problèmes qui se rapportent aux situations, que nous appelons situations successorales de base (*farâ'id*), où interviennent des héritiers dont l'accessibilité à l'héritage est régie par les règles ordinaires de l'héritage par parenté.

Les problèmes *Munâsakha* : Ces problèmes qui sont liés aux situations successorales, appelées dans la tradition *al-munâsakhât* , où plusieurs héritiers poten-

Le célèbre traité *Tlemcaniyya* en sciences des héritages de Ibrahim at-Tlemcani (1212–1292). Il a été pendant des siècles le traité de référence au Maghreb et en Andalousie

tiels d'une personne décédée meurent avant le partage de son héritage.

Les problèmes *Tarika* : Ce sont les problèmes relatifs à la liquidation d'une succession (*qismat at-tarikâ*). Deux cas sont envisagés en fonction de la nature des biens composant la succession. Dans le premier, elle est constituée de biens de même nature (c'est-à-dire l'héritage est supposé homogène) et dans le second elle est constituée des biens de nature différente (c'est-à-dire l'héritage est non homogène).

Les problèmes *Dayn* : Ces problèmes se rapportant aux situations où une partie de l'héritage laissé par le défunt est une dette et/ou doit servir à payer une dette. D'une façon plus explicite, il s'agit de problèmes où l'un des héritiers, qui est supposé dans le dénuement, est endetté envers la personne décédée ou envers celle-ci et un étranger (une personne extérieure à la situation d'héritage).

Les problèmes *Mudabbar* : Ce sont les problèmes relatifs aux situations successorales, où une partie de l'héritage est un esclave objet d'un affranchissement posthume, appelé dans la tradition *al-mudabbar*. L'objet de ce genre de situations est l'étude de la possibilité d'affranchir l'esclave (exaucer le vœu du testateur) en fonction de la proportion que représente la valeur de l'esclave par rapport au montant global de la succession.

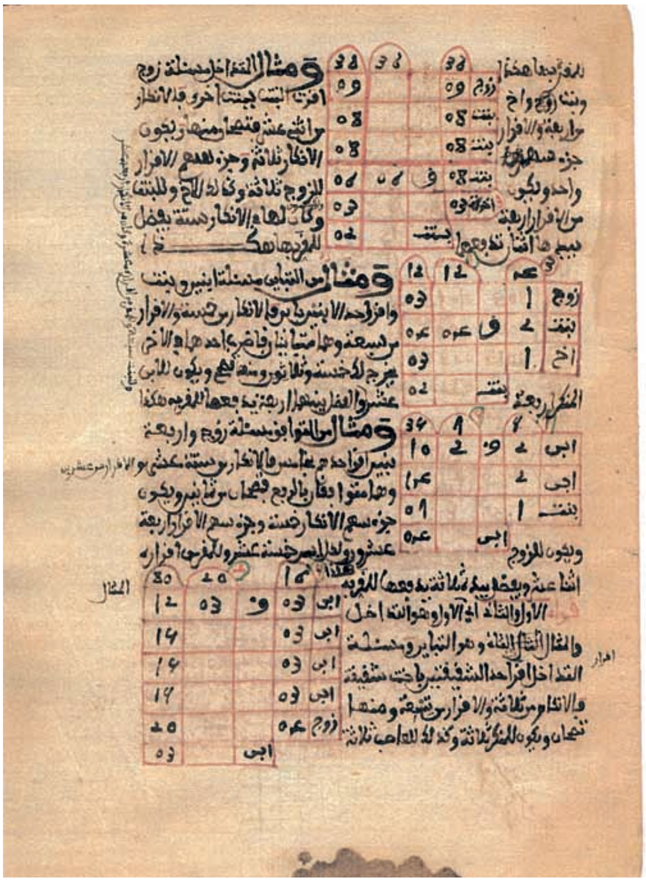
Les problèmes *Sulh* : Ces problèmes se rattachent aux situations successorales, connues dans la tradition sous le nom *as-sulh* que nous traduisons par désistement, où certains héritiers se désistent totalement ou partiellement de leur part en faveur des autres héritiers. Ce désistement est exprimé par l'une des formes suivantes : les héritiers s'entendent à ce que la part de l'un d'eux soit augmentée (ou soit diminuée) ou l'un des héritiers se désiste de sa part ou d'une partie de sa part en faveur des autres héritiers, qu'ils doivent se partager : selon leurs quotes-parts légales, selon leur nombre ou selon des conditions fixées par l'héritier qui s'est désisté.

Les problèmes *Iqrâr* : Ce sont les problèmes qui se rapportent aux situations successorales où intervient un héritier dont le lien de parenté avec la personne décédée est sujet du doute de la part des autres héritiers. Ce genre de situations est désigné dans la tradition par *al-iqrâr wa l-inkâr* (la reconnaissance et la contestation) par référence aux différentes attitudes que peuvent avoir les héritiers « légaux » à l'égard de l'héritier « douteux ». Ces derniers peuvent avoir des attitudes différentes à cet égard. Chaque héritier légal est alors libre d'accepter ou de refuser le partage de sa quote-part avec cet héritier « douteux ».

Les problèmes *Wasâyâ* : Ce sont les problèmes qui se rapportent aux situations successorales où interviennent des testaments (*al-wasâyâ*). Deux grandes classes des problèmes de ce type sont étudiées dans la tradition des héritages. La première concerne les problèmes où le testament est exprimé à l'aide de fractions déterminées de l'héritage ; et la seconde a trait aux problèmes où le testament est formulé, en fonction des parts des héritiers, à l'aide d'expression « mathématique » plus ou moins compliquée.

Les problèmes *Khunthâ* : Ce sont des problèmes relatifs aux situations successorales où l'un des héritiers est un hermaphrodite (*al-khunthâ*) (c'est-à-dire une personne dont les signes corporels ne permettent pas de trancher s'il s'agit d'un homme ou d'une femme).

Les problèmes *Walâ'* : Ce sont des problèmes qui découlent de situations relatives à l'héritage par allégeance (*irth bi-l walâ'*).



Sharh Farâ'id Khalîl Ibn Ishaq, d'al-Qalasâdî, (copie datée de 1814). Ms. SH n° 01

Remarques

1. D'autres critères peuvent être utilisés pour la catégorisation des ces problèmes tels que le clivage artificiel/réel, clivage arithmétique/algébrique, mais la classification selon le thème juridique est la manière la plus naturelle de catégoriser ces problèmes. Son avantage est qu'elle permet de repérer la catégorie du problème uniquement par la lecture de son énoncé. De plus, cette démarche s'apparente bien avec celle généralement utilisée, en histoire des mathématiques, pour la catégorisation des problèmes lorsqu'on parle de problèmes commerciaux, de problèmes de dette, de problèmes de poursuite, de problèmes des oiseaux, etc.

2. On rencontre aussi, notamment dans l'ouvrage du mathématicien andalou Ibn Ma^{c}yûn (X^{e}-XI^{e} s) ayant circulé au Maghreb, des problèmes qui ne sont liés à aucun des thèmes mentionnés précédemment. L'enjeu consiste dans ces problèmes à imaginer des situations dont la solution est ce qui est décrit dans l'énoncé. Il semble que ces problèmes visent l'apprentissage et la maîtrise des règles régissant les liens du mariage et de parenté selon l'Islam.

3. Les exemples mentionnés ci-dessus sont présentés conformément à l'habitude adoptée pour la formulation des énoncés des problèmes dans la tradition des héritages. Selon cette habitude, les auteurs n'explicitent pas toutes les données nécessaires à la résolution du problème. La résolution de chaque problème doit être précédée par une analyse juridique qui consiste essentiellement à expliciter les règles juridiques appropriées.

Procédés mathématiques utilisés pour la résolution des problèmes : schéma général

La consultation des ouvrages consacrés aux héritages laisse penser que chaque catégorie de problème (au sens juridique) admet une technique de résolution appropriée. Toutefois, plusieurs procédés utilisés pour des catégories différentes d'un point de vue juridique présentent beaucoup de similitudes. Ils mettent en œuvre les mêmes algorithmes, le même vocabulaire et les mêmes concepts mathématiques. La différence essentielle entre de tels procédés provient du fait que les entités sur lesquelles on opère diffèrent d'une catégorie à l'autre. Ainsi, à l'exception des problèmes de testaments dont la mathématisation aboutit à des équations et qui sont résolus par des procédés spécifiques (comme l'algèbre et la méthode des plateaux …), la résolution des problèmes des autres catégories repose sur le schéma de base suivant que nous illustrons d'abord à l'aide d'un exemple avant de le formuler en termes généraux.

Exemple 1 : une femme décédée laisse son mari <> et ses six fils <1-> .

En termes modernes la solution de ce problème est très simple. Le mari reçoit ¼ et les six fils se partagent le reste, soit ¾, équitablement. D'où le mari reçoit ¼ et chaque fils : 1/6.3/4=1/8. En rendant au même dénominateur, on obtient : le mari 2/8 et chaque fils : 1/8.

La solution d'al-^{c}Uqbânî (m.1408) pour ce problème se présente ainsi : « comme le mari doit recevoir un quart, on cherche le plus petit nombre contenant le quart, c'est quatre, et on ne cherche pas en premier lieu les multiples de quatre même s'ils contiennent tous un quart. Pour partager ce quatre entre les héritiers, on en prélève la quote-part du mari qui est son quart, soit un, et il en reste trois pour les fils. La quote-part du mari est laissée de côté parce qu'elle ne contient pas de fraction, quant à celle des fils, elle ne peut être calculée qu'avec fraction. On laisse alors tomber quatre à cause de la fraction rencontrée et on cherche parmi ses multiples le premier nombre dont le reste après le prélèvement de son quart est divisible par six. On trouve alors par la procédure <*sinâ^{c}a*> que nous mentionnons <ultérieu-

rement>< que ce multiple est égal à> huit. Le dénominateur du problème est alors égal, pour cet exemple, à huit. On en donne au mari le quart, soit deux, et il en reste six ; chaque fils en reçoit un. C'est la démarche des spécialistes des héritages ». [al-^{c}Uqbânî, op.cit.f.25v]

La démarche d'al-^{c}Uqbânî se schématise ainsi :

Partir du dénominateur de (la portion prescrite au mari), soit A=4 calculer les quotes-parts des héritiers constat : la quote-part d'un fils n'est pas un nombre entier (car : 3 n'est pas divisible par 6) chercher un multiple de 4, soit D, de sorte que (D-.D) soit divisible par 6 on trouve, par une procédure adéquate, que D=8 calculer les parts des héritiers (à l'aide du nouveau nombre) : mari : 2, chaque fils : 1.

À la suite de la solution de ce problème al-^{c}Uqbânî précise: « si l'un des spécialistes prend dans cet exemple comme dénominateur du problème un multiple de huit, par exemple seize, vingt-quatre ou tout autre multiple, puis il prend pour la quote-part du mari son quart et pour celle de chaque fils son huitième, il arrive à son but. Car le but est le partage de l'héritage selon des rapports <représentés par > les quotes-parts, et ainsi, n'importe quel nombre ou n'importe quelle fraction permettant de calculer ces rapports conduit au but. Mais, les spécialistes des héritages considèrent celui qui procède de la sorte comme étant en erreur d'un point de vue de l'art < *sinâ^{c}a*> du calcul des *farâ'id* ». [al-^{c}Uqbânî, *op. cit*, f.25 v]

Schéma de base pour la résolution d'un problème d'héritage

Il découle de cet exemple et du commentaire qui le suit que la résolution d'un problème pour les spécialistes d'héritage consiste généralement à trouver des nombres entiers D et $p_1,\ldots,p_n$ tels que :

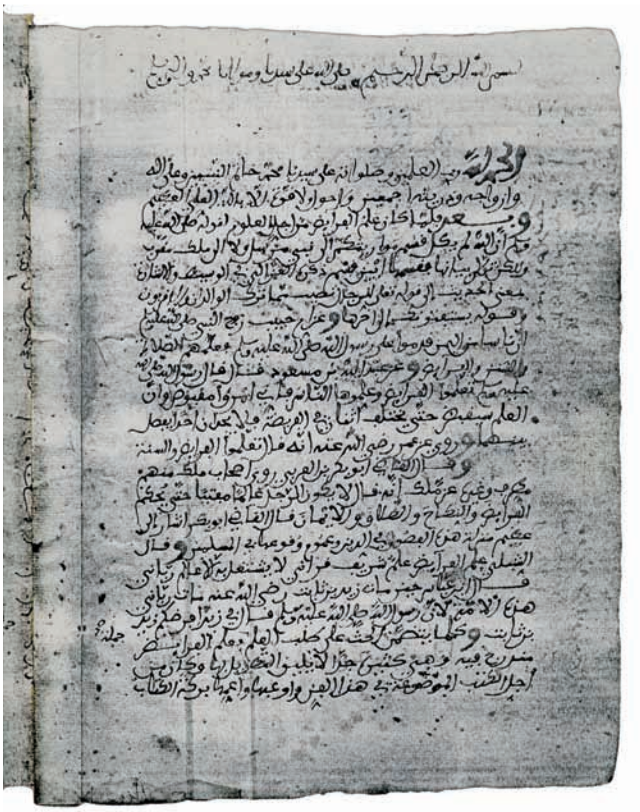
1. (1) $D = p_1+\ldots+p_n$

(2) D, $p_1,\ldots,p_n$ sont premiers entre eux dans leur ensemble.

D est le dénominateur du problème et $p_1,\ldots,p_n$ sont les parts des ayants droit cités dans le problème.

À l'instar de ce qui a été fait dans l'exemple ci-dessus, la résolution d'un problème d'héritage peut être schématisée de la manière suivante :

Choisir un nombre entier faire le partage suivant les conditions du problème (ce qui revient à l'application des règles juridiques adéquates) deux cas sont possibles :



Commentaire anonyme du traité d'al-Hawfy (Collection privée)

* Toutes les parts calculées sont des nombres entiers :

– si ces nombres sont premiers entre eux dans leur ensemble, alors ces nombres constituent la solution du problème ;

– si ces nombres ont des diviseurs communs on divise ces nombres par leur pgcd les nouveaux nombres constituent alors la solution du problème.

* Certaines parts ne sont pas des entiers

– on cherche un nombre plus grand (un multiple du premier) et on refait le même travail avec ce nouveau nombre ;

– on continue jusqu'à l'obtention des nombres premiers entre eux dans leur ensemble.

Les remarques suivantes complètent ce schéma :

1. Le choix du nombre du départ est indiqué par les spécificités de la catégorie des problèmes étudiés (généralement ce nombre est le dénominateur commun des (ou de certaines) fractions intervenant dans le problème).

2. Ce schéma ne constitue en fait qu'un prototype du processus de résolution. Ce dernier prend des formes variées en fonction de la catégorie des problèmes étudiés. D'une façon générale, il s'obtient par une sorte d'itération de ce schéma ou de certaines de ses parties. Nous avons alors suite à cette itération plusieurs

modèles que nous pouvons désigner, en tenant compte des catégories dominantes que le modèle permet de résoudre : modèle *fara'id*, modèle *munâsakha*, modèle *waayâ* et modèle *iqrâr*. Les procédés de résolution des autres catégories s'obtiennent en combinant le modèle *farâ'i* avec la propriété des nombres proportionnels et/ ou avec la technique du partage proportionnel.

Les mathématiques et la science des héritages : quelques apports mutuels

Nous terminons ce texte par des remarques qui mettent en évidence quelques liens entre les mathématiques et la science des héritages.

1. Sans prétendre être exhaustif, nous pouvons dire que la résolution d'un problème d'héritage mobilise, en général, plusieurs concepts mathématiques parmi les suivants : le pcgd de deux nombres, le ppcm de deux ou de plusieurs nombres, les critères de divisibilité de deux nombres, l'algorithme du partage proportionnel, la propriété des nombres proportionnels, les fractions et les équations.

2. Beaucoup de concepts mathématiques utilisés dans le domaine des héritages existaient déjà dans les mathématiques préislamiques. Il en témoigne l'utilisation d'un algorithme qui remonte, au moins, à Euclide (celui relatif à la divisibilité). Toutefois, il semble que certains concepts sont liés à la pratique des héritages. C'est le cas de la notion de *râjiô* (راجع) qui représente en quelque sorte l'inverse du pgcd (en fait, le râji^c de a par rapport à b peut s'exprimer en symbolisme moderne par). Par ailleurs, le *râji^c* est une sorte de généralisation des formulations de type « la moitié, le quart, le tiers, etc » qui sont utilisées dans les descriptions des algorithmes de résolution. L'utilisation du terme *râji^c* s'est étendue à d'autres domaines mathématiques puisque ibn al-Banna al-Murrâkushî (m. 1321) utilise dans son *Talhkîs* l'expression « *râji^c al-mas'ala* » pour désigner la forme à laquelle se ramène une équation suite à la simplification de ses coefficients. Al-Qalasâdî précise, dans son commentaire de cet ouvrage, qu'il s'agit de la terminologie empruntée aux spécialistes des héritages.

3. Le ppcm joue un rôle central dans la résolution d'un problème d'héritage comme nous le constatons dans la description du schéma de base ci-dessus. Pour le calcul du ppcm de trois nombres, les spécialistes des héritages maghrébins utilisent deux procédés connus dans la tradition des héritages par « procédé des gens de Koufa » et « procédé des gens de Basra ». Soient a, b, c trois entiers et M leur ppcm, ces deux procédés s'écrivent alors en termes symboliques modernes ainsi :

(1) M = ppcm[ppcm(a,b),c] (procédé de Koufa)

Le traité de science du calcul *Talkhis* d'Ibn al-Banna a joué un rôle essentiel dans la stabilisation de la tradition scientifique du Maghreb

(2) M = a . ppcm[,] (procédé de Bara : a étant supposé le plus grand des trois nombres)

Le procédé des gens de Basra s'est développé selon toute vraisemblance spécifiquement par les spécialistes des héritages. C'est du moins ce que signale le mathématicien du XII^e siècle al-Hassâr qui précise, lors de la recherche du ppcm de trois nombres, que les spécialistes des héritages adoptent pour cela un procédé qu'ils appellent *tarîq al-mawqûf* [méthode du nombre fixé]. Cette démarche s'inscrit d'une part, dans la perspective de perfectionnement du procédé de Koufa, qui est en fait celui préconisé par Euclide, dans des cas particuliers où les calculs sont simplifiés. Pour Ibn al-Banna le procédé de Bara fait partie des procédures spéciales qu'il est parfois utile d'introduire dans l'enseignement [cf. Aballagh, 1994, pp. 255-256].

4. La présence des problèmes d'Ibn Ma^{c}yûn, évoqués ci-dessus, dans la tradition des héritages pourrait, en fait, s'inscrire dans le processus de récupération par les auteurs musulmans des problèmes de mêmes types ou voisins que l'on rencontre dans d'autres civilisations. L'historien des mathématiques D.E Smith cite un problème de testaments dont la formulation est semblable avec celle du deuxième exemple d'Ibn Ma^{c}yûn évoqué ci-dessus. De plus, l'auteur qualifie ce problème comme étant l'un des problèmes types qui circulaient dans plusieurs civilisations depuis, au moins, le début de l'ère chrétienne.

5. L'enseignement de ô*ilm al-farâ'i* au Maghreb a connu une innovation qui a consisté dans l'introduction d'une nouvelle méthode de résolution. Cette méthode dite des fractions (par opposition à la méthode traditionnelle dite des entiers) consiste à déterminer le dénominateur commun de toutes les quotes-parts, en utilisant le plus petit commun multiple des fractions intervenant dans le problème (contrairement à la méthode traditionnelle qui convertit les fractions « à la fraction la plus fine). Son apparition a créé une dynamique dans la composition d'ouvrages et dans l'enseignement de la science des héritages à cette époque. Elle sera commentée, appliquée et enseignée dans le Maghreb Central par Saôid alôUqbânî puis par Ibn Zaghou (m.845/1441). Al-ᶜUqbânî a commenté le *mukhtasar* d'al-Hûfî, qui est l'un des ouvrages célèbres écrits selon la méthode traditionnelle, suivant les règles de la nouvelle méthode. Cet ouvrage volumineux reste pour le moment la source principale à propos de cette méthode. Sa circulation ne s'est, toutefois, pas limitée à Tlemecen puisqu'on la retrouve chez des auteurs andalous comme Ibn Safwân(m.737/1362).

Ezzaim LAABID
École Normale Supérieure, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

Bibliographie

Aballagh, M. 1994 : *Rafᶜ al-hijab ᶜan wujuh aᶜmâl al-hisâb li Ibn al-Banna' al-Murrakushi,* éd. faculté des lettres, Fès.

Djebbar, Ahmed, 1998 : *Les activités mathématiques dans les villes du Maghreb central (XIᵉ-XIXᵉ s.), dans Actes du 3ᵉ colloque maghrébin sur l'histoire des mathématiques arabes,* Tipaza, 1990, pp. 73-116.

Euclide, 1994 : *Les Éléments,* trad. Vitrac B, Puf, bibl. d'histoire des sciences, Paris.

Hajji Khalîfa : *Kashf az-znûn ᶜan asm al-kutub wa-l funûn,* édition Sharaf ad-Dine, manshûrât maktabat al-muthanna Beyrouth, vol. 2.

Hassar (al-), Al-Bayân wa at-tidkâr, Ms, 397, bibliothèque Ibn Yûsuf, Marrakech

Humaydî (Al-) 1997 : *Jadhwat al-muqtabis fî dhikr wulât al-andalus,* éd. Rûhiyyaî ᶜAbd ar-rahman Souifî, dâr al-Kutub al-ᶜilmiyya Beyrout , Lubnân

Ibn Bushkwal, 1966, *Kitab as-sila, Le Caire, ad-dar al-misriyya lita'lif wa tarjama.*

Ibn Khaldûn, A, [n.d] : *Al-muqaddima, éd. Beyrouth dar al-jil, non datée. Traduction française: Monteil, V: Discours sur l'histoire universelle, 1978 ; aussi A. Cheddadi, 2005.*

Ibn Safwân al-Malaqî (m. 1362) et sa contribution dans la tradition mathématique des héritages, dans *Actes du 10ᵉ colloque maghrébin sur l'histoire des mathématiques arabes,* Tunis 2010, publication de l'Association Tunisienne des Sciences Mathématiques, pp. 198-210.

Laabid, E, 2007 : *Ibn Khaldûn et le ᶜilm al-farâ'id,* dans *les constructions intellectuelles en Occident musulman au temps d'Ibn Khaldûn,* Publications de la faculté des lettres et sciences humaines, Rabat, colloques et séminaires n°140, pp. 15-24.

Laabid, E, 2006 : *Les techniques mathématiques dans la résolution des problèmes des partages successoraux au Maghreb médiéval : l'exemple du Mukhtasar d'al-Hûfi (m. 588/1192),* thèse de doctorat d'état, préparée sous la direction des professeurs Driss Lamrabet et Ahmed Djebbar et soutenue à la faculté des sciences de l'éducation de Rabat, le 28 janvier 2006.

Laabid, E, 1999 : *Le partage proportionnel dans la tradition mathématique maghrébine. Actes du colloque international sur 'Commerce et Mathématiques' du moyen âge à la renaissance autour de Méditerranée occidentale,* du 20 au 22 mai 1999, à Beaumont de Lomagne (France), pp. 315-326.

Lamrabet, D, 1994 : *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines,* édité à compte d'auteur, Rabat, Maroc.

Manouni (Al-), M, 1985 : *Nasha ad-dirâsa ar-riyyâdiyya fî maghrib al ᶜar al-wasî, in al-manâhil,* Rabat, nº 33, pp. 77-115

Qalaâdî (Al-), 1999 : *Sharh talkhis acmal al-hisâb,* présenté par Fares Bentaleb, édition dar l-ghrab al-islâmi, Beyrouth

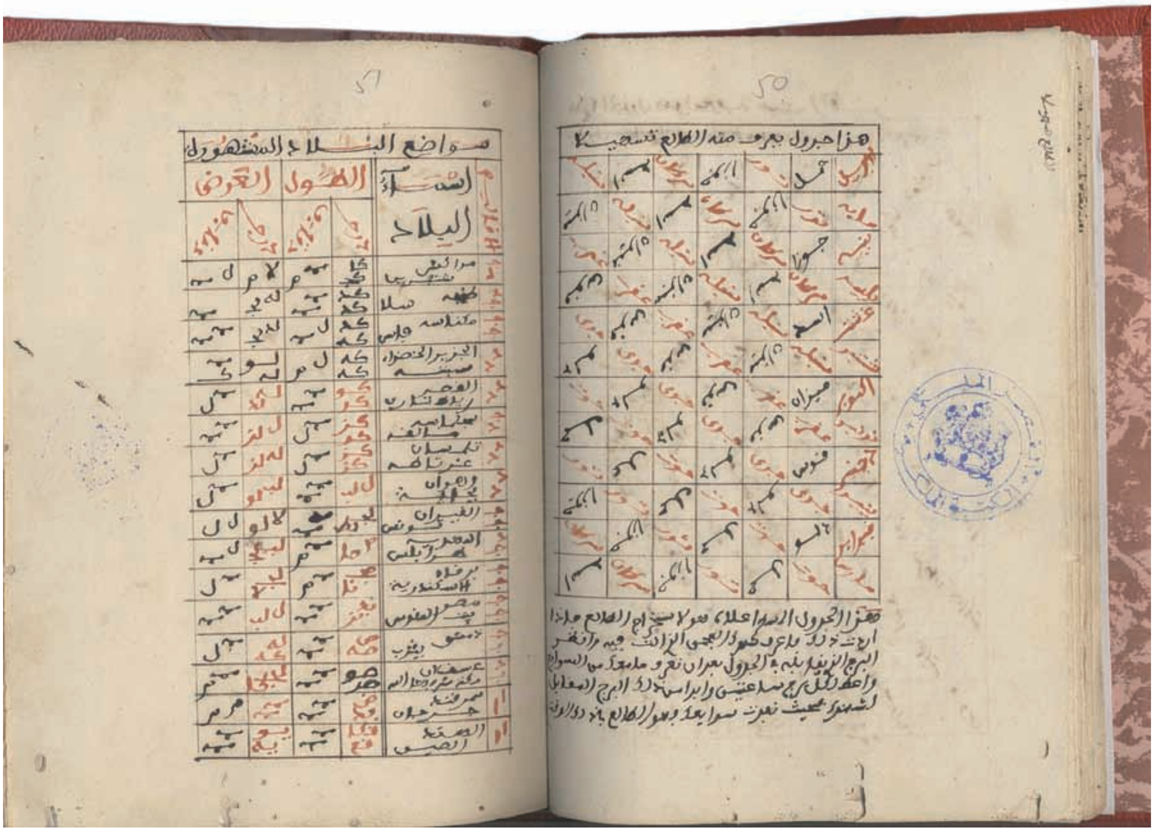
Smith, E, 1953 :*History of mathematics,* Dover publications Inc, New York

Souissi,M, 1969, *le talkh aôml al-isb d'ibn al-Banna,*

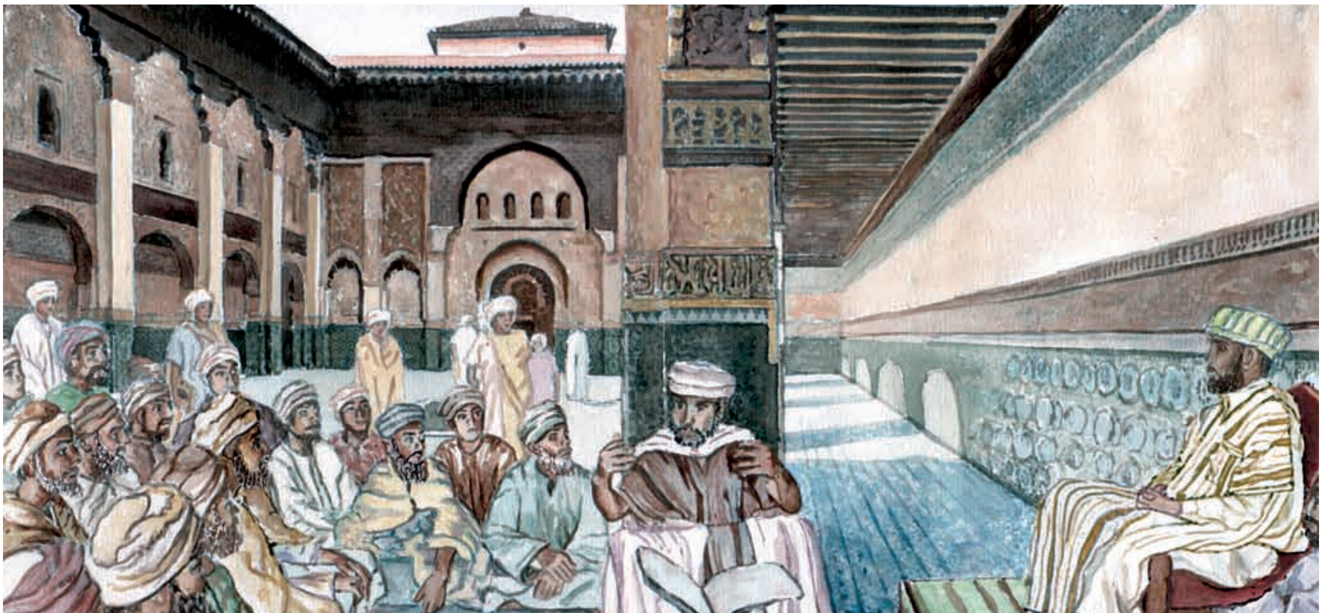
âsh Kubrâ Zâdah, 1985: Miftâ as-sᶜâda wa misbâ as-siyyâda fî mawûᶜât al-ᶜulûm, Beyrouth dâr al-Kutub al-ᶜilmiyya

ᶜUqbâni (al-), Shar mukhtaar al-ûfî, Ms. Paris, B.N, n°5312

Zarrouqi, M, 1999 : *Al-adawt ar-riyydiyya al-mustaᶜmala f ᶜilm al-far'i min khill mu'allaf Abî ᶜUthmn al-ᶜUqbânî at-tilmsânî(m.811/1408) [Les outils mathématiques utilisés en sciences des héritages à travers l'ouvrage de Ab ᶜUthmn al-ᶜUqbânî at-Tilamsânî (m. 811/1408)],* Magistère en histoire des mathématiques, ENS Kouba, Alger.



Traité d'astronomie d'Ibn al-Qunfud. Il donne la latitude et la longitude des principales villes du Maghreb



Amrane al-Mashdaly assure le cours inaugural à la *Médersa Tashfiniyya* de Tlemcen

MESURE DU TEMPS AU MAGHREB À L'ÉPOQUE MÉDIÉVALE

Un cadran solaire est un instrument qui indique l'heure solaire suite au déplacement de l'ombre du gnomon, sur une surface graduée, au cours de la journée. Ici, le cadran solaire du Musée de Tlemcen.

La science du temps : *al-Miqat*

La tradition maghrébine

Au début de l'ère musulmane, c'était au *Mu'adhdhin* de fixer les heures des prières, et ce n'est qu'au treizième siècle que la figure de *Muwaqqit* a fait son apparition. Celui-ci, attaché à une mosquée, s'occupait de la détermination des heures, de jour comme de nuit, des moments des cinq prières canoniques qui forment l'essentiel de la liturgie de l'islam, et de l'observation du croissant lunaire.

L'astronomie maghrébine est marquée par les nombreux poèmes composés et qui s'inscrivent dans la tradition de versification de l'astronomie et des mathématiques. Ceux-ci, plus faciles à mémoriser que les textes en proses, contenaient les règles de base concernant les calendriers, la détermination des instants de prières, l'orientation des lieux de culte et autres. Le premier de ces poèmes a été composé par Abū Ja'far as-Sullamī (m. 1346), savant originaire de Grenade, mais qui a vécu à Bougie. Ce poème s'intitule *Tawasuṭ al-Manāzil fī ash-Shuhūr bi-Ma'rifat Waqt al-Fajr wa al-Ṣuḥūr* (Médiation des mansions lunaires durant les mois par la connaissance du moment de l'aube et du *Ṣuḥūr*). Il s'agit certainement d'indiquer les mansions lunaires qui croisent le méridien aux moments de l'aube et du *Ṣuḥūr* (moment du dernier repas avant le jeûne). Ce poème, d'une grande utilité, ressemble vraisemblablement à celui rédigé par l'Andalou al-Judhāmī (m. 1229) un siècle auparavant pour la latitude de Séville, et qui était, selon son élève et biographe Ibn al-Abbār, très répandu. Le second est composé en 1391 par al-Jādirī (1375-1416), le *Muwaqqit* de la mosquée al-Qarawiyyīn de Fès. Al-Jādirī a utilisé, sans aucun doute, l'un des Zij d'Ibn al-Raqqām pour calculer la position du soleil et des autres astres [J. Samsó, 2008]. Ce poème, qui s'intitule *Rawḍat al-Azhār*, a stimulé plusieurs commentateurs. Le troisième est attribué au prolifique astronome de Tlemcen al-Ḥabbāk (m. 1463). Il s'agit d'un poème de 77 vers intitulé *Tuḥfat al-Ḥusāb fī 'Adad as-Sinīn wa l-Ḥisāb* (Le chef d'œuvre des spécialistes du calcul du calendrier). Selon un auteur anonyme du XV^{e} siècle (BNA, Ms. 613), al-Ḥabbāk aurait utilisé dans son poème la valeur obtenue dans les observations réalisées à Damas en 1259 par Ibn Abī ash-Shukr al-Maghribī (m. 1283), concernant la précession des équinoxes, et non pas celle d'Ibn Isḥāq at-Tūnusī (XI^{e}-XII^{e} siècle) jugée inexacte.

Enfin, le plus populaire de ces poèmes est celui d'Abī Miqra' (v. 1331), astronome originaire de Baṭīwa (Maroc). Son travail de Muwaqqit a été analysé par G. S. Colin et H. P. J. Renaud en 1933. Ses idées ont fait l'objet de multiples commentaires et de super-commentaires (as-Sūsī, al-Jāzūlī, ash-Shalāṭī…). Le premier a été rédigé par Ibn al-Bannā' (1256–1321) avant même le décès d'Abī Miqra'. Il semble être long car il sera résumé par Sa'īd al-Samlālī (m. 1477) sous le titre *Ikhtiṣār Sharḥ Ibn al-Bannā 'Alā Manẓūmat Ibn Miqra'* (Deux copies manuscrites sont conservées au Maroc). Un peu plus tard, al-Qalasādī (1412-1486) et al-Jādirī, vont

Cadran solaire de la mosquée al-Zaytūna de Tunis.

rédiger eux aussi des commentaires du poème d'Abī Miqra'. Ce poème a donc joué un rôle important dans la diffusion de cette science. C'est pourquoi, à son propos, ses successeurs parlent de la science d'Abī Miqra'.

L'illustre astronome Ibn al-Raqqām a, quant à lui, rédigé un ouvrage intitulé *Ta'dīl Manākh al-Ahilla*, qui semble être un commentaire du traité d'Ibn al-Bannā' intitulé *al-Manākh* dont une copie manuscrite est conservée au Musée Britannique de Londres.

Cela dit, certains auteurs ont rédigé tout de même de véritables ouvrages sur la science du temps, qui ne sont pas des commentaires ou des abrégés d'ouvrages antérieurs. C'est le cas d'Abū al-Ḥasan al-Bijā'ī (v. 1384) et d'Ibn al-Bannā'. Le traité de ce dernier, intitulé *Kitāb fī 'Ilm al-Awqāt bi-l-Ḥisāb*, et le commentaire d'al-Jādirī, sur son propre poème, intitulé *Iqtiṭāf al-Anwār min Rawḍat al-Azhār*, ont été déjà édités et publiés par Muhammad al-Khaṭṭābī en 1986, et étudié par E. Calvo en 2004 [E. Calvo, 2004]. Ainsi, on constate que ces deux ouvrages traitent, en plus de l'astronomie sphérique et de la détermination de l'azimut de la Qibla, les problèmes relatifs aux calendriers, tel que la conversion entre les calendriers lunaire et solaire, et la mesure du temps et des moments des cinq prières.

Ce qu'on remarque de particulier, c'est la similitude, du point de vue du contenu et de l'agencement des chapitres, de ces trois derniers traités. On se demande si ces auteurs n'ont pas utilisé des sources communes. On pense surtout aux traités d'al-Qurṭubī (1120-1205), le seul auteur cité par al-Muqrī.

On trouve également des éléments de la science du temps dans le *Jāmi' al-Mabādi'* rédigé par al-Ḥasan al-Marrākushī (XIIIe siècle), et même dans d'autres types d'ouvrages, les Zij. Par exemple, dans son *al-Minhāj*, Ibn al-Bannā' nous donne la formule exacte (une formule d'origine indienne et qui était répandue à son époque) qui relie l'angle horaire à la hauteur du soleil et à l'arc semi-diurne et qui permet de calculer le temps écoulé depuis le lever du soleil, ou le temps qui reste avant le coucher :

$$vers\,(H)= vers\,(AD/2)-(vers(AD/2)\sin(h))/\sin(h_m)$$

Les valeurs des fonctions trigonométriques, le sinus et le cosinus, sont bien évidemment tabulés dans son Zij.

À travers tout ce qui a été dit, on voit se dégager deux figures principales, les plus représentatives de la science du temps au Maghreb, à savoir : Abī Miqra' et al-Jādirī. Quoique rédigés comme aides mémoires et pour faciliter l'apprentissage, donc dans un but pédagogique, ce type de poèmes et l'abus de commentaires qui s'ensuivent vont contribuer, plus tard, à la régression intellectuelle.

Fondements théoriques : le traité d'al-Muqrī

Pour mieux illustrer le contenu des textes déjà cités, revenons au traité le plus étendu d'entre eux. Celui-ci est rédigé en 1384 à Bougie par Abū al-Ḥasan al-Bijā'ī al-Muqrī au même moment de la mort de son maitre 'Abd al-Raḥmān al-Waghlīsī (m. 1384). Il s'intitule *Tabṣirat al-Mubtadī wa Tadhkirat al-Muntahī fī Ma'rifat al-Awqāt bi l-Ḥisāb min Gayri Āla walā Kitāb* (Le guide du débutant et le rappel du connaisseur dans la connaissance des moments par le calcul). Dans une analyse préliminaire, la *Tabṣirat* est composé de 34 chapitres. Du point de vue du contenu, il ressemble beaucoup aux traités d'Ibn al-Bannā' et d'al-Jādirī, mais il est plus détaillé. En plus de ses propres maitres et de quelques ouvrages, qu'il ne cite pas, la source principale d'al-Muqrī est le traité d'al-Ḥasan al-Qurtubī (1120-1205) intitulé *al-Mustaw'ib al-Kāfī wa al-Muqni' ash-Shāfī fī al-Awqāt* (une copie incomplète est conservée à la Zawiya d'al-Hāmal, près de Boussaâda). Son objectif est d'ailleurs d'arranger et de compléter cet ouvrage, avec les exemples et les démonstrations nécessaires.

Al-Muqrī divise l'heure équinoxiale en 15 degrés ; chacune d'elle est divisée en 60 minutes d'arc. La durée d'une minute d'arc est estimée au temps qu'il faut pour lire cette phrase : *Subḥāna al-Lāh wa-l Ḥamdu li-Llāh wa al-Lāhu Akbar wa-lā Ḥawla wa-lā Quwata illā bi-Llāh*.

La valeur double de l'angle horaire du soleil à son coucher, ou de n'importe quel astre, est appelée Arc diurne. On voit sans peine qu'il est de 12 heures si le soleil est à l'équateur, et supérieur ou inférieur à 12 heures s'il est du côté boréal ou austral. Pour les cadrans solaires,

Ouvrage sur la science des temps rédigé par l'astronome algérien al-Muqrī (v. 1384). Ms. 10355 de la Bibliothèque Royale du Maroc

il matérialise le parcours de l'ombre de l'extrémité du gnomon. Pour calculer AD, en supposant connues la déclinaison du soleil et la latitude du lieu, al-Muqrī nous donne la formule suivante : $AD\ 180 + \phi.\delta/\varepsilon$

L'obliquité de l'écliptique ε est prise égale à 24°. Malgré sa simplicité, l'erreur relative de cette formule par rapport à l'expression exacte de l'arc diurne, ne dépasse pas 2 %. Notons que l'arc nocturne est tout simplement égal à la différence 360°– AD

Pour déterminer la durée d'un jour en heures équinoxiale ou saisonnière, en connaissant bien sûr l'arc diurne en degrés, il nous donne les deux formules suivantes : $N_E = AD/15$ et $N_S = AD/12$

Pour pouvoir convertir les heures équinoxiales en heures saisonnières, et vice versa, on multiplie le nombre d'heures (s ou q, respectivement) par le nombre de degrés correspondant à cette heure (d ou 15) et on divise par le nombre de degrés de l'autre type d'heures : $q = s\ .\ d\ /15$ ou $s = 15\ .\ q\ /\ d$ (on retrouve cette méthode dans le commentaire d'al-Jādirī également [E. Calvo, 2004]).

Dans ce qui suit, la longueur du gnomon est prise égale à douze graduations (doigts), d'où le facteur 12 qui va apparaître souvent dans les formules qui suivent. Cette valeur apparaît souvent dans les traités des Maghrébins et des Andalous.

De jour, pour connaitre le temps écoulé depuis le lever du soleil, ou le temps qui reste avant le coucher du soleil, en heures saisonnières, l'auteur nous donne une formule approximative d'origine indienne, et qu'on retrouve exactement sous la même forme chez Ibn al-Bannā', et sous une forme légèrement différente chez al-Jādirī [E. Calvo, 2004] : $T = 72/(S + 12 - S_m)$

Aussi, l'auteur nous donne les valeurs approximatives de $\Delta S = S - S_m$ en doigt (*Iṣba'*), vers la fin de chacune des heures saisonnières. Ibn al-Bannā' nous donne exactement les mêmes valeurs, à l'exception de la dernière (la cinquième heure), qu'il évalue à 2.

Fin de l'heure	ΔS
1 et 11	60
2 et 10	24
3 et 9	12
4 et 8	6
5 et 7	3

Il est intéressent de savoir que pour calculer « T », toujours en heures saisonnières, al-Marrākushī et al-Jādirī nous donnent une autre formule approximative, plus précise que la précédente, et qui est parfaitement exacte aux équinoxes :

$$T = \frac{1}{15}\ arcsin[sin(h)/sin(h_m)]$$

De nuit, pour connaître le temps passé depuis le coucher du soleil, ou le temps qui reste avant le lever du soleil, al-Muqrī nous donne trois méthodes:

1ère méthode : l'idée est de calculer d'abord l'ascension droite instantanée du méridien. Pour cela, on commence par calculer l'angle horaire (en valeur absolue) d'une étoile quelconque, en fonction de son arc diurne, de sa hauteur instantanée et de sa hauteur méridienne, grâce à une formule qu'on peut écrire sous une forme équivalente à:

$$H = AD/2\ 12AD\ /(12cot(h) + 12 - 12cot(h_m))$$

Ici, l'auteur, ou le copiste, semble avoir oublié de diviser le second terme par deux.

Par la suite, pour obtenir l'ascension droite instantanée du méridien du lieu, on rajoute ou on retranche, suivant que l'étoile est du côté Ouest ou Est, l'angle horaire de l'ascension droite mesurée à partir du Capricorne:

$$\alpha_M = \alpha \pm H$$

Nocturlabe maghrébin conservé au Musée d'Histoire des Sciences à Oxford. Numéro d'inventaire : 48046. Provenance : collection Lewis Evans

Ainsi, il est possible de calculer le temps écoulé depuis le coucher du soleil en heures équinoxiales (ici aussi l'auteur s'est trompé en précisant que c'est en heures saisonnières), en fonction de l'ascension droite du soleil et de son arc nocturne, à l'aide de la formule suivante:

$$T = 6(\alpha_S + AD/2 - \alpha_M)/(AN/2)$$

2**^{e}* ***méthode : pour calculer « T » en heures équinoxiales, on commence par calculer la différence en degrés entre l'ascension droite d'une étoile du méridien au moment voulu et celle d'une autre étoile, du méridien toujours, au coucher du soleil. On divise ensuite le résultat par 15 : $\Delta\alpha$ / 15

3**^{e}* ***méthode : L'idée est de calculer le nombre de mansions lunaires qui ont traversé le méridien depuis le coucher du soleil. Vu que le nombre total de mansions est de 28, on multiplie le résultat par 6/7. Ici, T est donné en heures saisonnières. Cette méthode, qui semble être plus pratique que les deux premières, était connue en Andalousie depuis le neuvième siècle [J. Samsó, 2008].

Instruments d'observation

Plusieurs instruments astronomiques étaient utilisés dans la mesure du temps et de ce qui s'y rapporte. Dans ce qui suit, nous nous intéresserons notamment aux plus répandus, à savoir : l'astrolabe planisphérique, les quadrants astronomiques, le nocturlabe.

Astrolabe planisphérique

L'astrolabe est un instrument astronomique construit par la projection du ciel sur un plan. Le plus populaire est le planisphérique, réalisé par la projection stéréographique de la sphère céleste sur le plan de l'équateur. Ce type d'instruments permet de déterminer, par la position des astres, l'heure la nuit, l'heure du lever et du coucher du soleil. En effet, pour une latitude donnée nous savons que les trois paramètres : hauteur, jour, heure, sont liés. Si nous connaissons deux de ces paramètres, nous pouvons trouver le troisième. C'est le principe de calcul de l'heure avec un astrolabe.

On connaît uniquement deux traités en proses consacrés à l'astrolabe. Le premier est le traité d'Abū aṣ-Ṣalt Umaya, un astronome et mathématicien andalou qui a vécu une bonne partie de sa vie au Maghreb (Mehdia et Bougie). Son ouvrage rédigé, lors de son emprisonnement en Égypte, s'intitule *Rissāla fī al-'Amal bi-l-Aṣṭurlāb* (Traité sur l'utilisation de l'astrolabe). Le deuxième et celui d'Ibn Qunfudh (1339-1407) intitulé *al-Qawl fī Ruṣūm al-Asṭurlāb* (Propos sur les tracés de l'astrolabe), dont l'unique copie manuscrite est conservée à la Bibliothèque Nationale de Tunis.

Ceci dit, de nombreux textes versifiés ont été composés sur l'astrolabe, tel que le poème d'Ibn Qunfudh intitulé *as-Sirāj*, et le poème d'Ibn al-Raqqām intitulé *Manẓūma fī al-'Amal bi-l-Aşṭurlāb* (Poème sur l'utilisation de l'astrolabe). Ce dernier figure même parmi les traités que le mathématicien al-Qalaṣādī a étudiés à Tunis [M. Marin, 2004]. Cependant, le texte le plus répandu est le poème de l'astronome al-Ḥabbāk. Plus tard, un de ses élèves, as-Sanūsī (1426-1490), va rédiger un commentaire explicatif de ce même poème. L'auteur le plus cité dans son commentaire est le fameux Abū aṣ-Ṣalt. Il cite également l'Andalou Ibn al-Ṣaffār (1035), auteur d'un traité sur l'astrolabe, et il se réfère au *Qānūn* sur *al-Mīqāt* d'Ibn al-Bannā'. Le commentaire d'as-Sanūsī était une véritable référence dans ce domaine comme le prouvent les nombreuses copies conservées.

Par définition, le *al-Ta'dīl wa at-Taqwīm* est l'opération par laquelle on détermine les positions des astres (le soleil dans notre cas) pour un temps donné, au moyen de tables astronomiques. Concernant la position du soleil au fil du temps, selon as-Sanūsī, les Cheiks de Tlemcen qui s'occupent de cette discipline et de la détermination des heures des prières, rajoutent deux degrés au *Ta'dīl* gravé sur deux anneaux concentriques au dos de l'astrolabe (celui des mois et des signes), car celui-ci, selon le même auteur, est basé sur les anciennes observations réalisées par Ibn Isḥāq (entre 1193 et 1222) et pour qui la précession est de 10°, alors qu'elle est de 12°, selon les observations de l'imam Ibn Abī ash-Shukr al-Andalūsī (m. 1283) réalisées à Damas en 1259. Il rajoute que plus tard, en 1334 (vers 1329/30 dans l'anonyme de la BNA, Ms. 613), un certain Abū al-Ḥasan 'Alī Ibn Yūnus al-Balansī al-Ḥākimī en Égypte a trouvé une valeur de 13°. En effet, toutes ces valeurs dépassent la valeur maximale de 10° 24' donnée par les tables d'Ibn Isḥāq at-Tūnusī, et montrent une limitation du modèle de trépidation des fixes développé par l'éminent astronome andalou az-Zarqālī (m. 1100). Au moment de l'équinoxe, entre le 10 et le 12 mars 1455, al-Ḥabbāk réalise des observations de la hauteur méridienne du soleil grâce à un astrolabe construit par un certain 'Abd al-'Azīz al-Rasām (il y avait donc des gens qui se sont spécialisés dans la construction des astrolabes) pour tester les tables d'Ibn Isḥāq. Selon l'auteur anonyme déjà cité (BNA, Ms. 613) qui a eu l'occasion de consulter les notes de ce dernier, les résultats de ses observations sont en accord avec les tables d'Ibn Yūnus.

Plusieurs astrolabes sont toujours conservés. Les deux plus anciens sont réalisés par Ibrāhīm Ibn 'Abd al-Karīm à Fès vers le milieu du XIe siècle. Selon D. King, le facteur de ces deux exemplaires s'est certainement inspiré des astrolabes andalous antérieurs. Six autres astrolabes de grande qualité qui remontent au début du treizième siècle, et qui ont pour facteur un certain Abū Bakr ibn Yūsuf de Marrakech, sont aussi conservés.

Quadrants astronomiques

Un autre type d'instrument portatif était également utilisé pour mesurer le temps; il s'agit de l'astrolabe-quadrant, une variante de l'astrolabe planisphérique sans araignée, sous la forme d'un quart de cercle qu'on obtient par un double rabattement de la projection stéréographique. Celui-ci simule le mouvement de la sphère céleste et permet ainsi de remplir un certain nombre des fonctions de l'astrolabe, dont le calcul du temps.

Il existe une variante de cet instrument plus simple et plus adapté à la mesure du temps ; il s'agit du quadrant horaire. Comme la trajectoire apparente du soleil est symétrique par rapport au méridien du lieu, six lignes horaires suffisent, d'où la réduction en quart de cercle. L'heure est indiquée grâce à un fil lié à l'angle du quadrant, et muni d'une perle réglable en hauteur qui représente la longitude du soleil mesurée avec une échelle radiale. Cette dernière, divisée en degrés ou en signes symétriques, est marquée sur l'axe radial du quadrant. Lorsque le côté du quadrant – celui qui est muni d'un système de visée – est orienté vers le soleil, ce qui est possible en laissant tout simplement les rayons solaires traverser le viseur, la ligne horaire qui traverse la perle indique le temps écoulé depuis le lever du soleil, ou le temps qui reste avant le coucher. Le temps est mesuré ainsi le plus souvent en heures inégales, qui correspondent à la division en 12 de la durée du jour.

al-Ḥasan al-Marrākushī, dans son *Jāmi' al-Mabādi'* (voir ci-après), nous montre comment construire plusieurs types de quadrants horaires. Ainsi, pour avoir une meilleure idée sur ces instruments, nous allons décrire l'un d'eux. Celui-ci est un quadrant avec des lignes horaires saisonnières de forme sigmoïdes, tracées pour une latitude donnée, avec des cercles de jour concentriques, correspondants aux signes du zodiaque. Ces derniers sont équidistants en accord avec la division uniforme de l'échelle radiale de longitude du soleil. Le cercle externe du quadrant correspond au cercle du jour de capricorne. Bien sûr, on peut obtenir d'autres types de quadrants en changeant l'ordre des cercles.

Pour tracer les lignes horaires, al-Marrākushī nous donne deux tables $h(\lambda)$ en fonction des heures saisonnières et des heures équinoxiales pour une latitude de 30° (Le Caire) et pour une obliquité de 23,35°. À cette époque, il était possible d'établir ce genre de tables pour une latitude donnée à l'aide d'une formule d'origine indienne et qui peut s'écrire sous une forme équivalente et plus explicite :

$$T(h, \lambda, \phi) = + \arcsin((\sin(h) - \sin(\delta)\sin(\phi))/(\cos(\delta)\cos(\phi))$$

avec

$$d = AD/\ 2° = \arcsin(\tan(\delta)\tan(\phi))$$

Enfin, al-Marrākushī suggère la possibilité de tracer les lignes du quadrant en heure saisonnière et équinoxiale, sans donner plus de détails.

Si les quadrants étaient répandus, c'est parce qu'ils sont plus faciles à réaliser relativement à l'astrolabe planisphérique ; on peut même les fabriquer en bois.

Le nocturlabe

Le nocturlabe est un instrument qui utilise la propriété qu'ont les étoiles de décrire chaque jour un tour complet autour de l'étoile Polaire. Il permet ainsi de connaître l'heure de nuit en observant la position de certaines étoiles. Il faisait partie de l'équipement de base des navigateurs jusqu'au XVII^{e} siècle. On ne connait pas l'inventeur de cet objet, mais vers la fin du 13^{e} siècle, Raymond Lulle fait une description d'un instrument similaire qu'il nomme *Sphæra Horarum Noctis* dans son *Nova Geometria* (voir ci-après).

Cet instrument est composé d'une alidade et de deux disques superposés. Le plus grand porte une graduation en mois alors que le plus petit, mobile, est gradué en heures. Pour son utilisation, on plaçait l'heure de minuit face au jour du mois de l'observation, et, en tenant l'instrument à bout de bras, on fait coïncider le centre du nocturlabe avec la direction de Polaris, puis on fait tourner l'alidade jusqu'au moment où elle s'aligne sur une étoile prise comme référence (on prend généralement *les gardes* de la Grande Ourse ou la β de la Petite Ourse). Le segment ainsi formé devient une sorte d'aiguille. La partie inférieure de l'alidade indique du même coup l'heure sur l'échelle horaire.

Le Musée d'Histoire des Sciences à Oxford conserve un nocturlabe réalisé au Maghreb, probablement au 16^{e} siècle. Cet instrument est similaire à celui fabriqué par Geminus en 1589. La forme des chiffres est presque identique à celle utilisée en Europe. Il peut s'agir d'une forme plus développée des chiffres de type Ghubbār, mais cela reste à confirmer. Les inscriptions sont en arabe, et les noms des mois sont une transcription directe des mois du calendrier julien de l'Occident chrétien, comme dans tous les astrolabes hispano-mauresques. Cet instrument est muni d'un indicateur de l'heure lunaire et de son aspect. Les tracés du disque supérieur indiquent les positions particulières Soleil-Lune-Terre : carré (quadrature), triangle équilatéral (trigone), hexagone (sextile) et, en ligne droite, conjonction (nouvelle Lune) et opposition (pleine Lune).

La *Sphæra Horarum Noctis* de Raymond Lulle

Raymond Lulle (1232-1316) était un grand voyageur, surtout durant les trente dernières années de sa vie. À trois reprises, Raymond Lulle séjourne en Afrique du Nord, et plus précisément dans la partie orientale de cette région : Tunis en 1292, Bougie en 1307, et ces deux villes entre 1314 et 1315. Il y aurait même étudié les mathématiques à Bougie vers 1280. Même si ses travaux au Maghreb demeurent difficiles à appréhender, avec ses séjours et sa maitrise de la langue arabe, il était certainement influencé par l'astronomie maghrébine, ce qui est d'ailleurs attesté dans certaines disciplines, telles que la logique. C'est là la raison principale qui nous pousse à nous intéresser à sa production scientifique.

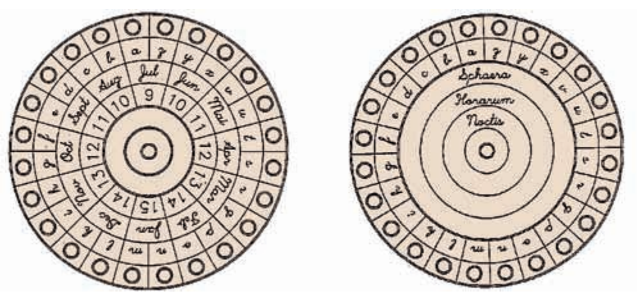
Dans son *Nova Geometria* terminé à Paris en 1299, donc après ses premiers séjours en Afrique du Nord, on trouve la première description d'un instrument similaire au nocturlabe : la *Sphæra Horarum Noctis* [Farré Olivé, Eduard, 1996]. Le chapitre en question s'intitule : L'instrument pour connaitre l'heure de nuit. Il semble avoir consacré un autre chapitre au quadrant horaire sous le titre : Quadrant pour connaitre l'heure de jour.

Le nocturlabe de Lulle est constitué d'un disque en cuivre perforé au centre. On peut également le réaliser avec un autre métal, le bronze par exemple, et même avec du papier. La bordure du disque est divisée en 24 tranches trouées. Les heures ne sont pas indiquées avec des nombres, comme on s'attend, mais ordonnées suivant les lettres de l'alphabet.

L'utilisation du nocturlabe de Lulle commence par l'identification de la α et de la β de la Petite Ourse, Polaris et Kochab respectivement. Juste après le coucher du soleil, on tient le nocturlabe de telle sorte que la lettre « a » soit orientée vers le haut, et on essaye de voir Polaris à travers le trou central. On note ensuite de quel trou du pourtour on aperçoit Kochab. Comme toutes les étoiles, celle-ci tourne autour de Polaris avec une vitesse angulaire de 15° par heure. Ainsi, à chaque fois qu'on voit Kochab à travers un nouveau trou, une heure s'est écoulée. L'homme qui veut durant la nuit, dit Lulle, connaitre le temps qui lui reste à surveiller, il détermine le trou auquel s'est déplacée Kochab. Si au crépuscule celle-ci est visible par le trou de la case « a » et plus tard par celui de la case « c », il saura qu'il est à la troisième heure de la nuit. Plus loin dans son texte, Lulle nous prévient de la nécessité de connaitre la durée de la nuit pour qu'on puisse estimer le temps qui reste avant l'aurore. Si la durée de la nuit est de 9 heures, dit-il, et celle du jour est de 15, et si la Kochab apparait en « a » au couché du soleil, à l'aurore elle sera en « i », et de même, si elle apparait en « b » elle va se déplacer vers la fin de la nuit en « k ». La durée qui reste avant l'aube peut être déterminée par soustraction du nombre d'heures écoulées à la durée totale de la nuit. Lulle termine sa description en disant que l'instrument en question est utile notamment pour les gardiens de nuit, tant en mer qu'en terre. On est donc en présence d'un instrument simple et pratique pour mesurer le temps de nuit, tant que le ciel n'est pas couvert de nuages. Les gens de l'époque ne manqueront certainement pas de l'utiliser.

On trouve la description de la seconde version du nocturlabe de Lulle, légèrement améliorée, dans son *Opera Omnia* contenu dans son *Livre sur les Principes de la Médecine*. Ce qu'il y a de nouveau dans cette nouvelle version, c'est l'indication des mois et de la durée des nuits qui leur correspondent, ordonné autour du centre du disque. Cela ne peut se faire que pour une plage de latitudes déterminées. La description de cet instrument dans un ouvrage de médecine montre qu'il était donc utilisé dans un but scientifique ; ici pour administrer les médicaments.

Deux questions restent posées : Qui est l'inventeur du nocturlabe de Lulle ? Cet instrument était-il utilisé au Maghreb ? Tout ce qu'on sait pour l'instant, c'est qu'un nocturlabe de type lullien est décrit dans un texte anonyme contenu dans l'almanach de Tortosa (pour l'année 1307) conservé à la Bibliothèque Nationale de Madrid (Ms. 17961, fol. 105v.-106v.). Par ailleurs, certains astronomes andalous, dont al-Qurṭubī déjà cité, décrivent un instrument appelé *Dā'ira* qui peut être le précurseur du nocturlabe de Lulle. Celui-ci est formé d'un cercle divisé en 12 heures et d'un autre mobile où les mansions lunaires et les signes du zodiaque sont représentés. De nuit, le déplacement de la mansion opposée à celle du soleil, qui au coucher est placée vers la fin du demi-cercle horaire, indique directement l'heure. Cet instrument utilise donc les mansions lunaires au lieu des deux étoiles circumpolaires, plus facile à reconnaitre, ce qui rend son utilisation légèrement plus difficile.



À gauche, la première version du nocturlabe de Lulle décrite dans son *Nova Geometria*. À droite, la seconde version du nocturlabe de Lulle selon la description contenue dans son Livre sur les Principes de la Médecine [Farré Olivé, Eduard, 1996].

Autres instruments

D'autres instruments, quoique moins répandus, peuvent aussi être utilisés pour mesurer le temps. C'est le cas, par exemple, de la sphère armillaire, décrite pour la première fois au Maghreb par Dunash Ibn Tamim (X[e] siècle), un Juif de Kairouan. Une seule copie de son traité nous est parvenue et elle est conservée à Istanbul (Ayasofya, Ms. 4861). C'est le cas également de l'astrolabe sphérique dont un fragment pour la latitude de Tunis est conservé à Milan, ou encore des deux astrolabes universels, al-Zarqāliyya et al-Shakkāziyya (le second est une version simplifiée du premier), développés par al-Zarqālī (m. 1100), et où la projection stéréographique ne se fait plus à partir du pôle Sud sur le plan de l'équateur, mais à partir du point vernal. Techniquement, il s'agit d'une projection stéréographique duale sur le plan du colure des solstices. Cette projection, valable donc pour toutes les latitudes, permet de résoudre le problème majeur de l'astrolabe planisphérique, à savoir la nécessité d'avoir un tympan pour chaque latitude. Les deux derniers types d'astrolabes qu'on vient de citer ont fait l'objet d'un opuscule d'Ibn al-Bannā' et probablement du traité anonyme du XV[e] siècle dont une copie incomplète est conservée à Alger (BNA, Ms. 613). On sait aussi qu'un certain Abū Bakr ibn Yūsuf de Marrakech (XIII[e] siècle) a réalisé un astrolabe universel suivant le modèle inventé par Ibn Khalaf en Andalousie au XI[e] siècle (c'est ce même modèle qui a été développé par al-Zarqālī) [King]. Deux astrolabes en laiton avec une projection universelle sont conservés au Musée d'Histoire des Sciences à Oxford. L'un est réalisé au XIII[e] siècle et l'autre en 1324 par le *Mu'adhdhin* 'Alī ibn Ibrāhīm al-Ḥarrār de Taza.

Gnomonique

La gnomonique est l'art de construire les cadrans solaires. Ces derniers sont des instruments qui indiquent l'heure solaire suite au déplacement de l'ombre du style, sur une surface graduée, au cours de la journée. Le plus ancien qui nous soit parvenu, est un cadran égyptien constitué d'une tige graduée sur laquelle on lit l'heure grâce à l'ombre projetée par un T placé à l'extrémité de la tige, et il date de 1500 avant J.-C. Vers 550 avant J.-C., Anaximandre élabore le premier cadran grec. Un peu plus tard, le système sera amélioré. Vers 300 av. J.-C., Parménion, par exemple, réalise un cadran transportable.

C'est au VII[e] siècle que les musulmans découvrent le cadran solaire, et c'est au célèbre al-Khwārizmī qu'on doit le plus ancien texte sur cet instrument. Ce qui caractérise les cadrans arabes, c'est qu'ils font figurer, en plus des lignes horaires, celles des prières du *Ẓuhr* (midi) et du *'Aṣr* (après-midi). Le cadran horizontal de

Cordoue, construit par Ibn aṣ-Ṣafār vers l'an 1000, est le plus ancien modèle conservé.

Données archéologiques

Au Maghreb, les cadrans solaires étaient connus depuis l'antiquité. À Tacape (Gabès), au témoignage de Pline qui parait l'avoir visitée, la mesure du temps, nécessaire dans le partage de l'eau au niveau des seguias, se faisait à l'aide d'un gnomon. De plus, plusieurs cadrans solaires de l'époque romaine et byzantine subsistent toujours.

De l'époque médiévale, quelques cadrans existent toujours, mais ils ne sont pas complètement recensés. Ainsi, nous nous limiterons ci-après de décrire trois d'entres eux. Le plus ancien est conservé au musée national de Carthage, et il est beaucoup plus perfectionné que celui de Cordoue. Cet instrument porte l'inscription suivante : construit par Abū al-Qāsim ibn Ḥasan al-Shadād en l'an 746 Hijra (1345/46) à Tunis. On trouve tracé les courbe du *Ẓuhr*, du *'Aṣr*, du *Ḍuḥā* (au milieu de la matinée), et du *Ta'hīb* (une heure avant midi). L'analyse de cet instrument montre que les courbes des solstices sont de simples arcs de cercles et non pas des hyperboles [D.A. King, 1988 et 1997].

Sur l'une des colonnes de la mosquée Sīdī al-Ḥalwī de Tlemcen est gravé un cadran solaire de type cylindrique. Celui-ci porte l'inscription suivante : Fait par Aḥmad b. Muḥamad al-Lamṭī au 11e mois de l'année 747 (1347 J.C.). Cet écrit constitue un beau spécimen de ce carac-tère carré, qui se montre sur les instruments d'astronomie, dénommé Coufique astronomique (appelé aussi coufique grêle). On trouve tracées sur ce cadran la ligne de *Zawāl* (midi), les courbes du *Ẓuhr* et du *'Aṣr*, ainsi que les courbes de l'équinoxe et des solstices. Cependant, on remarque que la mosquée de Sīdī al-Ḥalwī ne date que de 754, que l'inscription en question lui est donc antérieure de sept années. Les colonnes qui la portent devaient primitivement avoir une affectation différente, probablement pour le palais de la Victoire à Manṣūra. Cette hypothèse parait fort plausible, d'autant plus que le cadran solaire en question se trouve actuellement placé dans un endroit que le soleil n'éclaire jamais ; les colonnes qui le portent ne sont pas donc là où elles devaient primitivement être.

Ces deux premiers cadrans, qui se limitent aux tracés des lignes de prières, ne reflètent pas vraiment le savoir-faire des Musulmans en matière de gnomonique. D'ailleurs, presque à la même époque, l'illustre Ibn al-Raqqām se plaint de l'oubli, ou presque, des fondements de cette science. Ceci dit, dans la célèbre mosquée az-Zaytūna de Tunis on trouve tout de même un cadran solaire qui contient tout ce qu'un gnomoniste musulman peut exiger de lui. Ce vieux cadran, qui se trouve au milieu de la cour de cette mosquée, est probablement le plus perfectionné du Maghreb. Il était utilisé depuis plusieurs générations pour connaître l'heure et le moment des prières. La complexité de cet instrument, composé de plusieurs cadrans superposés (deux inclinés, quatre gnomons et un cadran horizontal à style polaire) témoigne de l'ingéniosité humaine. Ce qui distingue cet instrument, c'est le fil qui traverse l'ensemble. Celui-ci est parallèle à l'axe des pôles et, par la projection de son ombre sur une surface horizontale graduée de 4 mn en 4 mn, il indique l'heure avec une grande exactitude. Malheureusement, les inscriptions et les tracés sont en grande partie effacés.

Le traité sur les cadrans solaires d'Ibn al-Raqqām

Les cadrans solaires ont fait l'objet de quelques ouvrages. C'est le cas de *Ikhlāṣ an-Naṣā'iḥ* de 'Abd al-Raḥmān at-Tūzurī, rédigé en 1447 et dont deux copies manuscrites sont conservées à la Bibliothèque al-Ḥasaniya. Cependant, nous nous bornerons ci-après à présenter le traité d'Ibn al-Raqqām qui semble être le plus important et qui a été édité, traduit en espagnol et commenté par Joan Carandell en 1988.

Astronome et Mathématicien d'origine andalouse (Murcie), mais qui a vécu à Bougie, à Tunis et à Grenade, Ibn al-Raqqām doit être considéré comme l'un des plus éminents scientifiques de son époque. Ses nombreux ouvrages témoignent d'un exceptionnel savoir qui ne se rencontre pas, à un degré aussi élevé, même chez de grands esprits. En effet, dans chacune des villes où il a vécu (Bougie, Tunis et Grenade), il a rédigé des tables astronomiques selon la tradition de l'école initiée par les célèbres astronomes Arzachel et le Maghrébin Ibn Isḥāq. Ibn al-Raqqam a également rédigé des ouvrages dans des disciplines aussi diverses que la géométrie, la médecine, l'agronomie et la philosophie. D'autre part, ses talents d'enseignant en algèbre, calcul, astronomie et médecine sont attestés par son biographe Ibn al-Khaṭīb et les brillants disciples qu'il a formés, tels le philosophe Ibn Hudhayl et le roi de Grenade Naṣr al-Khazrajī [M. Diaz-Fajardo, 2007, Samso, 2006].

Animé par un personnage notable de l'Ifriqiya (cette dénomination recouvre la Tunisie actuelle, l'Algérie orientale et la Tripolitaine), Ibn al-Raqqām compose une deuxième version de son traité sur les cadrans solaires, intitulé *Risāla fī 'Ilm al-Thilāl*, et qui permet d'accéder,

Le balconnet de la maison des Ibn Marzuk
dans la *Médina* de Tlemcen

Urjuza sur la sciernce du temps composé par
Ibn Marzuq al-Hafid (mort en 1439)

selon lui, à la connaissance de tous les instruments de l'ombre. Une copie complète de ce traité est conservée à l'Escurial. Nous avons pu également identifier une autre copie, mais incomplète, à la Bibliothèque Nationale de Rabat sous le numéro 2233 et qui est répertoriée avec une fausse dénomination, ce qui a induit en erreur certains chercheurs. Dans ce traité, composé de 44 chapitres, Ibn al-Raqqām explique la construction de huit types de cadrans solaires qui se distinguent par leurs formes (plan ou semi-sphérique) ou par la disposition du plan du cadran (horizontal ou non). Il utilise le cadran solaire horizontal comme base pour la construction des autres cadrans. Le style de ce dernier est parallèle à l'axe des pôles. Les huit cadrans solaires en question sont : le cadran horizontal, le cadran portatif, le cadran vertical, le cadran diptyque vertical et déclinant, le cadran équatorial, le cadran incliné, le cadran incliné et déclinant, le cadran semi-sphérique.

Enfin, Ibn al-Raqqām se montre original et innovateur dans l'élaboration de ces cadrans. En effet, il se sert d'un analemme de tradition hellénique (représentation d'une sphère sur une surface plane) pour tracer les lignes du cadran.

L'ouvrage encyclopédique d'al-Ḥasan al-Marrākushī

Abū 'Alī al-Ḥasan b. 'Alī b. 'Umar al-Marrākushī était un astronome et mathématicien de grande renommée, qui a vécu au XIII^e^ siècle. Il a parcouru en observateur quarante-et-une localités, où il a relevé lui-même la hauteur de l'étoile polaire, depuis diverses villes du Maroc et du Sahara Occidental, et les deux villes de l'Espagne musulmane, Séville et Cadix, jusqu'en Égypte (Le Caire, Alexandrie…), en passant par quelques villes de l'Afrique septentrionale, tel que Bougie, Tunis et Tripoli.

Concernant sa production, le bibliographe Ḥājī Khalifa nous donne les titres de deux de ses ouvrages concernant les instruments astronomiques. Le premier est *Ālāt at-Taqwīm*. Le second est l'impressionnant ouvrage intitulé *Jāmi' al-Mabādi' wa al-Ghāyāt fī 'Ilm al-Mīqāt* (Collection des commencements et des fins dans la science du temps), considéré par le même bibliographe, comme le plus imposant ouvrage composé sur *al-Mīqāt*, et précise qu'il est divisé en quatre disciplines, à savoir le calcul (comportant 87 chapitres), l'élaboration des appareils (divisée en 7 parties), l'utilisation des appareils (comportant 15 chapitres), et des études pour acquérir connaissances et puissance créative (comportant 4 chapitres). Les trois premiers livres de la seconde partie sont presque entièrement consacrés aux instruments relatifs à la mesure du temps.

Après la mort de son auteur, *Jāmi' al-Mabādi'*, devient l'une des inspirations les plus fécondes. Voici ce que dit l'astronome al-Mizzī (m.1349) : « Actuellement, il n'existe aucun traité satisfaisant sur cet instrument (quadrant-sinus), à l'exception du traité composé par le cheikh, l'imam, le représentant le plus éminent de cet art, Abū 'Alī al- Marrākushī, que Dieu le bénisse, qui fait partie de son ouvrage intitulé *Jāmi' al-Mabādi'*, de cent onze chapitres. Les autres traités des différents auteurs sont absurdes ». C'est là un jugement de connaisseur. Car al-Mizzī était le *Muwaqqit* de la grande mosquée omeyyade de Damas ; de plus, il a composé d'innombrables ouvrages sur les instruments astronomiques. La notoriété de cet ouvrage ne s'arrête pas là. On ignore à quelle date, le savant encyclopédique Ibn al-Akfānī, qui est décédé au Caire en 1348, va le résumer. Cependant, au Maghreb, seul le prolifique astronome Ibn Ḥamādūsh (XVIII[e] siècle) a exploité cet ouvrage dans son traité sur un instrument sphérique nommé *al-Kura* (Bibliothèque al-Ḥasaniya, Ms. 1573). Celui-ci n'est pas un simple globe céleste, car il est muni de deux anneaux (l'horizon et le méridien) et d'un quadrant auxiliaire, et permet de réaliser, entre autres la mesure du temps.

Dans *Jāmi' al-Mabādi'*, on y trouve exposée toute la gnomonique des musulmans. Grâce aux travaux de L. A. Sédillot et M. Delambre, il nous est possible d'énumérer tous les cadrans en question. Ainsi, au nombre des cadrans nous distinguons le *Ḥafīr* (ce mot signifie Sabot, du fait de la forme de l'instrument) et le *Ḥalazūn* (Hélice), le cadran cylindrique, propre à toutes les latitudes, le cadran conique, le *Sāq al-Jarāda*, ou la jambe de sauterelle. Quant aux cadrans qui restent à énumérer, l'heure est indiquée par l'extrémité de l'ombre du gnomon. Ces derniers sont plus commodes que ceux qui précédent parce que les quatre points cardinaux et l'azimut de la *Qibla* doivent y être marquées par des lignes droites. Il est aussi facile de reconnaitre le moment de *al-'Aṣr* et celui auquel le soleil est sur l'azimut de la *Qibla*. Les cadrans en question sont : le cadran horizontal, le cadran oriental et occidental sur le plan du méridien, le cadran sur le plan du premier vertical, le cadran vertical déclinant et le cadran incliné, les cadrans dont le gnomon, au lieu d'être perpendiculaire au plan, est parallèle à l'horizon, les cadrans parallèles à des horizons quelconques, le cadran horizontal des heures égales, les cadrans dans un hémisphère creux, horizontal ou vertical, les cadrans sur des feuilles de paravent, les cadrans cylindriques perpendiculaires à l'horizon, etc.

Clepsydres

Les clepsydres sont apparues il y a plusieurs millénaires. La plus ancienne est conservée au musée du Caire et remonte à 3 500 avant J.-C. sous le règne d'Aménophis III. C'est un vase en albâtre de forme tronconique (36 cm de haut), richement décoré à l'extérieur et gravé à l'intérieur. Plus tard, elle sera copiée ou redécouverte dans tous les continents. Ce type d'instrument ne se limite pas à suppléer les erreurs des autres horloges astronomiques lors des jours nuageux. Les Grecs, par exemple, l'ont utilisé pour limiter le temps de plaidoirie dans les tribunaux.

Dans les premières clepsydres, l'heure était indiquée en repérant le niveau du liquide dans un récipient en albâtre et percé d'un trou à la base. Toutefois, même si le principe de son fonctionnement parait simple, cet instrument est difficile à graduer et à régler suite à la variation de la viscosité de l'eau avec la température et la variation du débit qui dépend de la hauteur du liquide. L'autre inconvénient provient des impuretés et du calcaire capable de réduire l'orifice. De plus, elle doit être adaptée aux heures inégales qui partagent le jour et la nuit en 12 intervalles égaux. Quoi qu'il en soit, plus tard les musulmans, héritiers de la science antique, vont tenter de développer ce type d'instruments.

Revenons maintenant au Maghreb. 'Alī al-Jaznā'ī (XIV[e] siècle), dans *Zahrat al-'Aṣ*, rapporte qu'à côté de quelques cadrans solaires de la mosquée al-Qarawiyyīn de Fès, le cadi Ibn Yankul avait chargé en 1286-7 le *Muwaqqit* Ibn al-Ḥabbāk de mettre en œuvre une clepsydre pour déterminer le moment des prières et l'heure durant les jours nuageux. Selon le même chroniqueur, celle-ci était constituée d'un bassinet en poterie avec une auge (*Tanjīr*), tracée de lignes et percée de trous, placée sur le bassinet rempli en eau. Les lignes ou marques du *Tanjīr*, probablement de forme tronconique, permettaient de repérer le niveau d'eau et de déterminer ainsi le temps passé.

Du fait que les dimensions des clepsydres ne permettent pas une autonomie de plusieurs heures, en plus des nombreuses contraintes déjà citées, on pense qu'elles sont utilisées beaucoup plus pour limiter le temps de certaines activités. Le voyageur Léon l'Africain rapporte que les agriculteurs d'al-Burj, une région d'Algérie située au pied des Bibans, utilisaient des clepsydres. Celles-ci ne sont certainement pas d'une grande complexité, car elles répondent à une seule exigence, celle de limiter le temps d'arrosage de leurs champs (Dans l'antiquité, dans certaines régions du Maghreb, on utilisait un gnomon au lieu de la clepsydre, selon le témoignage de Pline).

Ceci dit, de grandes et de petites clepsydres ajustables étaient utilisés par certains citadins, c'est du moins ce qu'on déduit du récit du Docteur Thomas Shaw qui a parcouru le Maghreb au début du XVIII[e] siècle. Ainsi, il nous paraît raisonnable de penser que ces instruments n'étaient pas utilisés uniquement en agriculture, mais aussi pour d'autres motifs, tels que la détermination des heures de prières.

Sabliers

L'idée de substituer le sable à l'eau ne s'est présentée à l'esprit que tardivement. Le sablier est moins ancien que la clepsydre et il nécessite le savoir-faire d'un verrier. Le sable a l'avantage de ne pas geler. Cet instrument est constitué de deux récipients superposés, communiquant par un étroit conduit où s'écoule du sable fin. Cependant, étant donné que le sable est moins fluide que l'eau, l'instrument en question est mieux adapté aux courtes durées. Il est donc peu commode pour les longues durées. Autre difficulté de taille, il fallait le retourner à chaque fois que le sable s'était complètement écoulé.

On ignore depuis quand on utilise le sablier au Maghreb. À ma connaissance, le seul auteur maghrébin ayant mentionné cet instrument, qu'il nomme à l'occasion *al-Ramlia*, est l'astronome 'Abd al-Raḥmān at-Tājūrī (m. 1554). Cet instrument est cité dans son opuscule sur la Boussole-cadran (un instrument mixte, constitué d'une boussole, d'un cadran solaire et d'un indicateur de Qibla, qu'il nomme Bayt al-Ibra), intitulé *Waraqāt fī Ma'rifat Waḍ' Bayt al-Ibra*. Il l'utilise pour vérifier la mesure de la Boussole-cadran. Aussi, on devine que le sablier en question porte des graduations, qu'il mesure des périodes de deux à trois heures, et qu'il était utilisé pour fixer l'intervalle entre deux prières consécutives, le *Ẓuhr* et le *'Aṣr*, notamment.

Horloges monumentales

En plus des simples clepsydres, les Grecs ont utilisé l'eau pour actionner des horloges plus complexes. Parmi les auteurs qui s'y sont particulièrement distingués citons notamment Ctésibios (entre 300 et 230 av. J.-C.), cité par l'ingénieur et architecte romain Vitruve et les deux techniciens qui suivent, Philon de Byzance (3[e] siècle av. J.-C.), dont deux de ses ouvrages *les pneumatiques* et *le traité des clepsydres* nous sont parvenus en langue arabe, et Héron d'Alexandrie dont treize de ses ouvrages sont connus par des traductions arabes ou latines [C.H. Eyraud, 2004]. Les Arabes traduisirent également un traité sur les horloges hydrauliques attribué à Archimède (287-212). Les auteurs arabes avaient donc à leurs dispositions tout ce qu'il faut pour exceller dans cette discipline. Ici, nous évoquerons notamment le célèbre al-Jazarī (m. 1206), qui est cité comme référence par de nombreux auteurs, et l'Andalou du XI[e] siècle Ibn Khalaf al-Murādī, dont la seule copie manuscrite de son traité intitulé *Kitāb al-Asrār fī Natā'ij al-Afkār* (Le livre des secrets sur les résultats des pensées) est conservée à Bibliothèque Laurent de Médicis de Florence. Dans cet ouvrage, édité récemment à Milan sous le titre *The Book of Secrets in the Results of Ideas*, 18 modèles d'horloges à eau et un cadran solaire y sont décrits.

Nous ne connaissons aucun traité de ce type rédigé au Maghreb. Toutefois, les témoignages qui suivent prouvent l'existence de spécialistes dont les écrits ne nous sont pas parvenus ou qui ont réalisé des horloges sans éprouver le besoin d'en parler. Ces techniciens se sont peut-être inspirés de l'unique traité de mécanismes attribué aux Banū Mūsa ibn Skākir (IX[e] siècle), intitulé *Kitāb al-Ḥiyal* (Le livre des mécaniques ingénieuses), qui semble avoir circulé au Maghreb selon le témoignage d'Ibn Khaldūn dans les prolégomènes : *Un certain auteur a traité cette branche des mathématiques à part (automatisme et mécanique pratique) dans un ouvrage sur la mécanique pratique, contenant tout ce qu'il y a de merveilleux en fait de procédés curieux et d'artifices ingénieux. Ce traité est très répandu, bien qu'il ne soit pas facile à comprendre, à cause des démonstrations géométriques qu'il renferme. On l'attribue aux Banī Shakīr.*

L'horloge anaphorique de Fès

L'horloge de la mosquée al-Qarawiyīn, qui a remplacé la première clepsydre déjà décrite, fut construite en 1317. Celle-ci est conçue par al-Qarasṭūnī et réalisée par aṣ-Ṣanhājī. Selon le récit d'al-Jaznā'ī, l'ingénieux artisan, qui a réalisé le système hydraulique sous-jacent, installa une règle, dont le mouvement est gouverné par un flotteur, pour indiquer les heures, les minutes et les moments de prières de la nuit et du jour. Après avoir fonctionné toute la journée, l'horloge doit être alimentée à nouveau en eau.

Cette horloge fut, par la suite, laissée à l'abandon, avant d'être restaurée vers 1347. En 1361, l'astronome et mathématicien Abū Zayd 'Abd al-Raḥmān al-Lujā'ī (m.1371), le célèbre élève d'Ibn al-Bannā', va lui associer un instrument similaire à l'astrolabe planisphérique de 0,42 m de diamètre, qu'on retrouve encore de nos jours et qui fonctionne par le même mécanisme hydraulique de l'horloge. Grâce au mouvement de l'araignée de l'astrolabe entrainée par le mécanisme hydraulique dissimulé, sur un tympan correspondant à la latitude de Fès (33°), celle-ci reproduit les déplacements du mouvement diurne. Cette horloge ressemble à l'horloge

Traité anonyme d'astronomie rédigé vers 1781.
Plusieurs notices et instructions montrent qu'il était destiné principalement aux navigateurs. Manuscrit 1491 de la BNA

anaphorique décrite par l'ingénieur et architecte romain Vitruve (Ier Siècle av. J-C.). Selon le témoignage d'Ibn Qunfudh (1339-1407), dans son ouvrage biographique *Uns al-Faqīr wa 'Iz al-Ḥaqīr* édité et commenté par Najāḥ 'Awḍ Ṣiyām en 2002, l'horloge astrolabique inventée par son maître al-Lujā'ī, permet de connaitre d'un simple coup d'œil : la hauteur du soleil, l'heure de jour et la hauteur des étoiles de nuit.

L'horloge publique de Fès

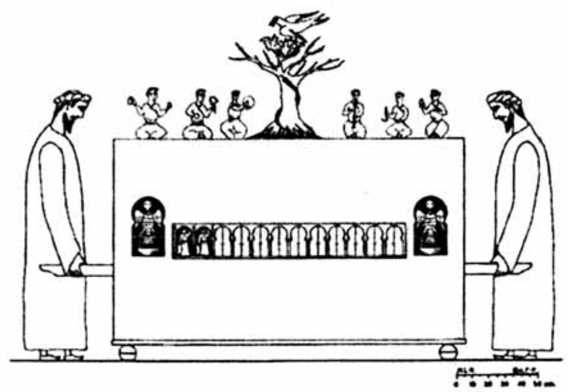
Il existait à Fès une autre horloge qui se trouvait à côté de *Madrasat* Abī 'Inān (Mosquée al-Bu'nāniyya) réalisée par le *Muwaqqit* tlemcenien Ibn al-Faḥḥām. C'est Abū 'Inān, lors de son installation à Tlemcen, qui ordonna la construction de cette horloge en 1357. Une fois de plus, c'est al-Jaznā'ī qui nous décrit cette horloge publique. Celle-ci était constituée d'une série d'écuelles-timbres, treize en tout, en laiton. À chaque heure, un poids tombait dans une des coupes en même temps que l'ouverture d'une fenêtre. En fait, la fenêtre restait ouverte de façon qu'un passant puisse connaître l'heure au premier regard.

L'horloge en entier faisait environ onze mètres de long, et derrière le mur, qui accueillait les structures apparentes, se trouvait le mécanisme qui fait fonctionner l'horloge. Malheureusement, rien ne reste de ce mécanisme hydraulique.

Khizānat al-Manjāna de Tlemcen

On sait selon plusieurs historiens, dont Yaḥya Ibn Khaldūn, qu'il y avait à Tlemcen une horloge à automates, et qui cachait un jeu complexe d'engrenages, conçue à l'époque du souverain Abū Hammū (1307-1318) et qu'on faisait fonctionner spécialement à l'occasion du *Mawlid* (Anniversaire du prophète). Au milieu de l'horloge, il y avait plusieurs portes, autant que l'on a d'heures dans la nuit, et deux plus grandes aux deux extrémités. Au sommet de cette horloge était un arbre portant un oiseau qui abritait sous ses ailes ses petits. Au cours d'une heure, un serpent, sortant d'un trou ménagé à la base de l'arbre, monte peu à peu vers cet oiseau, et s'empare de l'un des petits, tandis que le père sifflait pour effrayer le serpent. À ce moment même, la porte de l'heure, qui s'est placée automatiquement au centre de la caisse, s'ouvrait, et une

Horloge de Fès



La Mangana. Horloge à eau de Tlemcen

jeune fille en sortait en tenant dans sa main droite un feuillet sur lequel était tracé en vert le chiffre de l'heure. Enfin, le talentueux constructeur a placé au-dessus de toutes les portes et un peu au-dessous du bord supérieur, selon toujours le récit de Yaḥya Ibn Khaldūn, un globe lunaire qui se mouvait selon une trajectoire analogue à celle de la lune sur le zodiaque.

L'horloge de Marrakech

À la mosquée de la Kutubiya de Marrakech, Chihāb ad-Dīn al-'Umarī, qui écrivait entre 1342-1349, signalait l'existence d'une horloge hydraulique, mais qui ne fonctionnait plus à son époque, et qui était placée à 50 coudées en l'air. Ainsi, chaque heure de la journée, un poids tombait et faisait sonner par sa chute des cloches dont le bruit s'étendait au loin.

Notations

« AD » arc diurne, « AN » arc nocturne, « d » nombre de degrés d'une heure saisonnière, « H » angle horaire, « h » hauteur instantanée , « h_m » hauteur méridienne, « N_E » nombre d'heures équinoxiales, « N_S » nombre d'heures saisonnières, « q » nombre d'heures équinoxiales, « S » l'ombre du gnomon instantanée, « S_m » l'ombre du gnomon lorsque le soleil est au méridien, « s » nombre d'heures saisonnières, « T » temps écoulé depuis le lever, ou le temps qui reste avant le coucher du soleil, « α » ascension droite du soleil, « α_S » ascension droite du soleil, « δ » déclinaison du soleil, « λ » longitude du soleil, « ϕ » latitude géographique, « ε » obliquité de l'écliptique.

Mohamed Réda BEKLI, Djamil AISSANI, Ilhem CHADOU
Association Gehimab – Université de Constantine

RÉFÉRENCES

E. Calvo, *Two Treatises on Mīqāt from the Maghrib (14th and 15th cent. A.D.)*, Suhayl **4**, pp. 159-206 (2004).

M. Diaz-Fajardo, *Un astronomo de origen murciano del siglo XIV: Ibn al-Raqqām*, Las artes las ciencias en el occidente musulmán, Museo de la Ciencia y el Agua (2007).

Farré Olivé, Eduard, *La Sphaera Horarum Noctis de Ramon Llull*, La Busca de Paper **22**, printemps, pp. 3-12 (1996).

C.H. Eyraud, *Horloges astronomiques au tournant du XVIIIe siècle : de l'à-peu-près à la précision*, Thèse de Doctorat, Université de Lyon (2004).

D.A. King, *An Overview of the Sources for the History of Astronomy in the Medieval Maghrib*, Deuxième Colloque maghrébin sur l'histoire des mathématiques arabes, Tunis (Décembre 1988).

D.A. King, *Astronomie et Société Musulmane : Qibla, Gnomonique, Miqât*, in Histoire des Sciences arabes, Astronomie, théorique et appliquée, Seuil, Paris (1997).

M. Marin, *The Making of a Mathematician: al-Qalasādī (d. 891/1486) and his Rihla*, Suhayl **4**, pp. 295-310 (2004).

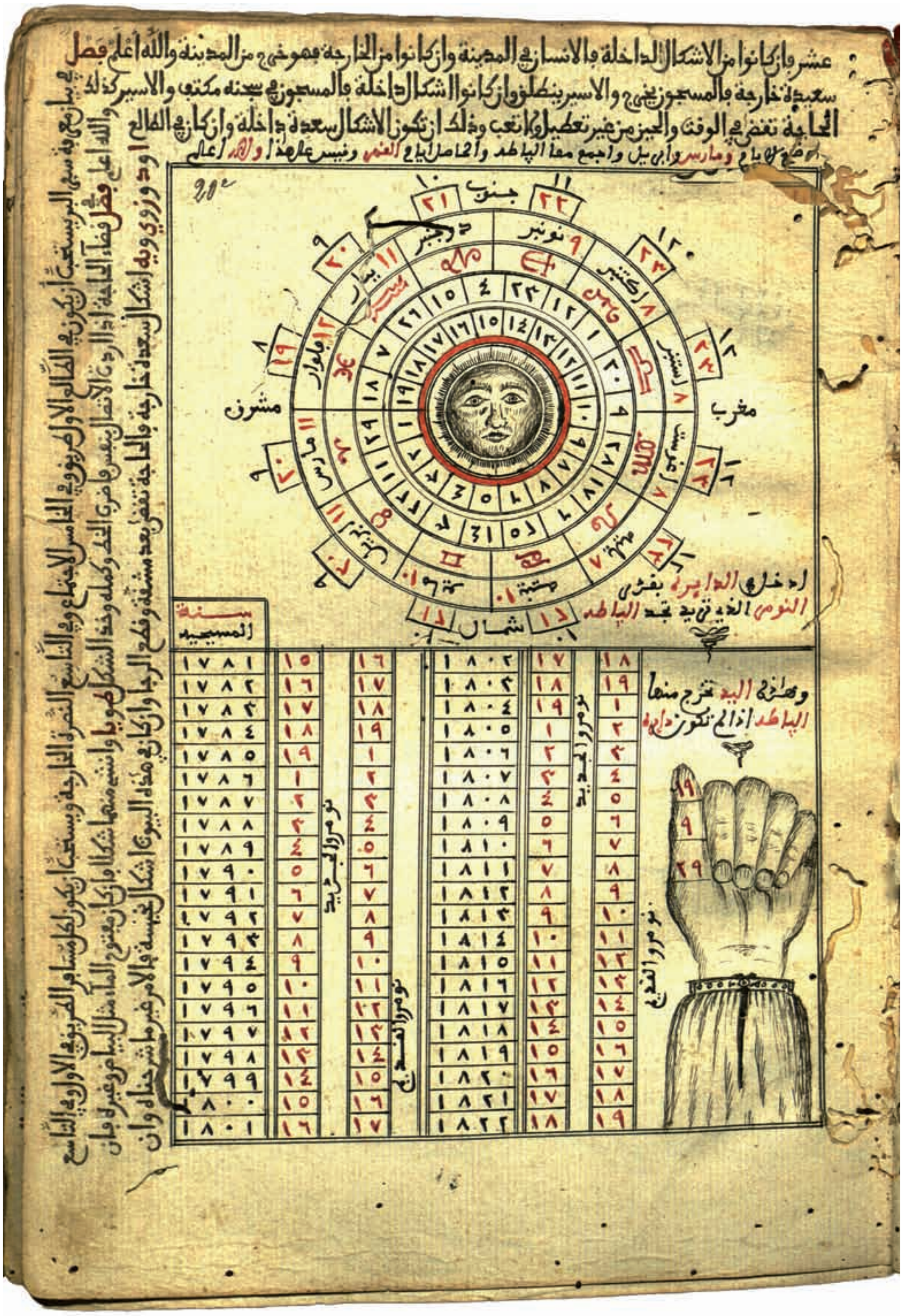
A. Meziane, Figig. *Musāhama fi Dirāsati al-Mujtama', al-Wāhī al Maghribī Khilāla al-Qarn al-Tāsi' 'Ashar* (1845-1903), Rabat (1988).

J. Samsó, *Ibn al-Raqqām, Abū 'Abd Allāh*, Biblioteca de al-Ándalus, Enciclopedia de la Cultura Andalusí, 4. Almería, pp. 440-444(2006).

J. Samsó, *Lunar Mansions and Timekeeping in Western Islam*, Suhayl **8**, pp. 121-161 (2008).

T. Madani, *Le partage de l'eau dans l'oasis de Figuig (Maroc oriental)*, Mélanges de la Casa de Velázquez, 36-2 (2006). Mis en ligne le 11 octobre 2010. URL : http://mcv.revues.org/2016.

A. Fernández-Puertas, *Clepsidras y horologios musulmanes* MEAH, Sección Árabe-Islam 55, pp.135-185 (2006).



Traité anonyme d'astronomie rédigé vers 1781.
Plusieurs notices et instructions montrent qu'il était destiné principalement aux navigateurs. Manuscrit 1491 de la BNA

LES TABLES ASTRONOMIQUES DE L'OCCIDENT MUSULMAN

L'école de Tolède

La naissance d'une authentique école astronomique andalouse peut être datée vers le milieu du V^{e}/XI^{e} siècle à Tolède, dans la période où le *qāḍi* Ṣā'id al-Andalusī (420/1029-462/1070), le célèbre auteur des *Ṭabaqāt al-Umam*, commence à exercer le rôle de patron et mécène d'une équipe de recherche formée par plusieurs astronomes parmi lesquels on trouve la figure fondamentale d'Abū Isḥāq Ibrāhīm ibn Yaḥyā al-Naqqāsh (m. 493/1100), surnommé Walad al-Zarqiyāl (d'où le nom hispanisé d'*Azarquiel*) / Ibn al-Zarqālluh/ al-Zarqāl ou Ibn Zarqāl. Les formes al-Zarqālī (parfois al-Zarqānī) et al-Zarqāla semblent être le résultat d'un effort pour donner à son nom andalou (Zarqālluh = Zarq (bleu) + le suffixe diminutif hispanique –*ello*) une forme plus classique.

L'équipe formée par Ṣā'id et ses collaborateurs a été appelée *al-jamā'a al-ṭulayṭuliyya* par Ibn al-Hā im al-Ishbīlī (fl. 600/1204-5), un des disciples de cette école, dont je parlerai plus tard, qui mentionne aussi des observations faites par ce groupe d'astronomes en se référant aux *al-arṣād al-ṭulayṭuliyya* (les observations de Tolède). On ignore les détails de ces observations, mais nous savons qu'Ibn al-Zarqālluh a fait des observations depuis 441/1050, que ses observations solaires ont duré quelques vingt-cinq ans et qu'il a étudié la lune pendant trente-sept ans. D'autre part un auteur anonyme tolédan, contemporain d'Ibn al-Zarqālluh, affirme qu'il employait pour ses observations un instrument qui avait des problèmes de stabilité, ce qui fait penser à un instrument de grandes dimensions, probablement la sphère armillaire, dont le traité de construction, écrit par Ibn al-Zarqālluh lui-même, a été conservé dans la traduction espagnole d'Alphonse X.

Le résultat principal du travail collectif de l'équipe de Ṣā'id a été l'élaboration des *Tables de Tolède* (*Zīŷ Ṭulayṭula ?* ou, peut-être *al-Zīj al-Muṣaḥḥaḥ*, d'après le témoignage d'Abū Marwān al-Istijī, l'un des membres du groupe). De nouveau, on ne conserve pas le texte arabe d'origine de ces *Tables* et nous devons les étudier à partir des traductions latines qui ont eu un succès spectaculaire dans l'Europe Latine et dont on conserve

Maquette de l'observatoire astronomique d'Ulugh Beg édifié au début du XV^{e} siècle à Samarcande aboutissant à la publication du *al-Zij al-Sultani.*

un grand nombre de manuscrits. Ces tables latines ont été l'objet d'une édition critique due à Fritz Pedersen (2002). La date de l'élaboration de ces tables n'est pas claire et on s'étonne surtout du fait que Ṣā'id, qui écrit ses *Ṭabaqāt* en 460/1068 et meurt deux ans plus tard (462/1070), ne les mentionne pas dans son ouvrage historique. De toute façon, les recherches sur les *Tables* faites par G. S. Toomer (1968), R. Mercier (1987) et F. Pedersen (2002) ont montré qu'elles ne sont qu'une adaptation aux coordonnées géographiques de Tolède de matériels dérivés des tables d'al-Khwārizmī et de celles d'al-Battānī. Il est assez clair que seulement les tables du mouvement moyen du Soleil sont le résultat d'un travail d'observation original. Cela est intéressant pour nous ici, étant donné qu'Ibn al-Zarqālluh, qui a continué à observer le soleil pendant longtemps après la compilation des *Tables*, n'a jamais changé le paramètre de base du mouvement moyen du soleil et que ce même paramètre a été conservé, jusqu'au VIII^{e}/XIV^{e} siècle, dans tous les *zīj*, andalous et maghrébins, dont je vais parler ici.

Ibn al-Zarqālluh à Cordoue: ses ouvrages théoriques

Ibn al-Zarqālluh a quitté Tolède à une date imprécise probablement au début du règne d'al-Qādir (r. 473/1081-478/1085) ou de la conquête de Tolède par le roi de Castille Alphonse VI (478/1085). Il s'est installé à Cordoue où régnait, alors, le roi al-Mu'tamid ibn 'Abbād (r. 461/1069-484/1091), souverain de la *ṭā'ifa* de Séville. Il est intéressant de constater qu'Ibn al-Zarqālluh semble avoir eu des rapports avec les Sévillans Banū 'Abbād au moins depuis 440/1048-49, date de la dédicace d'un traité sur l'astrolabe universel (*al-ṣafīḥa al-zarqāliyya*) à un jeune al-Mu'tamid qui avait alors huit ou neuf ans. À Cordoue il continua ses travaux d'observation aidé par un de ses disciples (Ibn al-Kammād ?), et ce genre de recherche astronomique se prolongea jusqu'à 480/1087-88.

C'est vers la fin de son séjour à Tolède, c. 467/1075-472/1080, qu'il composa son premier traité théorique, intitulé soit *Fī sanat al-shams* (Sur l'année solaire) ou *al-Risāla al-jāmi'a fī l-shams* (Épître compréhensive sur le soleil), un ouvrage que nous connaissons seulement à travers des sources indirectes, puisque l'original arabe et une hypothétique traduction latine (?) semblent perdus. Ce travail résume les résultats de ses vingt-cinq ans d'observations solaires. Ibn al-Zarqālluh y explique sa découverte du mouvement propre de l'apogée solaire qu'il évalue à un degré par 279 années solaires. D'autre part, pour justifier les différentes estimations de l'excentricité solaire depuis l'époque d'Hipparque (c. 150 avant J.-C.) jusqu'à son époque, il crée un modèle solaire avec une excentricité variable qui oscille entre un minimum de 1 ;51^p (1 ;58^p est la valeur établie par Ibn al-Zarqālluh pour son temps) et un maximum de 2 ;30^p (Hipparque).

C'est probablement à Cordoue, vers 476/ 1084-5, qu'il rédigea son traité sur le mouvement des étoiles fixes (*Maqālat al-kawākib al-thābita*), que l'on conserve grâce à une traduction hébraïque. Dans cet ouvrage il étudie le problème de la précession des équinoxes, dont la vitesse a fait l'objet d'estimations très différentes qu'Ibn al-Zarqālluh considère précises, ne croyant pas à des erreurs d'observation. De la même manière qu'il a inventé un modèle solaire avec excentricité variable pour justifier les différentes valeurs historiques de l'excentricité solaire, il veut aussi trouver un modèle géométrique qui justifie les valeurs de la vitesse de précession depuis les temps d'Hipparque et Ptolémée jusqu'à son époque. Il étudie le problème avec soin et dessine trois modèles de « trépidation » dans lesquels les équinoxes présentent un mouvement de va-et-vient (*al-iqbāl wa l-idbār*) grâce auquel la précession des équinoxes a une vitesse variable que l'on peut ajuster aux données des déterminations historiques et contemporaines. En fait, après une analyse serrée, il finit par accepter son troisième modèle qui coïncide essentiellement avec celui employé dans les *Tables de Tolède* pour calculer les tables de trépidation et qui est décrit dans un livret mystérieux, conservé en latin seulement et intitulé *Liber de motu octave spere* (Livre sur le mouvement de la huitième sphère). L'origine de cet ouvrage est difficile à établir, mais les hypothèses les plus vraisemblables font penser à un ouvrage sur le même sujet écrit par Ibrāhīm b. Sinān (petit-fils de Thābit b. Qurra) dans la première moitié du IV^e/X^e siècle, dont les idées arrivèrent à Tolède à travers un livre de son contemporain Ibn al-Ādamī.

Finalement, étant donné que l'oscillation des équinoxes produit nécessairement une variation de l'obliquité de l'écliptique (l'angle formé par le plan de l'écliptique avec le plan de l'équateur), Ibn al-Zarqālluh crée un modèle secondaire qui permet de calculer la valeur de cet angle pour une date quelconque. Ce modèle et les tables correspondantes font osciller cycliquement cet angle entre un minimum de 23°33' (époque d'Ibn al-Zarqālluh) et un maximum de 23°53' (un peu plus grand que la valeur de 23°51'20'' établi par Ptolémée).

Ces deux ouvrages théoriques d'Ibn al-Zarqālluh et les *Tables de Tolède* sont le point de départ de toute une série de *zīj*s qui dominent le panorama des tables astronomiques en al-Andalus et au Maghreb entre le VI^e/XII^e et le VIII^e /XIV^e siècle. Toutes ces tables ont en commun les caractéristiques suivantes :

Les tables des mouvements moyens sont toujours sidérales (*dhātī*) et non pas tropiques (*ṭabī'ī*). Les valeurs des paramètres de base se rapprochent beaucoup de celles des *Tables de Tolède*.

Les longitudes sidérales calculées avec les tables peuvent se convertir en longitudes tropiques avec des tables de trépidation dérivées du troisième modèle décrit par Ibn al-Zarqālluh dans sa *Maqālat al-kawākib al-thābita*.

L'obliquité de l'écliptique varie cycliquement en accord avec le modèle décrit par Ibn al-Zarqālluh dans le même ouvrage.

L'apogée solaire se déplace avec une vitesse d'un degré toutes les 279 années solaires. Ce déplacement s'applique aussi à tous les apogées planétaires (Ibn al-Kammād, Ibn al-Hā im, anonyme de Hyderabad, Ibn al-Raqqām dans le *Shāmil*) ou seulement aux apogées de Mercure et Vénus (Ibn al-Bannā et Ibn al-Raqqām dans le *Mustawfī*).

Astrolabe construit à Guadix en 1320 par Ibrahim b. Muhammad b. al-Raqqam, fils de l'astronome andalou de Béjaïa Ibn al-Raqqam (Académie Royale de l'Histoire à Madrid).

Tous ces *zīj*s emploient la correction introduite par Ibn al-Zarqālluh dans le modèle lunaire de Ptolémée : le centre du mouvement moyen de la lune n'est pas le centre de la Terre (Ptolémée), mais un point situé sur la ligne droite qui unit le centre de la Terre avec l'apogée solaire. La valeur maximale de cette correction est de 24'. Nous connaissons cette correction grâce aux écrits d'Ibn al-Hā im.

L'école zarqāllienne en al-Andalus

Nous devons, maintenant dire quelque chose sur les auteurs des *zīj*s appartenant à cette école que nous retrouvons en al-Andalus au VI^e^/XII^e^ et au commencement du siècle suivant, tandis que son développement au Maghreb se produira entre le VII^e^/XIII^e^ et le VIII^e^/XIV^e^ siècle. Nous commençons avec la figure d'Ibn al-Kammād (fl. 510/1116), probablement un disciple direct d'Ibn al-Zarqālluh, auteur de trois *zīj*s (*al-Kawr 'alā l-dawr, al-Amad 'alā l-abad* et *al-Muqtabas*) desquels nous ne connaissons que le troisième grâce à une traduction latine de Johannes de Dumpno à Palerme en 1262, et grâce aussi aux citations de cet ouvrage apparaissant dans plusieurs sources maghrébines. Il s'agit d'un *zīj* conventionnel, calculé pour les coordonnées géographiques de Cordoue, où l'auteur suit les idées essentielles d'Ibn al-Zarqālluh mais introduit certaines corrections aux paramètres de son maître et essaie de simplifier le calcul en prenant certaines libertés avec les modèles zarqālliens. Cela sera très critiqué par Ibn al-Hā im (fl. 601/1204-5), beaucoup plus fidèle aux idées d'Ibn al-Zarqālluh, qui se vante surtout avec un *zīj* qui prétend être valable pour toute l'éternité (*al-Amad 'alā l-abad*) étant donné que la validité d'un *zīj* ne dépasse, selon lui, une quarantaine d'années.

Ibn al-Hā im, que je viens de mentionner, est un personnage mystérieux sur lequel nous n'avons aucune donnée biographique. La Bibliothèque Bodleian à Oxford conserve cependant, un ouvrage très important dont il est l'auteur. Il s'agit de *al-Zīj al-kāmil fī l-ta'ālīm* écrit au commencement du VII^e^ siècle de l'Hégire (601/1204-5) et dédié au calife almohade Abū 'Abd Allāh Muḥammad al-Nāṣir (r. 595/1199-610/1213). Cela soulève certains doutes à l'égard de l'origine andalouse ou maghrébine de l'auteur appelé al-Ishbīlī, lequel peut être andalou ou d'une famille d'origine andalouse qui s'est installée dans l'une des villes du Maghreb. Son ouvrage contient un exposé théorique, très profond et pourvu de démonstrations géométriques (273 pages dans le manuscrit d'Oxford), très influencé par ce curieux mélange de traditions astronomiques indienne et ptolémaïque, transposées par Ibn al-Zarqālluh - qui caractérise l'astronomie andalouse. Il est un défenseur de l'orthodoxie zarqāllienne et constitue une source très importante qui confirme beaucoup de détails mal connus des théories d'Ibn al-Zarqālluh. D'autre part, et d'une manière assez étonnante, son *zīj* ne contient pas de tables numériques ce qui me fait penser que, plutôt qu'un *zīj,* il s'agit d'un ouvrage appartenant au genre littéraire intitulé '*ilal al-zījāt* (preuves ou démonstrations des *zīj*s).

L'école zarqāllienne au Maghreb

Ibn Isḥāq al-Tūnisī

L'histoire de cette école continue au Maghreb avec la figure très importante d'Ibn Isḥāq al-Tūnisī (Tunis et Marrakech c. 1193-1222). À propos de cet auteur, Ibn Khaldūn dit, dans sa *Muqaddima* :

« On emploie, aujourd'hui, beaucoup d'ouvrages [astronomiques] écrits par des auteurs anciens et modernes comme al-Battānī et Ibn al-Kammād. Actuellement, les gens du Maghreb utilisent le *zīj* attribué à Ibn Isḥāq. Ils prétendent que cet auteur s'est basé pour le compiler sur les observations et qu'un juif, qui habitait en Sicile et était un savant astronome et mathématicien, lui avait fait parvenir les meilleures données sur les positions et les mouvements planétaires ».

Ce texte d'Ibn Khaldūn a été, pendant longtemps, mal interprété et l'on a cru que les tables d'Ibn Isḥāq étaient basées sur les observations faites par ce juif anonyme. La situation a commencé à s'éclaircir grâce à l'étude faite par Angel Mestres (1996 et 2000) sur le manuscrit Hyderabad Andra Pradesh State Library 298, qui contient une recension anonyme du *zīj* d'Ibn Isḥāq, sur laquelle je donnerai des informations tout de suite. Dans ce manuscrit Mestres a attiré l'attention sur une intéressante table n° 5 qui porte le titre de *Jadwal li-asmā al-ruṣṣād al-mashāhīr li-awj al-shams wa-miqdār al-mayl al-kullī* (Table des noms des [astronomes] célèbres qui ont observé l'apogée du soleil et l'obliquité de l'écliptique). Cette table contient une liste de 24 astronomes, depuis Méthon et Euctémon jusqu'à Ibn Isḥāq lui-même, avec les résultats supposés de leurs observations de la position de l'apogée solaire et de l'obliquité de l'écliptique ainsi qu'avec la date présumée de ces observations. Dans les cas où l'on peut contrôler les données fournies par la table et les comparer avec ce que nous savons sur les valeurs établies par ces astronomes, nous pouvons aisément conclure que ces valeurs sont imaginaires et le résultat d'un calcul, fait avec des procédés que nous ne connaissons pas, et non pas des observations. De toute façon il est très intéressant de retrouver, dans la liste, le nom d'un certain Ghayām ibn Yaḥḥār qui a fait des observations en Sicile en 584/1188. Il semblait que nous avions le nom du juif anonyme mentionné par Ibn Khaldūn. Tous nos essais pour identifier ce Ghayām ibn Yaḥḥār ont été, cependant, infructueux et nous avons fini par nous rendre compte que le *ductus* consonantique

Gh--y- -m bn Y-ḥ- -r

Pouvait être facilement le résultat d'une confusion avec :

Gh-y- -m bn R-ŷ- -r

(Pour cette interprétation il suffit de penser à un *rā* au lieu d'un *yā* et un *jīm* au lieu d'un ḥā).

Nous avons donc, au lieu du nom du juif anonyme, celui de son patron Ghiyyām b. Ruŷŷār (Guillaume, fils de Roger), qui peut être identifié avec Guillaume I, fils de Roger II de Sicile (r. 1154-1166), ou avec son fils Guillaume II, fils de Guillame I, fils de Roger II (r. 1166-1189). Le changement du nom de l'astronome par celui de son patron apparaît une deuxième fois dans la même table où les observations faites au Caire par Ibn Yūnus sont attribuées au calife fatimide ʻAbd Allāh al-Ḥakīm (336/996-441/1021).

Ibn Isḥāq a laissé son *zīj* inachevé et il ne semble pas avoir rédigé des canons pour expliquer les procédures d'usage de ses tables numériques. Si l'on croit au témoignage d'Ibn al-Bannā, celui-ci explique, dans son *Minhāj*, qu'Ibn Isḥāq a laissé seulement une collection de tables numériques notées sur des « fiches » (*muqayyad bi-baṭā iq*). Dans ces tables nous ne trouvons pas les résultats des observations du juif anonyme sicilien, mais plutôt la tradition zarqāllienne, transmise, probablement, de Sicile à Tunis par ce même astronome juif. L'importance de tous ces matériels a mené trois astronomes maghrébins à compléter le travail d'Ibn Isḥāq en ajoutant les canons qui manquaient ainsi que, parfois, des tables numériques. Le résultat de ce travail a été l'apparition de cinq « éditions » du *zīj* d'Ibn Isḥāq.

Les « éditions » du zīj d'Ibn Isḥāq

Ci-après quelques données sur ces « éditions », faites entre la fin du VII^{e}/XIII^{e} siècle et le commencement du VIII^{e}/XIV^{e} siècle. La chronologie relative de ces textes n'est pas toujours sûre.

L'anonyme de Hyderabad

J'ai déjà mentionné cette recension anonyme faite par un astronome tunisien dont l'activité peut être datée grâce aux exemples de calculs qu'il donne dans le texte et qui correspondent à des années comprises entre 666/1268 et 681/1282. Le seul manuscrit conservé (Hyderabad Andra Pradesh State Library 298) a été copié à Ḥimṣ (Syrie) en 716/1317. Il s'agit d'un ouvrage énorme qui constitue une vraie mine d'informations pour l'histoire de l'astronomie en al-Andalus, puisqu'il ajoute aux tables d'Ibn Isḥāq une série très complète de canons ainsi que d'autres tables dont les sources fondamentales sont andalouses et parmi lesquelles nous trouvons de nombreuses citations des *Tables de Jaén* (*Zīj Jayyān* ?) d'Ibn Muʻādh al-Jayyānī (m. 485/1093) et des trois *zīj*s d'Ibn al-Kammād. Il est évident que si, au futur, l'on entreprend l'édition des *Tables de Jaén* ou du *Muqtabas* d'Ibn al-Kammād, conservées toutes les deux dans leur traduction latine, il faudra contrôler en même temps les citations de ces textes que l'on trouve dans le manuscrit de Hyderabad. Ce caractère massif du texte a le grave inconvénient de nous offrir une série de canons qui ne sont pas très pratiques pour l'astronome/astrologue qui doit les employer. Cela explique le peu de succès connu par cet ouvrage (un seul manuscrit conservé) si on le compare avec le nombre de copies d'une deuxième recension : celle du *Minhāj* d'Ibn al-Bannā.

Traité d'astronomie d'Ibn Sina

Le très populaire *Minhāj at-Tālib Li-Ta'dīl al-Kawākib* de l'éminent astronome marocain Ibn al-Bannā' (1256-1321). Ms. 1454 de la BNA.

Ibn al-Bannā al-Marrākushī (654/1256-721/1321)

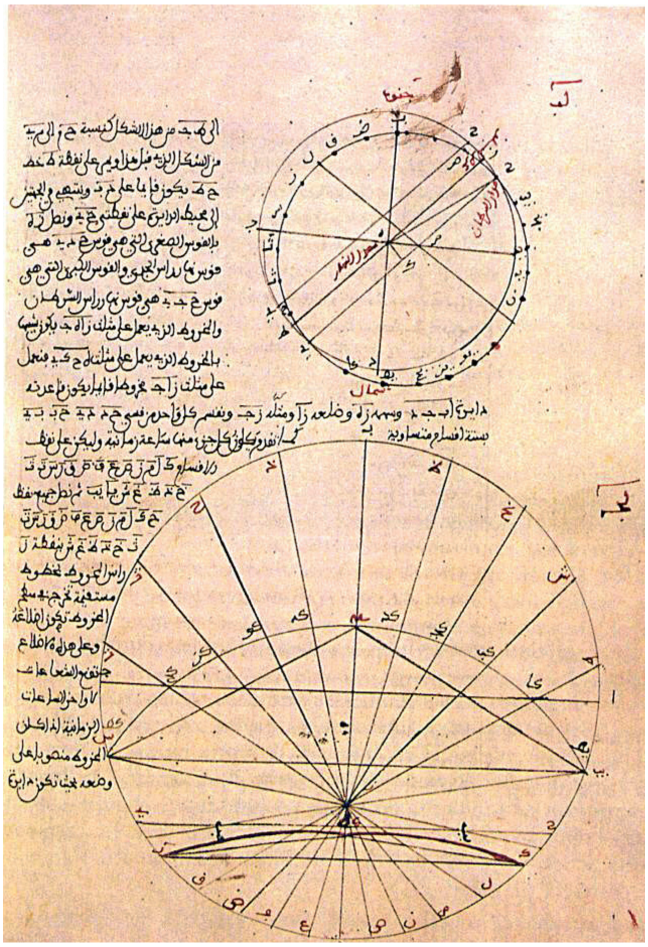
Cet auteur, plus connu par ses contributions à l'histoire des mathématiques que par ses travaux astronomiques, a compilé, à une date inconnue, une deuxième recension du *zīj* d'Ibn Isḥāq, intitulée *Minhāj al-ṭālib fī ta'dīl al-kawākib* (Méthode par laquelle l'étudiant peut calculer les vraies positions des astres). Cette « édition » du *zīj* d'Ibn Isḥāq est née d'une attitude complètement différente de celle du manuscrit de Hyderabad. Les canons sont brefs, pratiques et faciles à comprendre, tandis que les tables contiennent une sélection des tables numériques d'Ibn Isḥāq dont le but est essentiellement de permettre le calcul des longitudes planétaires. Cela explique le succès de l'ouvrage, attesté par le nombre de copies conservées.

D'autre part il faut souligner qu'Ibn al-Bannā a introduit certaines modifications dans les procédés de calcul pour les rendre plus faciles. Il semble être le premier astronome maghrébin à employer des « équations planétaires déplacées », où l'on ajoute systématiquement une constante à chaque valeur de l'équation du centre de la planète, ce qui rend l'équation toujours positive et évite au calculateur le trouble de se rappeler du caractère positif ou négatif de l'équation. Cette technique était connue des astronomes orientaux depuis le III^{e}/IX^{e} siècle, mais elle ne semble pas avoir été connue en al-Andalus ou au Maghreb avant Ibn al-Bannā. D'autre part, le calcul de l'équation de l'anomalie est plus simple, dans les tables de tradition ptolémaïque, pour la Lune que pour les planètes, et Ibn al-Bannā modifie la structure de ces tables ainsi que la méthode de calcul pour obtenir l'équation de l'anomalie de Saturne et Jupiter en suivant, pour ces planètes, une « méthode lunaire ». Ces procédures introduisent certaines inexactitudes dans les résultats numériques, mais l'on peut considérer que ces imprécisions ne sont pas importantes pour Saturne et Jupiter lesquels, comme la Lune, ont des petits épicycles.

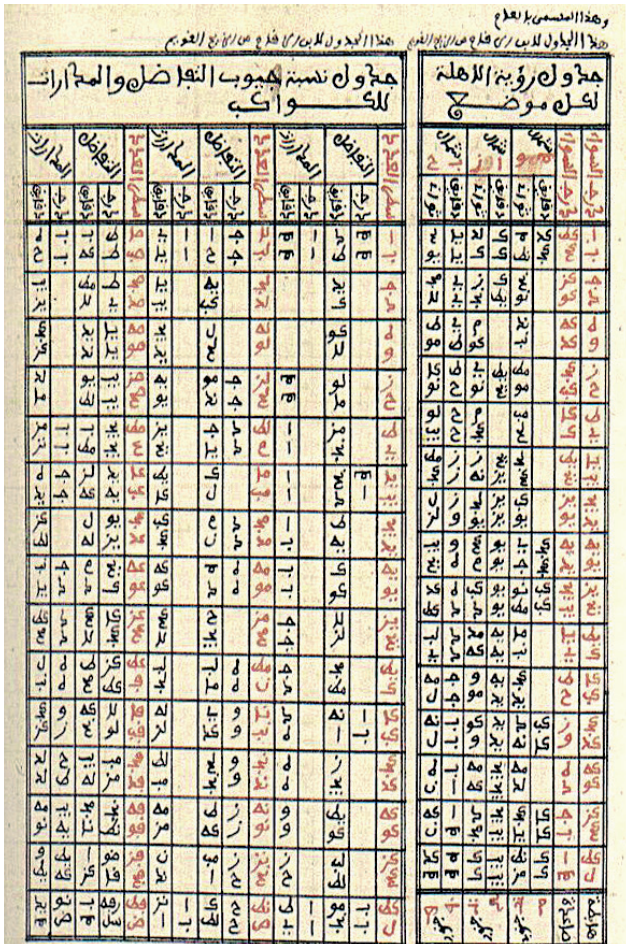
Ibn al-Raqqām al-Mursī

Cet auteur était originaire du Levant andalou, quoique nous ignorons s'il est né à Murcie, d'où sa famille aurait émigré à l'occasion de la conquête de la région par le roi Jacques I d'Aragon (pour son neveu Alphonse X de Castille) en 664/1266, ou s'il est né au Maghreb. En tout cas son activité scientifique s'est développée à Tunis et à Béjaïa, soumise alors au pouvoir des Hafsides de Tunis. À une date indéterminée, il a été invité par le roi Naṣride de Grenade Muḥammad II (r. 671/1273-701/1302) et il a continué à travailler dans cette dernière ville où il a vécu jusqu'à sa mort, à un âge avancé (selon Ibn al-Khaṭīb) en 715/1315.

Ibn al-Raqqām a compilé trois éditions différentes du *zīj* d'Ibn Isḥāq que je vais énumérer en l'ordre hypothétique de leur composition :



Traité d'Ibn Raqqam sur les cadrans solaires.
Manuscrit N° 918. Bibliothèque de l'Escurial.



Tables d'Ibn Raqqam dressés à Grenade et Béjaïa en 1280.

al-Zīj al-Mustawfī li-mā ḥāza min al-basṭ wa l-ḥazz al-awfar wa l-qisṭ al-awfā (le *Zīj* avec lequel on rend tout ce que l'on a acquis, abondamment, par donation et fortune généreuse). Conservé dans plusieurs manuscrits, il semble être le mieux connu des trois *zīj*s d'Ibn al-Raqqām . Il est fréquemment cité dans les commentaires à la célèbre *urjūza* sur le *mīqāt* d'al-Jādirī (composée à Fès en 794/1391-2) intitulée *Rawḍat al-azhār fī 'ilm waqt al-layl wa l-nahār*, ce qui fait penser que ce *zīj* circulait parmi les *muwaqqit*s du Maghreb. L'ouvrage a été compilé après 680/1280-1 (date à laquelle Ibn al-Raqqām a « observé » les étoiles qui apparaissent dans une table du *zīj*) à Tunis, ville à laquelle il attribue une longitude de 41º 45' (valeur qu'Ibn Isḥāq a établi par l'observation de deux éclipses lunaires) et une latitude de 36º 37' (déterminée par Ibn al-Raqqām lui-même moyennant plusieurs observations). Les canons sont assez développés et ils montrent l'intérêt que l'auteur éprouvait pour les problèmes d'astronomie sphérique ainsi que l'abondance des sources qu'il a lues et auxquelles il ajoute parfois des solutions originales.

al-Zīj al-Shāmil fī tahdhīb al-Kāmil (le *Zīj* compréhensif qui révise le *Kāmil*): le *Kāmil* mentionné dans le titre est le *al-Zīj al-kāmil fī l-ta'ālīm* d'Ibn al-Hā im lequel, comme j'ai déjà dit, n'avait pas des tables numériques. Ibn al-Raqqām, alors, a décidé que les canons d'Ibn al-Hā im pouvaient servir pour accompagner les tables d'Ibn Isḥāq (qui n'avaient pas de canons). Avec ce but, il simplifie les canons du *Kāmil*, en supprimant les démonstrations et en ajoutant certaines tables, la majorité desquelles sont les mêmes que nous trouvons dans les deux autres *zīj*s d'Ibn al-Raqqām. Il ajoute aussi une soixantaine de chapitres, sur des questions d'astronomie et d'astrologie sphérique, qui semblent être indépendants du *zīj* d'Ibn al-Hā im. Le fait qu'Ibn al-Raqqām n'a pas eu des difficultés pour appliquer les canons d'Ibn al-Hā im (représentant de la fidélité absolue aux doctrines d'Ibn al-Zarqālluh) aux tables d'Ibn Isḥāq constitue un indice supplémentaire du caractère zarqāllien de l'ouvrage d'Ibn Isḥāq.

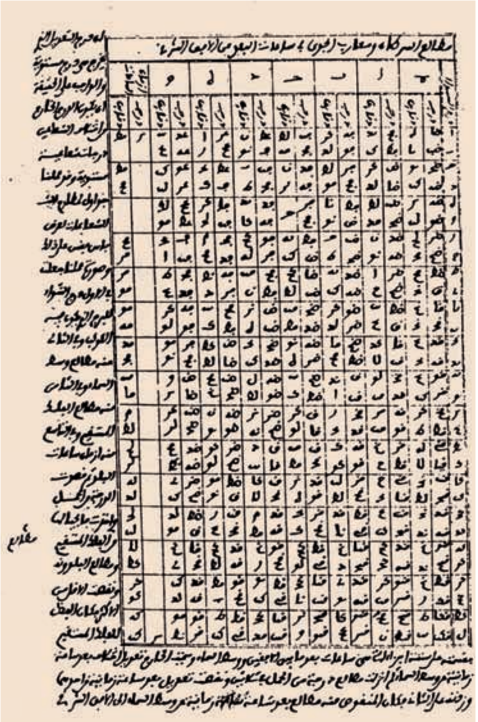
Le *Shāmil* a été un *zīj* beaucoup moins répandu que le *Mustawfī*. Il est conservé à Istanbul en un seul manuscrit et l'introduction indique qu'il a été compilé à

Derb al-Habbak à la *Médina* de Tlemcen

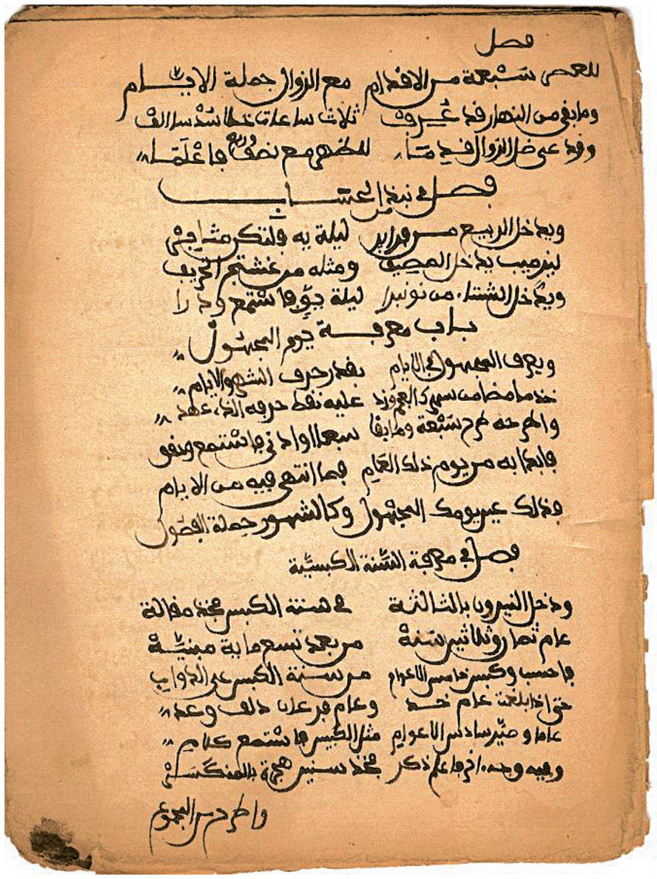
Commentaire d'un abrégé du *al-Zij al-Sultani* adapté à la longitude de Tunis. Deux copies sont conservées aux bibliothèques d'Alger et de Tunis.

Béjaïa en 679/1279-80. Cette date pose des problèmes puisque le *zīj* contient une table de mansions lunaires datée en 887H (*sic*, une erreur pour 687/1288-9 ?). Les longitudes des étoiles appartenant à chaque mansion sont celles de l'*Almageste* de Ptolémée auxquelles l'on a ajouté une constante de précession de 16º 50' (16º 46' est la constante employée dans la table d'étoiles, datée en 680/1280-1), ce qui fait penser que la table des mansions est légèrement postérieure à la table d'étoiles du *Mustawfī* (et du *Qawīm*, comme nous verrons par la suite). Finalement la valeur maximale de la table de l'équation du soleil (qui dépend du modèle solaire zarqāllien avec excentricité variable) a été calculée pour l'année 689/1290. Tout cela me fait croire à une erreur de copie dans la date donnée dans l'introduction: 689/1290 au lieu de 679/1279-80 ?

al-Zīj al-Qawīm fī funūn al-ta'dīl wa l-taqwīm (*zīj* solide sur les différentes méthodes pour calculer, d'une manière précise, les positions planétaires) : il s'agit d'un ouvrage beaucoup moins ambitieux que les deux autres et qui a un caractère pratique similaire à celui du *Minhāj* d'Ibn al-Bannā, avec des canons abrégés qui se limitent à donner des instructions pour l'usage des tables, sans aucun souci théorique. Conservé dans deux manuscrits (Rabat et Madrid), il a été compilé à Tunis, ville pour laquelle il donne les mêmes coordonnées que dans *al-Mustawfī*. Cependant, le *zīj*, tel que nous le connaissons, a été l'objet d'une révision à Grenade, ville pour laquelle il donne une latitude extraordinairement précise de 37º 10', valeur non documentée dans d'autres sources et qui est sans doute le résultat d'une observation très poussée. D'autre part la procédure et la table qui permettent d'établir la visibilité de la nouvelle lune ont du sens seulement pour cette latitude (Kennedy, 1997). Ce n'est pas étonnant donc, que le *Qawīm* soit le seul, parmi les trois *zīj*s d'Ibn al-Raqqām, mentionné par Ibn al-Khaṭīb dans sa célèbre *Iḥāṭa*. L'écrivain grenadin remarque que ce *zīj* est *gharīb al-marṣad*, expression qui peut faire allusion à la détermination de la latitude de Grenade ou à la table d'étoiles « observées » en 680/1281-82, que nous avons aussi trouvé dans le *Mustawfī*.



*al-Zij al-Muwafiq.*Tables astronomiques d’Ibn ‘Azzuz al-Qasantini (mort en 1354).



Al-Sirâj, Traité d’astronomie du mathématicien de Biskra al-Akhdarî, retrouvé dans la *Khizana* de Cheikh Lmûhûb. Copie datée du XIXe siècle.

Finalement il faut remarquer que le *Qawīm* a une certaine valeur symbolique : la théorie astronomique zarqāllienne introduite à Tunis par un astronome juif anonyme de Sicile, qui avait des contacts avec Ibn Isḥāq, s’est développée au Maghreb pendant plus d’un siècle, mais elle est revenue à al-Andalus vers le commencement du VIIIe/XIVe siècle avec Ibn al-Raqqām et son *Qawīm*.

La fin des zījs andalous-maghrébins

Des recherches récentes, faites par ma collègue Mercè Comes (2002) et par moi-même (1998, 2001 et 2003) ont prouvé l’existence au Maghreb d’un courant critique aux théories astronomiques d’Ibn al-Zarqālluh aux VIIIe/XIVe et IXe/XVe siècles. L’astronome et historien Ibn ‘Azzūz al-Qusanṭīnī (m. Constantine 755/1354) constate, dans son *al-Zīj al-Muwāfiq*, que les astronomes du Maghreb ont découvert, moyennant des observations visuelles, que les positions planétaires observées ne s’accordent pas avec celles que l’obtient en employant les *zīj*s de l’école d’Ibn Isḥāq. Ibn ‘Azzūz croit que cela est dû aux tables de mouvements moyens et il fait des observations à Fès en 745/1344 avec une grande sphère armillaire, qui lui permettent de corriger ces tables. D’autres sources considèrent que l’origine des erreurs se trouve, plutôt, dans les théories zarqālliennes sur la trépidation des équinoxes et sur le caractère cyclique des augmentations et diminutions de l’angle formé par l’équateur et l’écliptique. La valeur maximale de la correction à appliquer à cause de la précession est de 10°, d’après les tables d’Ibn al-Zarqālluh, paramètre incrémenté jusqu’à 10° 24’ dans les tables maghrébines de l’école d’Ibn Isḥāq, tandis que des observations faites en Égypte en 732/1331 établissent que la valeur de la précession pour cette date est de 13°, et l’astronome et astrologue marocain Abū ‘Abd Allāh al-Baqqār (fl. 821/1418) parle d’une précession de 12° pour le commencement du IXe/XVe siècle. En tout cas il semble assez clair que ces valeurs dépassent de beaucoup la valeur maximale d’Ibn al-Zarqālluh et Ibn Isḥāq.

Des constatations similaires sont faites à propos de la valeur de l’obliquité de l’écliptique laquelle, d’après le modèle cyclique d’Azarquiel, devrait arriver à un minimum de 23° 33’ (23° 32’ 30’’ dans l’école d’Ibn Isḥāq) et augmenter après avoir atteint cette valeur. Cependant les observations démontraient que l’obliquité s’entêtait à diminuer en dessous de ce minimum. Un certain al-Ḥakīm al-Mirrīkh a établi, moyennant des observations faites à Marrakech en 704/1304-5, que l'obliquité était de 23° 26'57'', tandis qu'un autre personnage inconnu, Ibn al-Tarjumān, évalue l'obliquité à 23° 26' au commencement du VII[e]/XIV[e] siècle.

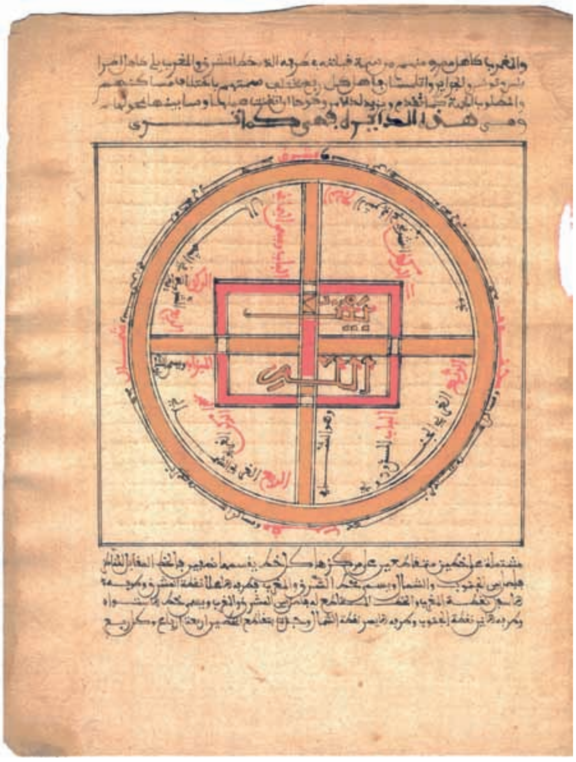
Ces observations et les critiques correspondantes se produisent dans un moment où des *zīj*s orientaux commencent à circuler au Maghreb. Ces *zīj*s calculent positions tropiques (et non pas sidérales), utilisent une précession constante (et non pas variable comme dans les modèles de trépidation) et l'obliquité de l'écliptique ne varie pas cycliquement. Le *Tāj al-azyāj* d'Ibn Abī l-Shukr al-Maghribī (compilé à Damas en 656/1258) est copié à Tunis en 797/1394 et il est cité fréquemment par les commentateurs de la *Rawḍa* d'al-Jādirī. D'autre part, un deuxième manuscrit du *Tāj* a été utilisé à Tlemcen et Marrakech. Un deuxième *zīj*, *al-Zīj al-Jadīd* d'Ibn al-Shāṭir (Damas, m. 776/1375) a circulé à Tunis et, probablement, au Maroc vers la fin du XIV[e] siècle. Finalement le *Zīj-i Jadīd* d'Ulugh Beg (1393-1449) a été introduit beaucoup plus tard et il est devenu très populaire aux XII[e]/XVIII[e] et XIII[e]/XIX[e] siècles. À cela il faut ajouter la grand succès connu par la traduction arabe, faite par le morisque Aḥmad b. Qāsim al-Ḥajarī (977/1570-après 1049/1640), de l'*Almanach Perpetuum* compilé par Abraham Zacut et José Vizinho (imprimé à Leiria en 1496), qui a eu une diffusion dans tout le monde arabe, depuis le Maroc jusqu'au Yémen, et qui implique l'introduction des matériels dérivés des *Tables Alphonsines*.

La circulation de tous ces *zīj*s, orientaux ou occidentaux, construits sur une philosophie tout à fait différente de celle de la tradition Ibn al-Zarqālluh Ibn Isḥāq, n'implique pas une disparition totale de l'école de l'Occident musulman, pour une raison facile à comprendre : les astrologues maghrébins ont continué à dresser des horoscopes sidéraux et les nouveaux *zīj*s ne pouvaient pas être employés pour ce genre de calculs. C'est la raison de l'emploi du *Minhāj* d'Ibn al-Bannā jusqu'au XIII[e]/XIX[e] siècle par les astrologues marocains, tandis que les *muwaqqit*s tendaient à utiliser la nouvelle série de *zīj*s.

Julio SAMSÓ
Université de Barcelone

A la Médina de Tlemcen, le célèbre astronome al-Habbak (mort en 1462) donne un cours sur l'utilisation de l'astrolabe. Parmi les élèves, as-Sanusi.

Kitab fi al-Astrulab d'al-Habbak



Traité d'astronomie d'Abu Yaqub ben Yussuf
(copie datée de 1802)

La *Khalwa* de Cheikh Sanusi dans la Médina
de Tlemcen (Derb Bani Djamla)

Sharh du Traité sur l'astrolabe de l'astronome tlemcénien
al-Habbak par as-Sanusi (m. 1490)

L'ASTROLOGIE AU MAGHREB ET SON RAPPORT AVEC L'ASTRONOMIE

Le mot « astrologie » vient du grec *αστρολογία*, de *άστρον*, *astron*, (« étoile ») et *λόγος* (logos), le « discours sur les astres » ; l'astrologie s'intéresse principalement au soleil et aux planètes du système solaire et, dans une moindre mesure, aux étoiles (Spica, Antarès, Regulus, par exemple) et aux nébuleuses (Andromède), appelées astres fixes ou étoiles fixes. À l'époque médiévale musulmane, cette discipline était étroitement liée à l'astronomie.

Astrologie de l'Antiquité

Il semble que l'astrologie soit née du constat de certaines *relations entre des phénomènes terrestres (saisons) et le mouvement apparent des astres*, conduisant l'homme à créer un lien de cause à effet entre eux et parfois à diviniser les corps célestes (lien observé entre la position de la Lune et du soleil et les marées). Dès lors, un travail d'observation (calcul des éphémérides, production de calendriers) fut mené de front. Au départ, il n'était question que du soleil et de la lune. Il semblerait que les premiers astrologues aient choisi un nombre limité de configurations de ces deux astres (désignés par le terme de "Luminaires"), avant que leurs successeurs n'étendent l'influence astrologique à l'ensemble des corps célestes du système solaire. On passa ainsi d'un système uniquement solaire à un système soli-lunaire, puis enfin à un système multi-planétaire. L'idée d'une *correspondance symbolique* entre la configuration céleste et les affaires du monde a progressivement conduit à la construction d'un symbolisme propre à l'astrologie. C'est ainsi que l'astronomie se limitera à l'observation, à la description et aux prédictions calendaires tandis que l'astrologie déterminera les aspects ésotériques des liens entre le ciel et la conduite des activités humaines. Son support étant les astres, l'astrologie est l'une des pratiques divinatoires particulièrement répandues dans l'histoire des cultures. On peut ainsi citer l'existence spécifique d'astrologies maya, égyptienne, indienne, chinoise.

Les premiers écrits connus concernant les astres remontent à 5 000 ans, sous la forme de tablettes d'argile sur lesquelles ont été consignés tous les relevés des mouvements planétaires en Mésopotamie. Ces observations étaient faites dans un cadre religieux. Le mouvement des astres étant perçu comme une volonté divine, les astrologues servaient de traducteurs. Les plus vieux *horoscopes* connus proviennent de Babylone et datent de 410 av. J.-C.

En Grèce, Platon considérait les astres comme « vivants divins et éternels », des « dieux visibles » (*Timée*, 39e-40d). Hippocrate et Galien faisaient de l'astrologie l'un des fondements de la médecine. Les astronomes grecs de l'antiquité, même s'ils ne l'affirmaient pas explicitement, faisaient la différence entre astrologie et astronomie. L'Alexandrin Claude Ptolémée traite d'astronomie et d'astrologie dans deux ouvrages distincts, respectivement l'Almageste et le Tetrabiblos, une synthèse de qualité (140 apr. J.-C.).

Astrologie arabe

Abu Maa^{c}char Al- Balkhi Al- Falaki (Albumasaris ou Albumazar), né en 787 à Balkh (Afghanistan), mort en 886 en Irak, est astronome et astrologue. Il est considéré comme le père de l'Astrologie arabe. Il s'est beaucoup inspiré des travaux de Ptolémée.

"*La relation de participation que l'on relève dans les indices de tous les astres, et qui sont marqués sur l'ensemble des choses dans le* ***monde d'en-bas****, cette relation est connue de façon certaine. L'association et la différenciation se produisent dans les parties composantes des végétaux et des minéraux, ainsi que dans les couleurs. La couleur blanche relève de la Lune, du Soleil et de Vénus ; le rouge est apporté par Mars, avec participation du Soleil ; la couleur noire est apportée par Saturne, surtout s'il est conjoint à Mercure ; le jaune relève du Soleil et de Mars avec participation de Jupiter. La couleur bleue et la couleur verte sont rapportées à Vénus, et le reste des couleurs ont leur origine selon la participation qu'elles impliquent. De*

Commentaire sur le poème en astrologie d'Ibn Abi al-Rijal rédigé par Ibn Qunfud.
Manuscrit conservé à la Bibliothèque *al-Qassimiya* d'El-Hamel.

même en est-il pour les saveurs, les parfums. Et quant à la génération, au fait de donner une forme ronde, longue, courte, carrée, courbe, toutes ces qualités comportent des indices émanés du ***monde d'en-haut*** *dans l'ensemble des choses*". Ce texte, extrait de l'œuvre d'Abou Maa^c^char, permet de mieux comprendre sa philosophie et illustre bien l'une des caractéristiques essentielles de l'astrologie arabe.

En particulier, Abou Maa^c^char est le premier astronome à avoir défini des âges astrologiques (âge de Pixes, âge d'Aqarius…) sur la base de la précession des équinoxes à travers le zodiaque. Il affirme que le monde a été créé quand les sept planètes étaient en conjonction dans le premier degré du Bélier et prédit que le monde prendrait fin quand la conjonction se fera dans le dernier degré des Poissons. Il a aussi prédit que 1789 sera une année féconde en révolutions sociales.

La conception et la pratique de l'astrologie, comme dans toutes les sociétés antiques, sont davantage axées sur **le prédictionnel** (meilleures dates pour construire une ville ou déclencher une guerre par exemple) et **le relationnel** (comparaisons de thèmes pour sceller alliances ou mariages).

À titre d'exemple, deux êtres dont l'horoscope contient certaines données qui correspondent à Vénus (aspects favorables d'autres planètes, positions en Signes, Maisons, quadrants de la sphère locale, etc.) ne peuvent pas s'empêcher de s'aimer.

Dans le *Centiloquium* (Centiloque), ouvrage astrologique d'un des disciples et successeurs d'Abou Maa^c^char, on trouve ainsi le reflet de la vie de tous les jours des sociétés islamiques d'Égypte ou de Bagdad. L'influence des astres sur le moindre métier, la moindre coutume est décrite et précisée avec minutie. Le *Centiloquium* comporte cent aphorismes pour comprendre et pratiquer l'astrologie. Cette théorie est attribuée à Ptolémée, ce qui est faux : elle est spécifiquement arabe, Ptolémée étant beaucoup plus... *conditionnaliste dans ses assertions astrologiques*. Parmi ces aphorismes : "*Un bon astrologue évite de prédire l'avenir. Son rôle est d'aider à découvrir et à actualiser les potentialités profondes inscrites dans le thème de naissance. Il est cependant*

Le *Shams al-Ma'rif as-Sughra* d'al-Buni reste l'un des traités les plus classique d'astrologie.

en son pouvoir d'indiquer les périodes plus ou moins propices qui rythment l'existence".

L'astrologie était largement répandue dans toutes les couches des sociétés arabes médiévales à l'époque des Abbassides : on trouvait à la fois des gens tout à fait simples qui allaient dans le souk pour consulter leur astrologue afin de savoir quand ils allaient soigner leur enfant, marier leur fille ou à quel moment il fallait acheter une chèvre, etc., et en même temps les califes et les princes qui avaient presque tous leurs astrologues attitrés pour décider du moment d'une bataille. Dans ses prolégomènes, Ibn Khaldun peut alors affirmer que "*les prédictions touchant les choses d'un intérêt général, par exemple l'avenir des empires et des dynasties, sont tirées des conjonctions planétaires, et surtout de celles des deux planètes supérieures, Saturne et Jupiter.*"

Il y avait toute une gradation entre les astrologues-médecins, comme Abou Maa ᶜchar, pour lesquels l'astrologie apportait à la médecine la certitude du diagnostic, et les médecins anti-astrologues, comme Avicenne, qui refusaient tout recours à l'astrologie. Comme tout penseur médiéval, Avicenne croyait certes à l'influence des astres sur le monde terrestre, mais il pensait que l'homme ne pouvait pas connaître cette influence. Il refusait ainsi toute validité scientifique à l'astrologie et conseillait aux médecins, dans ses traités, de ne pas s'occuper des "*causes lointaines*", et donc de laisser complètement tomber l'astrologie dans leur pratique de la médecine.

L'ouvrage que publia Oloug Beg en 1437 de notre ère donne le tableau exact des connaissances astronomiques de l'école arabe au milieu du quinzième siècle. Sa première partie est un véritable traité d'astronomie. L'auteur traite des divisions du temps, du calendrier et des principes généraux de la science ; il aborde ensuite les questions d'astronomie pratique : calcul des éclipses, construction et usage de tables, etc. L'ouvrage se termine par des considérations d'astrologie. Cette science imaginaire, très en honneur au temps d'Oloug Beg, va causer sa mort. S'étant imaginé, d'après certaines conjonctions planétaires, qu'il serait tué par son fils aîné, il le dépouilla de ses charges. Ce dernier se révolta aussitôt contre lui, le vainquit et l'obligea à fuir dans le Turkestan. Étant revenu à Samarcande, malgré la prédiction des astres, il fut assassiné par son fils.

Astrologie au Maghreb

Ibn Abi ar-Rijal (996-1048), tuteur et astrologue du prince El-Muᶜizz ibn Badis de Kairouan, a composé un poème en astrologie très populaire et qui a été commenté par le prolifique astronome constantinois Ibn Qunfudh en 1372. On y trouve les techniques astrologiques utilisées à la fois par Ibn Qunfudh et par Ibn Abi ar-Rijal, et l'utilisation par le commentateur d'un ensemble de tables astronomiques provenant de la Zij de Ibn Ishaq.

Cependant, Ibn Abi ar-Rijal doit sa réputation à son ouvrage intitulé *al-Bari fi Ahkam al-Nujūm* (le livre développé en astrologie judiciaire) qui a été traduit en catalan, latin, hébreu, portugais, français et anglais. Il comporte huit livres couvrant toutes les branches de l'astrologie: Les Livres I à III traitent des interrogations; les Livres IV, V et VI traitent des nativités (*Mawalid*); le Livre VII traite de l'astrologie catarchique (déterminer le moment favorable pour une activité), alors que le Livre VIII traite de l'astrologie générale.

Au Maghreb, Ibn Abi Ridjal est loin d'être l'unique auteur qui s'est intéressé à l'astrologie. Ibn Haydur at-Tadili (m. 1413), par exemple, a écrit un opuscule qui n'a pas encore été analysé. Par ailleurs, il a pris en compte l'influence des planètes dans son traité sur les maladies épidémiques. Ceci dit, le dernier terme de" cette science (l'astrologie) est certainement le livre de magie et d'astrologie d'Abu l'-Abbas Ahmed Ibn Ali al-Buni (m. 1225), intitulé Shams al-Ma'arif (Soleil des connaissances).

Ibn al-Banna' el-Marrakushi (1256-1321) s'est également intéressé à l'astrologie. C'est même ses connaissances dans le domaine des sciences occultes qui a fait sa réputation. Il séjournait à Fès à la demande des princes mérinides. Il semble même qu'il ait écrit un ouvrage intitulé *réfutation des jugements astrologiques*.

Quant à Ibn Khaldun, il faisait bien la différence entre la magie et l'art des talismans, « *produisant réellement le mal* » et l'astrologie qui « *corrompt les croyances musulmanes en attribuant les évènements de ce monde à un autre que Dieu* ». Quand parfois, et dans une certaine mesure, les sentences rendues par l'astrologie concordent avec la vérité, il n'est fait appel ni à la démonstration scientifique, ni à l'analyse causale, et les ignorants, cédants à leur engouement, s'imaginent, mais bien à tort, que tous les jugements astrologiques doivent recevoir leur accomplissement.

Astrologie en Europe

Dès le IXᵉ siècle, Alcuin d'York (735-804) devient l'astrologue attitré de l'empereur Charlemagne. Au XIᵉ siècle, un conflit s'instaure entre les astrologues et les gens d'Église. Ce désaccord idéologique, entre l'influence de Dieu et celle des astres, pousse l'astrologie à s'orienter davantage vers un côté collectif plutôt qu'individuel.

Johannes Kepler

Au XIVᵉ siècle, l'astrologie devient un commerce particulièrement lucratif, avec tous ses excès. Les événements astronomiques remarquables - comètes, éclipses et conjonctions - étaient la référence de base aux prévisions de l'astrologie mondiale. L'imprimerie favorisa l'expansion de l'astrologie. On imprima le premier almanach astrologique en 1469.

Durant la Renaissance, en 1500, Regiomontanus utilise ses études astrologiques pour décider de la date de construction de l'Université de Presbourg (Hongrie).

Dans la préface de ses *Tables Rudolphines*, John Képler (1571–1630) fait observer que l'astrologie, toute folle qu'elle est, est la *fille d'une mère sage*, et que la fille folle est indispensable pour soutenir et faire vivre sa mère. En effet, à son époque, Kepler était obligé de faire des horoscopes pour gagner sa vie.

À la fin du XVIIᵉ siècle, les prises de position se multiplièrent contre l'astrologie. Cette discipline sera considérée par les penseurs des Lumières comme l'exemple parfait de la superstition, de la croyance dans des forces occultes et supérieures . Pour eux, combattre l'astrologie semble relever d'un combat général ainsi que d'un engagement politique en faveur de la laïcité et du rationalisme, contre l'obscurantisme. À la fin du

XVIII^e siècle, époque du rationalisme triomphant, le divorce entre l'astronomie et l'astrologie est ainsi finalement prononcé. Enfin, au XX^e siècle, l'astrologie réapparaît dans des almanachs, magazines, puis des émissions radiophoniques.

Les Manuscrits d'Astrologie d'*Afniq n'Ccix Lmuhub*

De nombreux témoignages (Léon l'Africain…) montrent que la pratique des sciences occultes (et notamment de la *Zayrja*…) était assez répandue dans toute la région de Bougie jusqu'au XIX^e siècle. À cette époque, les gens sollicitaient volontairement un Taleb pour éloigner les mauvais sorts, se protéger des sortilèges, ou même pour prédire l'avenir. L. Leclerc, par exemple, raconte que lorsqu'il était allé à Béni Ourtilane (sud-est de la Kabylie), il a rencontré le Taleb du village de Talmat, nommé Yousef ben Ganm al-Warthilani. Ce dernier lui a dessiné sur son calepin une sorte de talisman. Une figure, de quatre lignes verticales et quatre horizontales engendrant neuf carrés dont chacun portait une lettre, entourée par des mots en arabe. De nos jours, l'opinion répandue qui attribue aux phases de la lune une influence appréciable sur les êtres humains ne peut guère être considérée que comme un des restes de l'astrologie judiciaire.

En effet, l'analyse des manuscrits de sciences occultes d'*Afniq n'Ccix Lmuhub* (*Khizana* de manuscrits constituée au milieu du XIX^e siècle à Tala Uzrar – Béni Ourtilane –) montre que la part des manuscrits des sciences occultes (une quarantaine sur 576) est supérieure à celle des manuscrits de certaines disciplines scientifiques (notamment de celles des mathématiques : 15 en Science du Calcul, 22 en astronomie, 18 en Sciences des Héritages…) [6], [8]. À titre d'exemple, on y retrouve un ouvrage du célèbre soufi Abu al-Abbas al-Sibti (1130-1204), qui selon Ibn Khaldun serait l'inventeur de la *Zayrja*. Le manuscrit, malheureusement incomplet, s'intitule : « *Résumé sur la Zayrja* » (ASL N°11).

Parmi ceux qui sont spécifiques à 'Ilm al-Harf (la science des lettres et des nombres), il y en a qui ont un rapport avec Ahmed al-Buni (les copies datent du XVIII^e siècle). C'est le cas par exemple de la copie du *Kitab Shams al-Ma'arif as-Sughra* (18^e siècle), de deux copies de l'ouvrage « *al-Lum'a al-Nuraniyya* » (Ms. ASL N°15 et Ms. ASN N° 10 – 18^e siècle). C'est le cas également du « *Kitab as Si Rebani fi al-'Alam al-Jismani wa al-Tassalum al-Inssani* » de Shamur al-Hindi (Ms. ASL N°07), qui cite plusieurs fois al-Buni, Ibn Arabi et Ahmed Zerruq al-Barnusi [8].

Rappelons qu'Ahmed al-Buni a fait l'essentiel de sa carrière en Orient (et notamment au Caire), mais la popularité de ses travaux ne s'est jamais démentie au Maghreb. Ainsi, L. Viardot affirme que « *le dernier terme de cette science (l'Astrologie), parmi les musulmans, est le livre d'al-Buni, et qui a pour titre « soleil des connaissances* ». Quant à M. Reinaud (cf. In *Monuments arabes…* », il affirme que « *le Kitab Shams al-Ma'arif passe pour renfermer les secrets les plus surprenants, et les musulmans ne le lisent, comme le Coran, qu'en état de pureté* ».

Rachid BEBBOUCHI et Aïcha CHAOUI
Laboratoire de Systèmes dynamiques USTHB

Références

David King *: On the history of astronomy in the medieval Maghrib, Etudes Philosophiques et Sociologiques,* Publications de la Faculté de Lettres et Sciences Humaines, Université de Fès (Maroc), 1999.

Wilhelm Knappich **:** *Histoire de l'astrologie, ed. Vernal/Philippe Lebaud, 1986*.

Driss Lamrabet **:** *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines,* éditée à compte d'auteur (Maroc), 1994.

Aïssani D. et Mechehed D.E., La Khizana de Cheikh Lmuhub : Reconstitution d'une Bibliothèque de Manuscrits du XIX^e siècle*, in « Les Manuscrits Berbères au Maghreb et dans les Collections Européennes : Localisation, Identification, Conservation et Diffusion »,* Perrousseaux Ed., Paris, 2007, ISBN 10 : 2-91-122018-8.

Aïssani D. et Mechehed D.E., *Manuscrits de Kabylie : Catalogue de Collection Ulahbib,* Association Gehimab Ed., 1996. 2^e édition : CNRPAH Ed., Alger, 2011, 215 pages.

Zodiaque arabo-musulman du XIIIe siècle.
Les 12 signes ainsi que les 7 planètes sont représentées
par les caractéristiques classiques assimilées à un dieu du Panthéon

LES CARRÉS MAGIQUES DANS LES MANUSCRITS DU MAGHREB

La construction des carrés magiques est un terrain qui est resté inexploré. La mise en œuvre de ce terrain demandait certes de l'imagination et de l'intuition, mais sans que les connaissances mathématiques dussent quitter le domaine élémentaire.

Dans cet article, nous présentons et analysons les carrés magiques localisés dans les manuscrits maghrébins de la *Khizana* (Bibliothèque savante de manuscrits) de Cheikh Lmuhub.

Historique

L'idée que l'on avait du début de l'histoire de cette science a pris un aspect fondamentalement nouveau à la suite de recherches menées durant les trois dernières décennies. On admettait auparavant que les carrés magiques, avant que de parvenir à Byzance voire en Europe, étaient partis de Chine, parvenus aux Indes, puis arrivés dans les pays musulmans. Il apparait maintenant que ce chemin fut suivi en sens inverse et que la science des carrés magiques était déjà solidement établie dans le monde musulman vers l'an mille [ ].

Bien peu de traités arabes exposant des méthodes générales de construction ont été étudiés à ce jour. Ce n'est pas faute de sources : la science des carrés magiques étant alors fort prisée. Les études en allèrent se multipliant aux premiers siècles de l'Islam. Il semblerait que les recherches initiales eussent été menées peu après l'époque de l'introduction du jeu d'échecs en Perse, vers le VII[e] siècle. Nos premières informations sur l'état de cette science remontent toutefois au X[e] siècle, car deux textes en sont conservés.

Cependant, cette belle science fraîche éclose va recevoir bientôt ses premières macules, qui allaient lui coûter dans de nombreux cercles sa respectabilité. Prédateurs flétrissant sa virginale candeur, les mages, alchimistes, cabalistes, astrologues lui empruntent quelques-uns de ses précieux atours, les figurent sur des amulettes auxquelles ils attachent superstitieusement les propriétés curatives, occultes, voire aphrodisiaques les plus saugrenues. Des légendes naissent, qui retracent avec extravagance l'origine antédiluvienne, adamique ou même divine de la science des carrés magiques.

Fig. 1 – Carré magique dans le célèbre traité *Shams al-Ma'rif al-Kubra* de l'astrologue de Annaba Abul-Abbas al-Buni (mort en 1225)

D'aucuns de ces mages se muent pourtant en sigisbées en conservant la mémoire, cette fois salvatrice, des procédés de construction. Ainsi se crée une étrange fusion, des traités continuant à expliquer conjointement avec la construction de carrés spécifiquement destinés à des usages magiques, les méthodes raisonnées d'arrangement habituelles, une tradition qui se perpétue au XVIII[e] siècle encore.

Quelques définitions

On appelle *carré magique* un carré partagé en un nombre carré de cases dans lesquelles on inscrira des nombres entiers tous différents en telle manière que la somme dans chacune des lignes, dans chacune des

4	9	2
3	5	7
8	1	6

Figure 2.
Ms. non répertorié

4	9	2
3	5	7
8	1	6

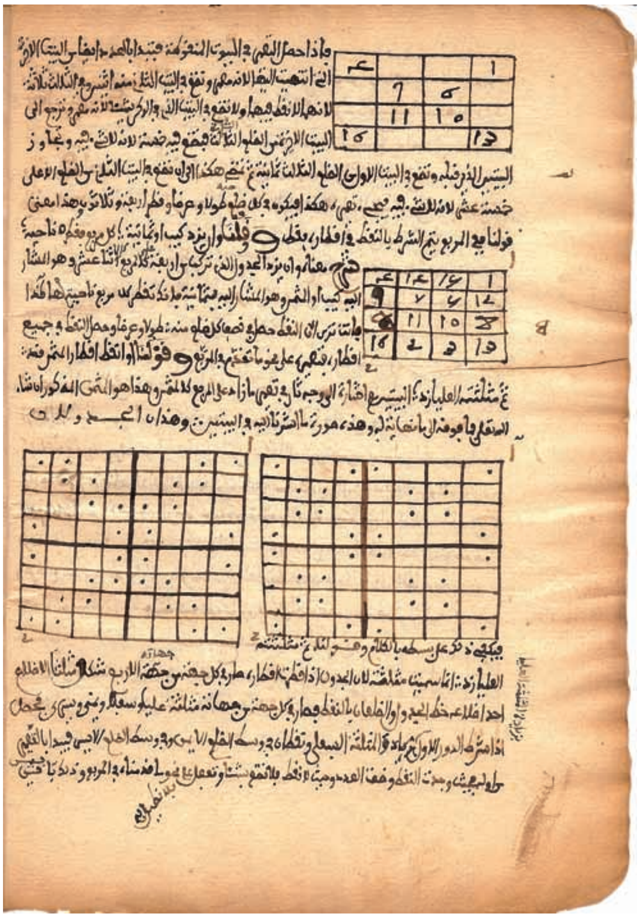
Figure 2. *Turbat al-Iqtinsât fî Awda‘ al-Khams al-Khâli* d'Abû 'Abd Allâh al-Murjânî (m.699h/1300) – Copiste: al-Makkî as-Sahrâwî Tâfizî (1234h./1819). Ms. Asl n° 16

colonnes et dans les deux diagonales soit la même; ce sera la *somme magique*. En voici un exemple, pour un carré ayant six cases au côté (fig. 1). On peut vérifier que la somme dans chacune des rangées est la même, à savoir 111.

On pourrait croire que chaque carré de grandeur différente demandera une construction différente, ou aussi que plus le carré sera grand plus son remplissage sera difficile. Cela n'est pas le cas. En effet, il existe des méthodes générales permettant de remplir directement, sans aucun calcul, n'importe quel carré, pourvu du moins que le nombre de cases à son côté (l'*ordre* du carré, comme on dit) soit plus grand que 2 : le plus petit carré possible est celui dont l'ordre est 3 (fig. 2). Ce carré est un cas particulier : les méthodes générales ne lui sont pas toujours applicables, car il n'offre pas d'autre possibilité d'arrangement des nombres que celle que nous venons de voir. Pour le carré de l'ordre suivant, donc d'ordre 4, il y a déjà 880 possibilités ; elles ont été énumérées en 1693 par Frénicle de Bessy. Pour les carrés plus grands, il y a des millions et même des milliards de possibilités. On pourra donc bien trouver un arrangement des nombres qui soit facile à retenir et aussi à appliquer.

Mais voici une petite mauvaise nouvelle (ce sera la seule) : il n'existe pas une unique méthode qui permettrait de construire tous les carrés magiques. On peut dire qu'il sera suffisant de connaître trois méthodes différentes pour pouvoir les construire tous. En effet, les carrés à construire se répartissent, selon leur ordre, en trois catégories :

- les carrés dont l'ordre est un nombre impair (3, 5, 7, 9, 11, 13, et ainsi de suite en augmentant chaque fois de 2) ;
- les carrés dont l'ordre est un nombre, comme on dit, «pairement pair», c'est-à-dire qu'il est un nombre pair divisible par 4 (à savoir 4, 8, 12, 16, 20, 24, et ainsi de suite par augmentation successive de 4) ;
- les carrés dont l'ordre est appelé «impairement pair», qui est un nombre pair divisible par 2 mais pas



1	15	14	4
12	6	7	9
8	10	11	5
13	3	2	16

Figure 3.
Ms. non répertorié

●			●
	●	●	
	●	●	
●			●

Figure 4.

Turbat al-Iqtinsât fî Awda‘ al-Khams al-Khâli d’Abû ‘Abd Allâh al-Murjânî (m.699h/ 1300)

Copiste : al-Makkî as-Sahrâwî Tâfizî. Date de la copie : 1234h./1819. Asl n° 16

par 4 (ce sont donc 6, 10, 14, 18, 22, 26, et ainsi de suite par augmentation successive de 4).

Prenons un exemple. La figure 3 contient un carré magique du plus petit ordre pairement pair possible, soit 4. Il existe un moyen facile de le construire, qui est le suivant. Dans un carré vide du même ordre, marquons les cases des diagonales par des points (fig. 4). Pour remplir le carré avec les nombres, partons de son angle supérieur gauche, et énumérons les cases. Lorsque nous rencontrons un point, et seulement dans ce cas, nous inscrirons le nombre auquel nous sommes parvenus. Au terme de cette énumération, donc lorsque nous serons arrivés, avec 16, à l’angle inférieur droit, nous aurons inscrit les huit nombres 1, 4, 6, 7, 10, 11, 13, 16, donc la moitié de ceux que nous devions placer (fig. 5). Partons maintenant de l’angle opposé à l’angle de départ, qui est aussi notre angle d’arrivée, donc l’angle inférieur droit, et énumérons à nouveau toutes les cases, y compris les cases déjà occupées, en plaçant cette fois les nombres atteints dans les cases encore vides. Au terme de cette opération, nous aurons rempli le carré entier, qui sera celui de la figure 3.

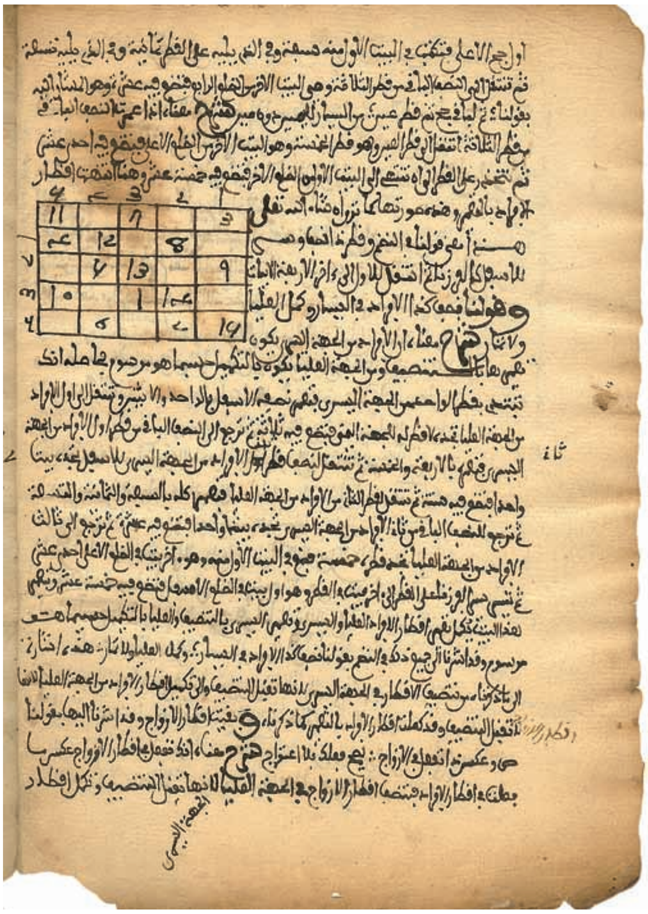
1			4
	6	7	
	10	11	
13			16

Figure 5

●			●	●			●
	●	●			●	●	
	●	●			●	●	
●			●	●			●
●			●	●			●
	●	●			●	●	
	●	●			●	●	
●			●	●			●

Figure 6

Or ce placement est la base d'une méthode générale, qui permettra le remplissage de *tout* carré d'ordre pairement pair. Ainsi, prenons un carré vide d'ordre 8, divisons-le en carrés d'ordre 4, et inscrivons, comme précédemment, des points dans les diagonales de chacun de ces compartiments d'ordre 4 (fig. 6). Tout comme nous l'avons fait auparavant, énumérons les cases, en partant de l'angle supérieur gauche, pour remplir les cases contenant un point ; ensuite, repartons depuis l'angle inférieur droit, pour remplir cette fois les cases restées vides. Le résultat sera le carré de la figure 7, qui est magique. C'est exactement la même méthode qu'auparavant, mais étendue cette fois au carré suivant du même type d'ordre. On remplirait ainsi tout carré d'un ordre pairement pair, en le partageant d'abord en des carrés d'ordre 4 dont on marquerait les diagonales par des points, puis en énumérant les cases depuis deux angles opposés.



11		**7**		**3**
4			**8**	
	5			**9**
10		**1**		
	6		**2**	

Figure 8 – *Saîf al-Harb fî Sharh al-Mukhammas* de Muhammad b. Mûsâ b. 'Abd al-Rahmân b. 'Alî b. Qâsim al-'Amrî. Asl n° 04

Proposons-nous maintenant de remplir le carré de la grandeur suivant 4, donc le carré d'ordre 5. Nous savons déjà que, comme il appartient à une catégorie différente, celle des ordres impairs, la méthode simple que nous venons de voir ne lui sera pas applicable. En revanche, la méthode de remplissage que nous allons présenter sera, comme la précédente, valable pour tous les carrés de la même catégorie. En outre, elle sera un peu plus commode que la précédente, car elle ne demandera pas de marquage préalable et elle permettra d'inscrire les nombres à la suite, en partant de 1.

Tous les carrés d'ordre impair possèdent, à la différence de ceux qui sont d'ordre pair, une case centrale. C'est elle qui nous servira de point de départ. Considérons donc cette case centrale dans un carré (vide) d'ordre 5. Inscrivons 1 dans la case en dessous d'elle (fig. 8). Pour placer les nombres suivants, nous allons descendre de case en case diagonalement. Ainsi, 2 sera dans la case diagonalement voisine de celle qui contient 1. Si le carré était d'un ordre impair plus grand, 3 serait à inscrire à nouveau dans la case diagonalement voisine. Mais, avec notre carré de petite taille, nous avons déjà atteint le bord du carré. Cela n'est pas un problème si grand : nous allons poursuivre notre placement diagonal, mais, puisque nous tombons en dehors du carré, nous le ferons en nous reportant au côté opposé (ici : le côté supérieur) du carré. Avec 3, le même problème se repose, car nous nous trouvons à nouveau sur un bord. Un même mal étant soigné par un même remède, faisons comme auparavant : reportons-nous de

11		7		3
4			8	
	5			9
10		1		
	6		2	

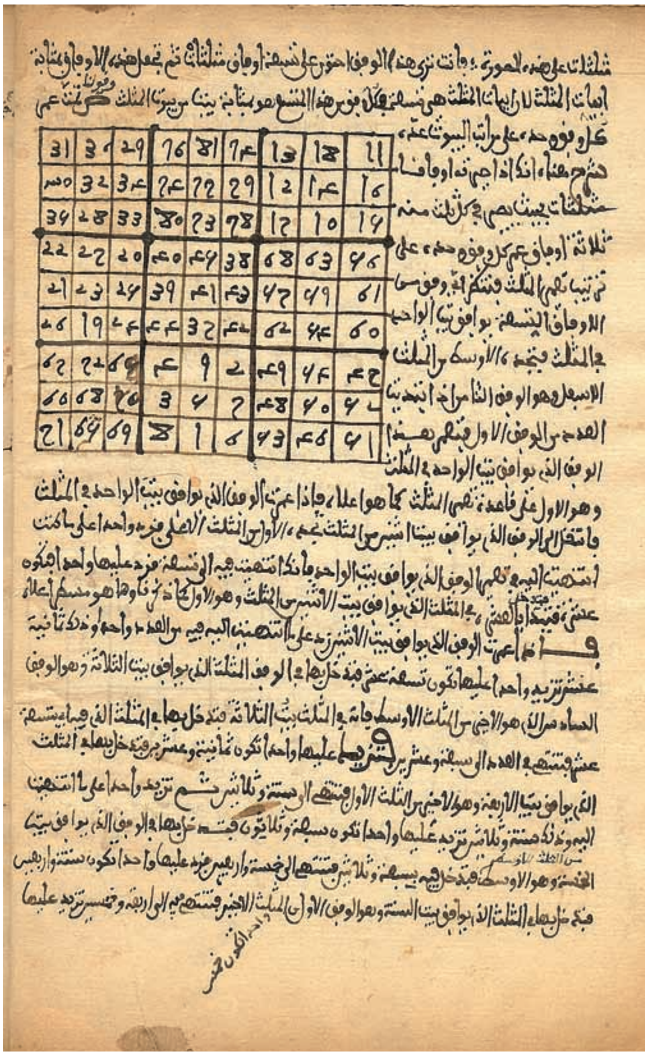
Figure 9 – *Saîf al-Harb fî Sharh al-Mukhammas* de Muhammad b. Mûsâ b. ʻAbd al-Rahmân b. ʻAlî b. Qâsim al-ʻAmrî.

37	78	29	70	21	62	13	54	5
6	38	79	30	71	22	63	14	46
47	7	39	80	31	72	23	55	15
16	48	8	40	81	32	64	24	56
57	17	49	9	41	73	33	65	25
26	58	18	50	1	42	74	34	66
67	27	59	10	51	2	43	75	35
36	68	19	60	11	52	3	44	76
77	28	69	20	61	12	53	4	45

Figure 10 — *Nazm al-Jadwal.* Abû Hafs ʻAmar al-Jaznâ'î (vivant en 911h/1505) Asl n° 02

l'autre côté du carré, comme si nous imaginions le carré prolongé à droite. Ceci permettra de placer 4. Avec 5, nous continuons notre descente en diagonale, et cette fois sans être arrêté par un bord.

Mais ici nous rencontrons un problème d'un type tout à fait différent : ce n'est pas le chemin qui est (provisoirement) bloqué, c'est la case suivante qui est déjà occupée. C'est normal : l'ordre du carré est 5, et après avoir placé les cinq premiers nombres en descendant de manière régulière de case en case nous serons parvenus au terme de notre cheminement diagonal. Il nous faut donc nous déplacer d'une autre manière : nous descendrons de *deux* cases dans la colonne où nous sommes arrivés, qui est celle de 5. Inscrivant 6 dans cette nouvelle case, nous reprendrons alors, exactement comme avant, la descente en diagonale, en nous rappelant que, chaque fois que nous atteignons un bord, nous devons nous reporter de l'autre côté du carré à remplir. Après 10, nous devrons à nouveau descendre de deux cases pour l'inscription du nombre suivant, ce qui nous amène à la case angulaire gauche en haut du carré. Nous poursuivrons alors le cheminement diagonal (fig. 9). La seule réelle difficulté viendra du nombre 15, car le placement du suivant réunit les deux difficultés précédentes : atteinte du bord d'une part, occupation de la case suivante d'autre part (ce serait celle de 11). Il nous



31	36	29	76	81	74	13	18	11
30	32	34	75	77	79	12	14	16
35	28	33	80	73	78	17	10	15
22	27	20	40	45	38	58	63	56
21	23	25	39	41	43	57	59	61
26	19	24	44	37	42	62	55	60
67	72	65	4	9	2	49	54	47
66	68	70	3	5	7	48	50	52
71	64	69	8	1	6	53	46	51

Figure 12 — Nazm al-Jadwal. Abû Hafs ‘Amar al-Jaznâ’î (vivant en 911h/1505) Asl n° 02

faudra donc descendre de deux cases dans la colonne de 15, ce qui nous amène à la deuxième case de cette même colonne. Nous continuerons ensuite le placement des nombres jusqu'au dernier.

Dans la figure 10, nous avons rempli un carré d'ordre 9 avec cette même méthode pour qu'elle soit bien comprise. On remplirait le carré d'ordre 7, ou n'importe quel carré d'ordre impair supérieur à 9, de la même façon : en descendant en diagonale depuis la case sous la case centrale, et en descendant de deux cases chaque fois que notre mouvement atteint une case occupée.

Nous pourrions aussi remplir un carré d'ordre 9 d'une tout autre manière, en utilisant la disposition que nous connaissons pour l'ordre 3. En effet, 9 étant 3 fois 3, le carré d'ordre 9 peut se décomposer en 9 carrés d'ordre 3. Nous prendrons successivement chacun de ces neuf carrés dont nous remplirons les neuf cases. Mais ceci ne doit pas se faire de n'importe quelle manière : il faut s'imaginer que l'on prend les petits compartiments eux-mêmes dans l'ordre appris pour l'ordre 3, donc comme dans la figure 11. On remplira alors, avec la disposition connue pour l'ordre 3, le premier compartiment (nombres de 1 à 9), puis le deuxième (nombres de 10 à 18), puis le troisième, et ainsi de suite. Le résultat est dans la figure 12.

Une méthode semblable serait applicable à l'ordre 12 puisque 12 égale 4 fois 3, sauf qu'ici on aura deux possibilités puisque les deux nombres se multipliant sont différents. On pourra soit remplir des compartiments d'ordre 4, pris en succession comme dans la figure 13, qui seront remplis avec la suite des nombres rangés selon la disposition connue pour l'ordre 4, soit remplir des compartiments d'ordre 3, pris en succession comme dans la figure 14, en rangeant dans chacun d'eux les nombres comme on sait le faire pour l'ordre 3. Un carré d'ordre 16 pourrait être rempli par un partage en 16 compartiments d'ordre 4.

Carrés magiques et auteurs maghrébins

Jusqu'à présent, nous n'avons pas mentionné d'auteurs traitant de carrés magiques dans le Maghreb ; il fallait en effet d'abord présenter la science de ces carrés magiques. On retrouve chez eux les différentes constructions que nous avons exposées. Ainsi, la méthode que nous avons vue pour les carrés pairement pairs (fig. 3 à 7) apparaît au quatorzième siècle chez Ibn al-Qunfudh. On la trouve dans des manuscrits de l'Orient musulman quelques siècles auparavant. On sait aujourd'hui que ces méthodes se sont répandues de là dès le début du onzième siècle. Ainsi, l'astronome al-Zarqâlî, qui résidait en Espagne dans la deuxième moitié du onzième siècle, construit un carré d'ordre 4 et un carré d'ordre 8 comme nous l'avons vu. Son carré d'ordre 5 est le même que celui de la figure 9. Un bel exemple d'un carré composé à la manière de celui de la figure 12 apparaît dans un manuscrit d'al-Jaznâ'i, du début du 16e siècle, conservé à la bibliothèque *Afniq n'Ccix Lmuhub* récemment mise en valeur par le GEHIMAB (cf. http://www.gehimab.org).

Avec ce qui précède, nous avons appris à remplir les carrés de deux des trois catégories d'ordres. Omettons ici la construction des carrés de la troisième catégorie, qui est un peu moins simple. Elle est exposée dans les ouvrages mentionnés dans la bibliographie.

On trouve aussi fréquemment un autre type de carrés, obéissant à des règles de construction complètement différentes de celles que nous avons exposées. Il s'agit des carrés dans lesquels on s'impose les nombres figurant dans la première rangée, qui fixent donc la somme à trouver dans chaque rangée. Mais comme ces nombres peuvent être quelconques, le carré ne sera généralement pas occupé par des nombres consécutifs. L'origine de ces carrés se trouve dans le système de numération à l'aide de lettres, que les Arabes avaient repris du système grec analogue. Ainsi, on pouvait faire figurer dans la première ligne un mot, dont chacune des lettres avait une valeur numérique, ou même une phrase, chaque mot occupant une case à laquelle on attribuait la quantité numérique correspondant à la somme des valeurs des lettres du mot.

En voici deux exemples, l'un avec le mot *ghafûr* (fig. 16) et l'autre avec *kabîr* (fig. 17). On les trouve dans le *Chams al-ma'ârif al-kubrâ* d'Ahmad al-Bûnî, originaire d'Annaba, qui vécut au 13e siècle. Comme les lettres *gh*, *f*, *û*, *r* valent respectivement 1000, 80, 6, 200, la valeur de *ghafûr* sera 1286 ; comme *k*, *b*, *î*, *r* valent respectivement 20, 2, 10, 200, la valeur de *kabîr* sera 232. Il faut donc dans les deux cas remplir les trois dernières lignes du carré pour qu'apparaisse dans le premier carré la somme 1286 dans ces trois lignes ainsi que dans les quatre colonnes et les deux diagonales, et de même pour la somme 232 dans le deuxième carré. Ce n'est pas une tâche aisée. Heureusement pour nous, ces deux exemples mettent en évidence le cheminement suivi par al-Bûnî pour leur remplissage.

Dans le premier cas, la suite ascendante issue de 1000 = *gh*, composée des termes 1001, 1002, 1003, a été placée de ligne en ligne dans des cases appartenant à des colonnes différentes, et la suite descendante issue de la case de 200 = *r*, composée de 199, 198, 197, a été inscrite dans les cases placées symétriquement. On peut alors calculer les termes manquants dans les colonnes médianes, puis dans les diagonales, enfin dans les colonnes latérales. L'exemple de la figure 14 a été construit de la même manière, sauf que les deux suites sont issues des termes médians de la première ligne. Là aussi, on pourra successivement compléter par calcul les diagonales puis les colonnes.

Nous avons vu ici une méthode de construction. Il n'y en a pas toujours, il y a même des cas où, selon la valeur des lettres et des mots, le remplissage est impossible. De plus, chaque ordre (et non : catégorie d'ordre) demande une construction différente. En ce sens, le remplissage de tels carrés est une tâche souvent ardue. C'est sans doute pourquoi on les rencontre souvent, et même plus fréquemment que les précédents, dans les manuscrits, où copistes ou lecteurs se sont appliqués à les reproduire de génération en génération pour le bénéfice du lecteur d'aujourd'hui.

Jacques SESIANO
École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse)

Bibliographie

Aïssani D. et Mechehed D.E., *Manuscrits de la Kabylie : Catalogue de la Collection Ulahbib,* CNRPAH Éd., Alger, 2011, 215 pages.

Djebbar, A. : « Les carrés magiques », dans *Histoire d'algorithmes* (Paris, 1994), pp. 59-94.

Sesiano, J. : « Quelques constructions de carrés à magie simple dans les textes arabes », dans *Actes du 3e colloque maghrébin sur l'histoire des mathématiques arabes* (Alger, 1998), I, pp. 251-262.

Sesiano, J. : *Les carrés magiques dans les pays islamiques*. Lausanne, 2004.

Léonardo essayant de comprendre la manière de compter des marchands et des pécheurs sur le port de Béjaïa. Scène de la pièce de théâtre pour jeune public « *Leonardo à Bugia* » (TRB, 2007)

LES MATHÉMATIQUES COMMERCIALES

DANS LE *LIBER ABACI* DE LÉONARDO FIBONACCI

A la fin du XII^e siècle, la ville de Béjaïa a eu le privilège d'accueillir le jeune Léonardo de Pise, qui deviendra par la suite le célèbre mathématicien Fibonacci. Nous le savons grâce à son propre témoignage figurant dans son *Liber Abaci*, datant aujourd'hui de huit cent dix ans. « *Lorsque mon père fut nommé, loin de la patrie, scribe officiel à la douane de Béjaïa (Bugia), en mission pour les commerçants de Pise, il me fit venir auprès de lui alors que j'étais enfant, et ayant réfléchi aux intérêts et avantages futurs que je pourrais en tirer, il voulut que je reste pendant quelques temps pour étudier l'abaque et en recevoir l'instruction. Là, initié grâce à un enseignement admirable dans le savoir faire au moyen des neufs figures indiennes, la science de cet art me plut à un point plus élevé que tout le reste et j'appris pour mieux le reconnaître, tout ce qu'on pouvait étudier d'elle en Egypte, en Syrie, en Grèce, en Sicile et chez les habitants de Provence, selon les façons propres à chacun*».

Témoignage de Fibonacci relatif à ses études à Bougie auprès d'un maître admirable (*exmirabili Magisterio*)

Le jeune Léonardo vit alors aux côtés de son père dans un milieu marchand, habitué aux affaires, et donc aux calculs. C'est vraisemblablement à Béjaïa qu'il entre pour la première fois en contact avec l'héritage mathématique des Pays de l'Islam. Cela suppose évidemment qu'il était en mesure de suivre et de comprendre cet enseignement. Son niveau d'éducation à son arrivée à Béjaïa est difficile à évaluer, mais son père, étant données ses fonctions de *scriba*, est quelqu'un qui possède une certaine éducation, qui sait lire et écrire, et bien sûr compter. Il est vraisemblable que Léonardo a reçu sa première éducation dans ce milieu, d'abord à Pise peut-être, puis à Béjaïa. Il a certainement appris alors à se servir de l'abaque, que les jeunes fils de marchands commençaient à manipuler vers l'âge de 11 ans. Mais il est peu probable que sa formation mathématique initiale soit allée plus loin. Certes, des traductions latines ou des adaptations des ouvrages d'al-Khwarizmi ont été faites au XII^e siècle, en Péninsule ibérique, mais il est peu probable que Léonardo en ait eu connaissance avant de venir à Béjaïa. C'est donc dans ce port qu'il entre véritablement en contact avec l'héritage mathématique des Pays de l'Islam. Cela suppose qu'il était en mesure de suivre et de comprendre un enseignement en arabe, à moins d'imaginer un interprète, ce qui est assez improbable. Il n'y a d'ailleurs pas lieu de s'en étonner :

les archives de Pise conservent des lettres du début du XIIIe siècle écrites en arabe par des marchands ifrîqiyens à leurs partenaires pisans. Ces lettres montrent que les destinataires des lettres étaient capable de les lires ou de les faire lire, mais soulignent surtout la très grande proximité et même l'amitié qui liaient marchands ifrîqiyens et Pisans à cette époque.

La curiosité et l'intelligence de Léonardo dut faire le reste. Le *Liber Abaci*, qu'il écrit au seuil du XIIIe siècle, est notamment le résultat et le témoignage de ce double apprentissage : un *mirabili magisterio* (enseignement remarquable) reçu à Béjaïa, mais également lors de ses voyages en Méditerranée, et une expérience de fils de marchand qui lui permit de saisir les applications pratiques de son nouveau savoir, ou du moins de formuler ce dernier en recourrant à des exemples puisés dans le monde du grand négoce international.

A Béjaïa, le jeune Leonardo vit dans un milieu commerçant extrêmement dynamique, qui l'a rendu sans doute particulièrement sensible à ce que la tradition mathématique des Pays de l'Islam pouvait apporter dans le domaine des transactions. Le *Liber Abaci* est, du moins dans sa première partie, le témoignage de ce double apprentissage, qui apparaît notamment dans les problèmes abordés et les exemples choisis à l'appui des démonstrations.

I – Béjaïa, un port actif du commerce méditerranéen à la fin du XIIe siècle

« *De nos jours, Béjaïa fait partie du Maghreb central. C'est la capitale du pays des Banû Hammad. Les vaisseaux y abordent, les caravanes s'y rendent, les marchandises y sont acheminées par terre et par mer […]. Les marchands de cette ville sont en relation avec ceux du Maghreb occidental, ainsi qu'avec ceux du Sahara et de l'Orient* ». C'est ainsi qu'al-Idrîsî, géographe attitré du Roi Normand Roger II de Sicile souligne, au milieu du XIIe siècle la place de Béjaïa dans les réseaux terrestres et maritimes.

Lorsque Léonardo Fibonacci arrive à Béjaïa avec son père, vers la fin du XIIe siècle, la ville est en effet un des ports les plus actifs du Maghreb. Fondé par l'émir Hammadide al-Nâsir en 1067, il bénéficie d'une situation excellente dans le Maghreb central, au débouché de la vallée de la Soummam qui le met en relation avec l'arrière-pays et, au-delà, avec les routes sahariennes qui mènent au pays de l'or. Avant même la fondation d'une nouvelle ville pour compléter, puis remplacer la Qal'a des Banû Hammad, le mouillage est fréquenté par des marins et marchands andalous, comme le montre le témoignage d'al-Barkî.

Le géographe al-Idrisi avait déjà évoqué *Dar es-Senaa* (les Chantiers de construction navale) de Béjaia au XIe siècle. Ici, les chantiers du port de Bougie au XIXe siècle

Mais c'est l'arrivée de la cour Hammadide et le développement des infrastructures portuaires entre la fin du XIe et le XIIe siècle qui fait de la ville un des principaux pôles politiques, économiques, intellectuels et religieux de la région. Le passage, à partir de 1152, sous la domination almohade, renforce cette place, malgré la perte de l'indépendance politique. La ville devient alors le siège d'un gouverneur almohade, est intégrée dans un vaste ensemble qui court d'al-Andalus à l'Ifrîqiya, et se trouve sur le principal axe de circulation de l'empire. Elle devient un centre de savoir et d'enseignement qu'illustre, à la fin de la période hammadide, la rencontre entre le mahdî almohade Ibn Tûmart et celui qui devint son premier successeur 'Abd al-Mu'min. L'activité scientifique y est alors intense, et couvre notamment le champs des mathématiques.

Le port accueille à cette époque des Italiens venus en grande partie de Pise, qui a très tôt entretenu des relations privilégiées avec les souverains musulmans, au Maghreb comme en Orient. Mais on trouve également des Génois et des Vénitiens, peut-être également des marchands d'Italie méridionale et de Sicile, bien que ces derniers soient mal documentés. Très tôt des traités de paix et de commerce ont été signés entre Pise et les Almohades : en 1166, puis à nouveau en 1186, ce dernier texte citant Béjaïa parmi les ports où les Pisans peuvent venir commercer. Ces accords facilitent la venue des marchands latins, en leur offrant des conditions d'accueil leur permettant de développer leurs affaires et de faciliter leur séjour, et des tarifs douaniers favorables.

C'est donc dans la seconde moitié du XIIe siècle que les échanges commerciaux avec l'Europe du sud prennent de l'ampleur. En dépit de crises passagères, cette prospérité dure jusqu'aux années 1310-1320. Elle profite de la stabilité politique de l'empire almohade au Maghreb, mais aussi du grand dynamisme économique

Le *Chebec algérien*. Miniature de Mohamed Racim

TRACTAT
OM
SKEPPS-BYGGERIET,
TILLIKA MED
FÖRKLARING och BEVIS
ÖFVER
ARCHITECTURA
NAVALIS MERCATORIA &c.
GENOM
FREDRICH HINDR. af CHAPMAN,
STOCKHOLM,
JOHAN PFEIFFER

C'est dans ce traité de construction navale du suédois A.F. Chapman que l'on a retrouvé les plans de l'*Algerine Chebec.*

de l'Europe, en particulier des grands ports italiens. Les marchands les plus actifs à Béjaïa à cette époque sont les Pisans et, dans une moindre mesure sans doute, les Génois. La destruction de la quasi-totalité des archives de Pise du XIIe et du XIIIe siècle ne permet pas de suivre l'évolution des échanges avec précision, mais plusieurs indices montrent une présence très forte au Maghreb, comme du reste dans l'ensemble du monde musulman, jusqu'à la fin du XIIIe siècle. Les actes notariés génois permettent cependant de se faire une idée de l'importance relative de Béjaïa dans ce grand commerce méditerranéen. En 1191, date à laquelle Fibonacci est vraisemblablement présent dans la ville, un quart des investissements génois se font à destination du Maghreb et, parmi eux, 20% à destination de Béjaïa.

Ces mêmes documents génois, mais aussi quelques documents pisans, montrent les produits échangés dans le port de Béjaïa. A l'importation, les textiles dominent incontestablement. Sur 202 documents génois des XIIe et XIIIe siècles faisant apparaître des produits, 91 concernent des investissements en textiles. Béjaïa reçoit donc des tissus provenant de toutes les régions productrices du monde chrétien, et sans doute également du *Dar al-Islâm*. Mais on peut aussi trouver, en quantité moins importante, des achats de matières premières textiles comme du lin ou du coton. A l'exportation, on trouve principalement des produits liés aux activités d'élevage, qui sont alors développées dans l'arrière-pays de Béjaïa. Cela s'explique par la demande des industries textiles et du cuir, très dynamiques en Europe. Les laines, en particulier, sont exportées en masse jusqu'au XIVe siècle, comme le montrent bien les très nombreuses ventes de « laines de Bougie » sur le marché génois au XIIIe siècle. De même, l'exportation des cuirs a été dès le début un des secteurs clés du commerce de Béjaïa. En 1181, la douane du port interdit aux pisans d'exporter des cuirs ou des basanes s'ils ne disposent pas d'un capital de 500 dinars comme caution pour l'exercice de leur commerce, ce qui provoque une protestation des autorités pisanes. Le plus souvent, il s'agissait de peaux d'agneaux. On trouve dans la documentation européenne la mention de « *bogett* », dont l'étymologie renvoie à Bugia, le nom latin de la ville au Moyen Age, et qui désigne toujours des cuirs d'agneaux. On trouve aussi les termes de bogget, bugeye, bougie, budge, budye. Ce terme désignait au départ des cuirs d'agneaux importés de Béjaïa, et finit par désigner un type de cuir sans référence à son origine réelle. Toujours en relation avec les industries européennes, on trouve parmi les exportations du port, de l'alun, qui servait alors de mordant dans les opérations de teinture des textiles, et que les Européens allaient chercher principalement dans le monde musulman avant la découverte des mines de Phocée en Asie Mineure à la fin du XIIIe siècle. Enfin Béjaïa exportait de la cire, et les chandelles finirent par prendre, au début du XIVe siècle, le nom de la ville : Bougie.

Ces échanges, que nous montrent principalement les actes notariés, généraient une grande activité dans le port, notamment au moment de l'arrivée et du départ des navires. Les marchands latins, une fois les marchandises débarquées, passaient d'abord par la douane, où leurs biens étaient pesés et mesurés, puis notés dans les registres de la douane en vue de leur taxation. Puis les marchandises étaient acheminées vers les fondouks, à la fois entrepôts et lieux de résidence pour les chrétiens étrangers. Par la suite, les échanges s'effectuaient soit à la douane, soit au marché (souk). Les ventes se faisaient souvent aux enchères, et les marchands avaient recours à divers intermédiaires, notamment les drogmans.

Les opérations étaient donc complexes, rendues plus difficiles encore par les différences qui pouvaient exister entre Pise et Béjaïa, que ce soit au niveau des poids et mesures, des monnaies, des techniques commerciales. Il fallait donc savoir calculer le prix des marchandises en faisant jouer des systèmes de référence variés et souvent compliqués. Ainsi les sommes étaient données, dans les documents, en unités de compte (la livre pour Pise), mais les transactions se faisaient en utilisant des pièces de monnaies réelles (en argent ou en or le plus souvent), ou par le système du troc. Il fallait donc effectuer une double conversion : entre monnaies de comptes et monnaies réelles d'une part, entre pièces pisanes et almohades d'autre part, dont la valeur pouvait du reste varier en fonction des politiques des souverains. Il en allait de même avec les poids et mesures, qui changeaient d'un port à l'autre, y compris parfois pour des ports soumis au même souverain.

A partir du XIV^e siècle les marchands disposent d'ouvrages, comme la célèbre *Pratica della Mercatura* du Florentin Pegolotti, qui leur donnaient des équivalences. Il est vraisemblable cependant que dans la pratique les marchands, ou du moins certains d'entre eux, possédaient dès le XII^e siècle ces connaissances lorsqu'ils se déplaçaient dans les ports du Maghreb. Mais cela ne rendait pas pour autant les calculs aisés. Cette expérience, le jeune Léonardo dut l'acquérir aux côtés de son père ou des autres Pisans de Béjaïa. Mais les techniques de calcul utilisées jusqu'alors restaient sommaires, et ne permettaient pas de résoudre facilement les opérations complexes. L'apport des mathématiques des Pays de l'Islam fut dès lors déterminant.

II – Béjaïa, Centre de transmission méditerranéen

La ville de Bougie a été l'un des centres culturels et scientifiques les plus dynamiques du Maghreb aux XII^e–XIV^e siècles. Le haut niveau des enseignements mathématiques qui y étaient dispensés est notamment attesté par le cours d'algèbre supérieure d'al-Qurashi. Ce dernier, qui a vécu à Bougie vers la fin du XII^e siècle (donc avant le séjour de Fibonacci), aurait rédigé l'un des meilleurs commentaires du traité d'algèbre du célèbre mathématicien égyptien Abu Kamil sur les six équations [canoniques]. Or, l'influence d'Abu Kamil (850 – 930) sur l'oeuvre de Fibonacci a été soulignée par plusieurs auteurs. Dans [6], nous avons détaillé le rôle joué par cette cité, en présentant un savant bougiote, contemporain de Léonardo.

III – Les Transactions dans les mathématiques des Pays de l'Islam [18]

La tradition algébrique dans les Pays de l'Islam est bien illustrée par cette phrase du célèbre sociologue maghrébin Ibn Khaldun : «*Le premier qui écrivit sur cette branche des mathématiques est Abu Abd Allah al-Khawarizmi, après lequel vint Abu Kamil Chudja Ibn Aslam. On a généralement suivi la méthode de ce dernier dans cette science, et son traité sur les six problèmes de l'algèbre est l'un des meilleurs ouvrages composés sur cette science* ». « *L'un des meilleurs commentaires est celui d'al-Qurashi* ».

Pour avoir une idée globale de la place des transactions dans les mathématiques arabes (*Al-Ma'amalat*, Mathématiques Appliquées à la science du négoce), on peut se baser sur les travaux de Sésiano J., Lamassé S., Djebbar A., Souissi M. et Laabid E., in Actes du Congrès international, « *Commerce et Mathématiques du Moyen âge à la renaissance, autour de la Méditerranée* » (Editions CIHSO, Toulouse, mars 2001 [18]).

Les traités disponibles sont de deux sortes : les ouvrages de *Qisma* (Consultations juridiques), qui définissent les conditions d'exercice du commerce, et les ouvrages de mathématiques [les traités dont le titre comprend le mot *Mu'amalat* (transactions), les manuels de science du calcul comportant un chapitre de *Mu'amalat* ,…]. Signalons également les écrits réservés à des problèmes de transaction (*Kitab at-Tara'if fi l-Hisab* d'Abu Kamil [problèmes d'achat de volatiles], et les traités d'algèbre qui traitent d'application ayant un lien avec les transactions (*Kitab al-Jabr* d'Abu Kamil).

Parmi les problèmes traités dans les ouvrages de mathématiques, signalons les problèmes de transactions (achat et vente de produits), les problèmes en relation avec le commerce (conversion, change, bénéfice), les problèmes imaginaires (achat d'une bête, bourse trouvée, problèmes de volatiles, problèmes de bénéfices).

IV - Le Liber Abaci

Le *Liber Abaci*, écrit dans sa version définitive en 1228 par Léonardo Fibonacci, est un vaste ouvrage exposant en quinze chapitres l'arithmétique et l'algèbre, ainsi que la résolution de quantité de problèmes qui sont, soit des applications à la science du négoce, soit aussi récréatifs ou du moins représentent des situations trop insolites pour être réelles. Ce que Léonardo appelle *Abacus* est ce que Johannes nomme *Mahamelet*. Selon Jacques Sésiano, « *la différence entre eux ne vient pas du sujet, mais des sources* ».

Concernant ce célèbre ouvrage, il est nécessaire de souligner les points suivants.

Nécessité de sa parution

Les marchands italiens, dont les liens commerciaux avec le monde méditerranéen allaient croissant, avaient le plus urgent besoin d'une connaissance des mathématiques commerciales utilisant les diverses monnaies alors en usage.

Méthodes de preuve et sources

Alors que Roshdi Rashed a analysé les méthodes de preuve dans le *Liber Abaci* [16], André Allard lui s'est interrogé sur les sources arithmétiques et le calcul indien dans cet ouvrage. Il a notamment montré avec quelle intelligence Fibonacci avait su utiliser ses sources [7]:

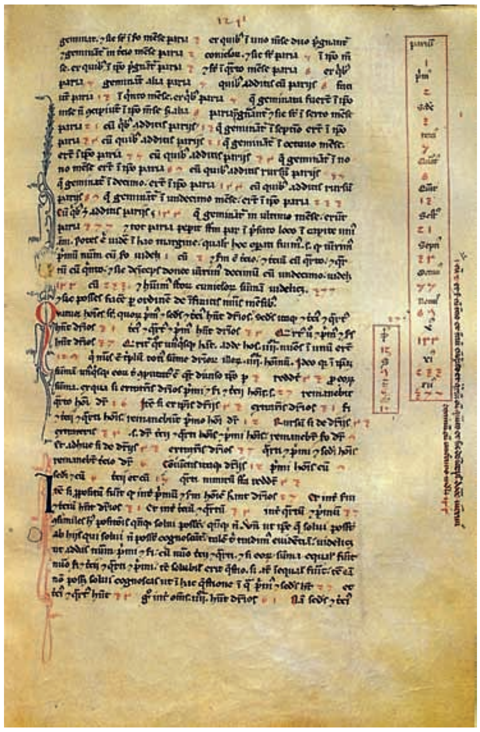
– faciliter la lecture des grands nombres par l'emploi d'arcs, séparant de trois en trois les séries de milliers ;

– la manière de réaliser les opérations les plus simples, comme l'addition ou la soustraction, constituent l'aboutissement d'une évolution qui occupa la seconde moitié du XII^{e} siècle et qui rendit systématique par exemple, le début d'une soustraction par la droite et non plus par la gauche des nombres entiers ou fractionnaires, comme dans les œuvres arabes et les versions latines les plus anciennes.

– autre procédé de multiplication dit "*en forme d'échiquier*" et "*particulièrement adapté aux grands nombres*".

L'apport du *Liber Abaci*

Ce sont les systèmes linéaires qui marqueront l'influence de Léonardo Fibonacci au Moyen âge [17]. La résolution de ces systèmes linéaires, déterminés ou non, où les inconnues représentent des grandeurs concrètes (le plus fréquemment des sommes d'argent) occupe une partie considérable du *Liber Abaci*. La présentation comme la résolution de ces systèmes est parfaitement organisée : Léonardo les classe en types, auxquels correspond une formule générale de résolution. Or cette formule est obtenue, exactement comme le faisaient les anciens, en complétant les équations en sorte d'y faire apparaître la somme des inconnues et les données. La connaissance de l'établissement de cette formule générale est que Léonardo peut se permettre de choisir en pleine conscience des données faisant prendre à l'une ou à l'autre des inconnues une valeur négative. Il ne s'agit alors plus de grandeurs soustraites, dont la présence dans les calculs est aussi ancienne que l'algèbre, mais de quantités véritablement négatives, puisque sur elles ne s'appliquent plus aucune opération. Jacques Sésiano considère que l'innovation ici est qu'il conserve la résolution qui l'a fait apparaître et cherche un moyen d'interpréter cette solution négative comme une quantité positive que l'on devra soustraire dans les équations



Le *Liber Abaci* de Léonardo Fibonacci. Ici, le problème des lapins. A droite du texte, de haut en bas, les 13 premiers termes de la suite de Fibonacci en chiffres Ghubar : 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233 et 355. (Manuscrit de la Bibliothèque nationale de Florence).

proposées. Cette distinction n'est pas futile : en montrant qu'un résultat négatif peut avoir un sens dans une situation réelle, Léonard ouvre la voie à l'acceptation de nombres négatifs. L'une de ces catégories de problèmes est appelée « *découverte d'une bourse* » [17].

V - L'application des mathématiques au commerce dans le *Liber Abaci*

Il n'est pas aisé, dans le *Liber Abaci*, de faire la part de ce qui a été appris à Béjaïa et dans d'autres lieux, notamment à Constantinople, mais aussi en Syrie et en Egypte ou en Sicile. Les premiers chapitres du livre montrent cependant l'importance de son expérience des milieux marchands et marins de Béjaïa dans la formulation de son savoir mathématique. L'apport du *Liber Abaci* à l'Occident latin, on le sait, réside moins dans l'introduction des chiffres arabes, qui sont déjà connus depuis le X^{e} siècle, que dans la présentation des méthodes arithmétiques dites de « calcul indien » qui utilisent les neufs chiffres et le zéro, ainsi que des méthodes algébriques. Or dans la première partie de l'ouvrage, les explications et démonstrations de Fibonacci s'appuient constamment sur des exemples et des problèmes qui renvoient aux activités quotidiennes de ces marchands et marins : problèmes de changes, de poids et mesures, de charges de navires, de calculs de prix, etc. De même, les produits qui apparaissent dans cette première partie sont le plus souvent ceux que l'on trouve sur le marché bougiote, comme les cuirs ou les laines. Le *Liber Abaci* ne doit pas être considéré pour autant comme un simple manuel de recettes pratiques pour marchands. Enrico Giusti note avec raison que dans les chapitres consacré à la résolution des problèmes commerciaux, c'est une logique mathématique, et non pas pratique, que suit Fibonacci pour élaborer son plan. Du reste, l'influence du *Liber Abaci* sur les pratiques commerciales se diffusa relativement lentement, et il faut attendre le XIVe siècle pour que l'on trouve, notamment dans les manuels de commerce, des éléments de mathématiques commerciales hérités de Fibonacci. Mais ce qui frappe en revanche, c'est l'influence de la culture marchande du jeune Leonardo dans la formulation de son savoir. Cela est tout particulièrement net dans les exemples qu'il utilise dans les chapitres 8 à 11, inspirés par les problèmes quotidiens des marchands qu'il a pu observer à Béjaïa.

Les difficultés rencontrées par ces marchands dans leurs comptes ne pouvait échapper au jeune Fibonacci. L'usage des chiffres romains rendait impossible toute opération un peu complexe. Le maniement de l'abaque ainsi que le comput digital palliaient ces difficultés et il n'est pas douteux que les marchands avaient une grande habitude de ces deux systèmes. Ces derniers avaient cependant leurs limites, lorsque l'on abordait des questions plus complexes. La raison du succès dans les milieux marchands de l'ouvrage de Fibonacci, ou plutôt des nombreux livres de l'abaque qui apparaissent à partir du XIVe et au XVe siècle et s'en inspirent largement, tient dans l'usage qui pouvait être fait de ces connaissances mathématiques dans l'exercice de leurs activités.

Les premières pages du *Liber Abaci* sont consacrées à l'exposé des chiffres arabes et des opérations simples qu'ils permettent de réaliser. La nouveauté réside en effet dans les possibilités de calculs qu'offrent la numérotation de position et l'usage du zéro qui en est la clé. Celle-ci permet de poser des opérations par écrit, en assignant à chaque chiffre une valeur en fonction de sa position dans le nombre.

Les connaissances que Léonardo acquiert auprès de son maître bougiote sont non seulement assimilées, mais immédiatement reformulées en latin et avec des exemples correspondant à son milieu, celui des marchands. Or ces besoins sont multiples, dans un monde méditerranéen qui est en train de s'ouvrir plus largement et où le volume des échanges, comme le trafic maritime, ne cessent de croître. Les exemples que prend Fibonacci pour exposer les règles arithmétiques sont alors le reflet de ce monde méditerranéen qu'il a connu d'abord à Pise, puis à Béjaïa, avant d'effectuer un véritable tour de la Méditerranée. Un monde d'échanges intenses entre des espaces économiques jusque là en partie cloisonnés, que les marchands contribuent à unifier. Le spectacle que pouvait offrir au jeune Léonardo l'activité fébrile du port de Béjaïa se révèle, derrière l'aridité des démonstrations mathématiques, dans son *Liber Abaci*.

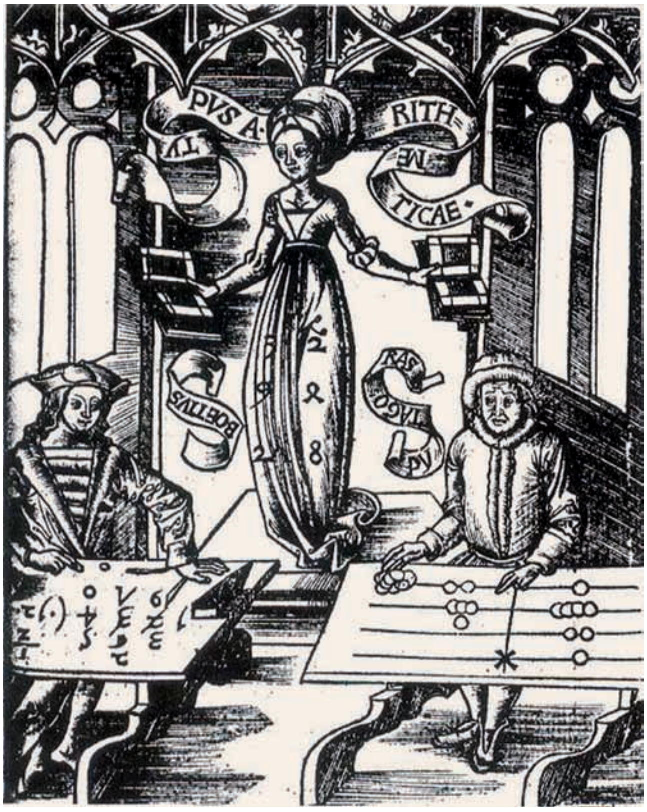
Ces exemples concrets utilisés par Fibonacci nous font entrer tout d'abord au cœur des pratiques d'échanges commerciaux. Le livre commence par des opérations simples, de calcul de prix en fonction du prix unitaire et des quantités vendues. Les exemples qu'il utilise sont tous liés aux marchandises qui circulent dans les ports maghrébins, et tout particulièrement Béjaïa. Les plus fréquemment cités sont les cuirs et les *becunias* (peaux de chèvres), qui sont vendus par centaines. Cela correspond bien à la structure des exportations du port, où les cuirs et les laines prédominent très tôt. Ainsi en 1180, des marchands génois louent un navire pour aller chercher des *becunias* à Béjaïa, et prévoient un chargement de près de 500 cantares, soit environ près de 23 tonnes. Voici un exemple parmi d'autres donnés par Fibonacci : 100 *becunias* valent 42 besants et ¾. Combien valent alors 21 *becunias* ? Il faut multiplier 42 par 4, ajouter 3, ce qui fait 171. On multiplie par 21 et on divise par 100, ce qui donne 359 besants et 1/10e. Ces calculs, au demeurant simples en apparence, font intervenir le prix unitaire, la quantité, et l'unité choisie (ici la centaine de *becunias*), avec des calculs de fractions et des divisions. Mais on trouve dans le *Liber Abaci* également d'autres produits présents sur le marché bougiote, que ce soit à l'importation ou l'exportation, comme les draps, les futaines, le fromage pisan, importés d'Europe le plus souvent, des produits d'Orient comme les épices (poivre, safran, noix de muscade), le coton, le lin, les céréales (froment notamment), l'huile, le sucre, l'alun enfin, qui était exporté de Béjaïa.

Tous ces produits font l'objet de transactions qui font intervenir des calculs. Il est question de ventes, mais aussi de troc. Celui-ci était en effet souvent pratiqué, et nécessitait des calculs plus complexes intégrant la valeur de chaque produit. Il fait l'objet d'un chapitre entier dans le *Liber*. Parmi les exemples, on peut citer le suivant : si 20 *brachia* de draps valent 3 livres de Pise, et 42 *rotoli* de coton valent 5 livres, combien a-t-on de *rotoli* de coton pour 50 *brachia* de draps ?

De même, Fibonacci montre les applications possibles de l'arithmétique aux contrats d'association commerciale, tels qu'ils étaient pratiqués alors, principalement les commandes et surtout les sociétés, qui supposaient le partage des bénéfices à l'issue du voyage. Dans toutes ces opérations, les nouvelles méthodes de calcul apportaient rapidité et une plus grande sûreté des résultats.

Fibonacci s'intéresse aussi à la question du transport maritime des marchandises. Les navires de l'époque, le plus souvent des naves, rondes et à voiles, devaient souvent affronter des conditions difficiles de navigation. Il était alors indispensable de bien répartir les charges, donc de calculer le poids respectif des marchandises. Cela donne lieu à une série de problèmes. Il donne l'exemple d'un navire qui charge dans le Garb (Maroc actuel) des cuirs et de l'alun. L'alun, matière minérale lourde, était mise au fond des cales, et permettait de lester le navire. Le chargement du navire devait tenir compte du fait que un cantare d'alun pesait autant que deux cantares de cuirs. De même, pour un chargement à Béjaïa ou Ceuta, deux cantares de *becunias* équivalent à trois cantares de cuirs, plus légers. Sans doute, là encore, les capitaines de navires n'avaient pas attendu le livre de Fibonacci pour savoir équilibrer les charges de leurs bateaux. Mais Fibonacci permet de sortir d'un certain empirisme, et peut-être de gagner du temps dans les chargements, ou encore de mieux prévoir ce qu'un bâtiment était à même de transporter. L'avantage était sans doute réel, car les saisons de navigation étaient relativement courtes, et les temps de chargement étaient limités au maximum, comme le montrent certains contrats de location de navires qui fixent la durée de chaque escale. C'est cette même nécessité de maîtriser un temps nécessairement lent des transports, et de faire concorder les contraintes des voyages avec celles des marchés et des contacts commerciaux, qui pousse sans doute Fibonacci à proposer des exercices avec des voyageurs qui ne vont pas à la même vitesse.

Enfin le *Liber Abaci* reflète la grande complexité que conféraient aux échanges la diversité des poids et mesures ainsi que celle des monnaies. Monde ouvert, la Méditerranée, comme du reste l'ensemble de l'espace commercial parcouru alors, présentait une juxtaposition de systèmes de poids et mesures aussi variés que complexes. Il fallait au marchand connaître le système de Pise, qui était différence de celui de Gênes, celui de Béjaïa qui différait de celui de Tunis ou de Bône, etc. A cette diversité s'ajoutait le fait que les subdivisions suivaient tantôt une logique décimale, tantôt une autre. Les manuels de commerce, qui apparaissent à partir de la fin du XIII[e] siècle, accordent d'ailleurs une large place à ces équivalences de poids et mesures. A Béjaïa, comme dans les autres ports, des peseurs accrédités par la douane repesaient systématiquement les marchandises qui arrivaient, en fonction des poids et mesures locaux. Mais il fallait que le marchand soit lui-même en mesure de facilement effectuer des conversions, et pour cela encore la règle de trois était d'un secours inestimable. Les problèmes de changes n'étaient pas moins importants. Il fallait jongler non seulement entre des espèces monétaires différentes, mais aussi avec un système qui distinguait les monnaies de comptes et les monnaies réelles. Les exemples de ces véritables casse-tête abondent dans le *Liber Abaci*. En Occident, la monnaie de compte était la livre, qui se divisait en 20 sous, chaque sous valant 12 deniers. Dans le Maghreb almohade, on comptait en besants, chaque besant valant 10 *millares*. Mais concrètement les opérations se faisaient en dinars d'or ou en dirhams d'argent, dont la valeur varia au gré des réformes monétaires almohades.



Une arithmétique « allégorique » arbitre la rivalité entre un tenant des chiffres et un adepte du calcul au moyen de jetons.

La méthode appliquée aux opérations commerciales et de navigation relève pour l'essentiel de la règle de trois. Simples au débuts, les problèmes deviennent plus complexe au fur et à mesure que l'on avance, en raison de la grande diversité des conditions de commerce en Méditerranée, mais aussi plus simplement des opérations à réaliser. Celles-ci nécessitaient souvent d'avoir recours à des fractions, qui occupent une partie importante de l'ouvrage. On comprend alors le progrès qu'a pu représenter l'arithmétique telle qu'elle est formulée par Fibonacci.

Conclusion

Le *Liber Abaci* est donc plus qu'un traité de mathématiques. Il est le reflet d'un monde en pleine phase de décloisonnement, non seulement intellectuel, mais aussi humain et économique. Cette ouverture à une économie-monde balbutiante met en contact des espaces aux habitudes différentes, que l'on ne cherche jamais à unifier, mais auxquelles les marchands doivent s'adapter. Béjaïa avait sans conteste représenté pour le jeune Léonardo, avant qu'il n'entreprenne son long périple autour de la Méditerranée, un théâtre de cette activité intense d'échanges. Il avait pu se rendre compte des difficultés qu'engendraient les opérations de changes, de troc, de pesage, de charge de navire, mais aussi de calculs et de répartitions des bénéfices. Il a surtout été le témoin d'un changement d'échelle dans les échanges commerciaux. Il fallait pouvoir gérer des opérations complexes, mettant en œuvre des capitaux importants. Il fallait pouvoir prévoir l'arrivée des navires, le temps mis par les marchandises pour parvenir à destination. Il fallait, encore, être en mesure de comparer les avantages de tels ou tels marchés.

De tout cela, le *Liber Abaci* est le reflet. Mais les connaissances qu'il apporte sont aussi l'instrument qui permet par la suite à ces échanges de se multiplier, de rendre plus faciles ces contacts entre mondes en apparence si différents. Ces besoins, encore limités à la fin du XII^e siècle, ne font que croître par la suite. Il n'est pas surprenant dès lors que lorsqu'à la fin du XIII^e et au début du XIV^e siècle les affaires atteignent un niveau de complexité considérable, le savoir mathématique de Fibonacci est intégré progressivement par les milieux marchands.

Dominique VALERIAN et Djamil AÏSSANI
Université Sorbonne, Panthéon – Paris
et Association GEHIMAB – LAMOS Béjaia

Références

[1] Abu Kamil, *Kitab al-Jabr wa l-Muqabala*. Francfort : Institut für Geschichte der arabisch – islamischen Wissenschaften, 1986 [reproduction de l'unique manuscrit arabe].

[2] D. Aïssani, *Bougie à l'époque médiévale : les mathématiques au sein du mouvement intellectuel,* IREM de Rouen Ed. (France), Rouen 1993.

[3] D. Aïssani et al., *Bougie médiévale : Centre de Transmission Méditerranéen*. In « History and Epistemology in Mathematics Education », IREM de Montpellier, Montpellier 1993, 499–506.

[4] D. Aïssani et al., *The Mathematics in the Médiéval Bougie and Fibonacci* . in « Leonardo Fibonacci : il Tempo, le opere, l'eredità scientifica », Pacini Editore (IBM Italia), Pisa 1994, 67–82.

[5] D. Aïssani, *Centri del Sapere Magrebino ed il Loro Rapporti con l'Occidente Cristiano*. in «Natura, Scienza e Società nel Mediterraneo», Unesco Editore, Cosenza (Italia) 1999.

[6] D. Aïssani et D. Valerian, *Mathématiques, Commerce et Société à Béjaïa (Bugia) au moment du séjour de Leonardo Fibonacci*. International Journal "Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche, Vol. XXIII, Fas. 2, 2003, pp. 09–31.

[7] A. Allard, *Les sources arithmétiques et le calcul indien dans le Liber Abbaci*, in « Leonardo Fibonacci : il Tempo, le opere, l'eredità scientifica », Pacini Editore (IBM Italia), Pisa 1994, 83–96.

[8] F. Sevillano Colomb, *Un manuel mallorquin de Mercaderia medieval*, AEM, 9, 1974–1979.

[9] R. Delors, *Le commerce des fourrures en Occident vers la fin du Moyen Âge*, Rome 1975.

[10] A. Djebbar, *Les transactions dans les mathématiques arabes : classification, résolution et circulation*. Actes du Colloque « Commerce et Mathématiques du Moyen âge à la Renaissance, autour de la Méditerranée ». Editions CIHSO, Toulouse 2001, 327-44.

[11] L. de Pise, *Scritti*, édités par B. Boncompagni, Tipografia delle scienze matematiche e fisiche, Rome 1857–1862.

[12] E. Giusti, *Matematica e commercio nel Liber Abaci*, in "Un ponte nel Mediterraneo", Pedizioni Polistampa Ed., Pisa 2002, 59 – 120.

[13] al-Khawarizmi, *Kitab al-Mukhtasar fi al-Hisab al-Jabr wa-l-Muqabala* [Le livre abrégé sur le calcul par la restauration et la comparaison], A.M. Mashrafa et M.M. Ahmad (édit), Le Caire 1968.

[14] F. Balducci Pegolitti, *La Practica della mercatura*, éd. Allan Evans, Cambridge, Mass., 1936, XV – XXVII.

[15] E. Picutti, *Leonardo Da Pisa e il suo Liber Abaci,* in « Béjaïa et sa Région à Travers les Âges (Histoire, Société, Sciences, Culture) », Actes du Colloque International, Béjaïa 1997, 282–287 (à paraître aux éditions Publisud).

[16] R. Rashed, *Le développement des sciences mathématiques : aspects théoriques et applicatifs*, in «Natura, Scienza e Società nel Mediterraneo», Unesco Editore, Cosenza (Italia), 1999.

[17] J. Sésiano, *L'algèbre de Léonardo de Pise et son influence dans l'Europe Médiévale*. in « Béjaïa et sa Région à Travers les Âges (Histoire, Société, Sciences, Culture) », Actes du Colloque International, Béjaïa, Novembre 1997, 282-287 (à paraître aux éditions Publisud).

[18] *Commerce et Mathématiques du Moyen âge à la renaissance, autour de la Méditerranée*. Editions CIHSO, Toulouse 2001.

MÉDECINE, BOTANIQUE ET PHARMACOPÉE AU MAGHREB

Plusieurs événements célèbres témoignent du rôle éminent joué par plusieurs villes du Maghreb en tant que centre d'influence et d'échanges dans le domaine de la médecine et de ses disciplines annexes. C'est le cas par exemple de Kairouan avec Ibn al-Djazzar (X^e^ siècle), Marrakech avec Ibn Rushd (XII^e^ siècle) ou bien Bougie avec Ibn Andras (XIII^e^ siècle).

Cet article analyse les sources bio-bibliographiques et présente une synthèse des témoignages connus sur les activités médicales au Maghreb. Nous nous penchons sur le cas de Bougie, de l'époque médiévale au XIX^e^ siècle. Nous tentons de cerner le niveau atteint en médecine, en botanique et en pharmacopée. En particulier, nous mettons en évidence des noms sur lesquels ne s'est pas encore focalisée l'attention des spécialistes de l'histoire des sciences et proposons un certain nombre de pistes de réflexion et de travail qui permettront de mieux cerner le contenu des disciplines étudiées et pratiquées.

La médecine savante des Pays de l'Islam

La civilisation des Pays de l'islam a prédominé du VII^e^ au XV^e^ siècle sur une aire géographique allant de l'Inde à l'Espagne et comprenant tout le nord de l'Afrique et la Sicile. Le développement des activités scientifiques s'appuiera sur de multiples traductions. Les traités traduits appartiennent à quatre traditions : deux essentielles, la grecque et l'indienne, deux de moindre importance, la persane et la babylonienne.

La médecine savante des Pays de l'Islam a puisé essentiellement dans l'héritage de Galien et d'Hippocrate, même si certains apports persans et indiens ne sont pas à négliger. Par son enseignement, par sa production et par le statut de ses promoteurs, elle s'est rapidement distinguée de la médecine traditionnelle, qui a continué à avoir cour dans les couches moins favorisées de la Société. Sans attendre la fin de la période de traduction, une nouvelle génération de médecins, s'exprimant en arabe, s'installe aux côtés des praticiens persans et syriaques qui tenaient alors le haut du pavé.

A Mahdiya, le célèbre médecin Abu al-Salt Umayya (XII^e^ siècle) commente le *Kitab al-Qanun* d'Ibn Sina

Dans la classification grecque, la médecine faisait partie de la Physique. À la période musulmane, cette dernière verra la dissociation de la médecine et de ses différentes branches (anatomie, physiologie, pharmacopée), la botanique, l'alchimie…

Rédigé entre 1012 et 1024, successivement à Jurjan, Rayy et Hamadan, le *Qanun fi at-Tib* est l'œuvre médicale la plus importante d'Ibn Sina (980 – 1037). Dans sa préface, il déclare avoir voulu écrire un livre qui contient *al-Qawanin* (les *Canons*, c'est-à-dire, les « règles »), à la fois générales et particulières, du savoir médical. Par la suite, ses successeurs y ont vu non pas un ensemble ordonné de *Qanun* (règles), mais « *le Qanun de la médecine* », en raison de sa portée générale et de sa valeur de référence sur tous les sujets.

Le *Qanun* comporte cinq livres, traitant successivement des généralités de la médecine, des médicaments simples, des maladies affectant une partie spécifique du corps, des maladies affectant l'ensemble du corps et de la chirurgie, enfin des médicaments composés (drogues et pharmacologie).

Vaste, complexe et difficile d'accès, le Canon connaitra des débuts discrets dans les universités européennes. Avec le temps, il finira néanmoins par se retrouver au centre de tous les débats et de l'enseignement en Occident. S'y ajouteront certaines œuvres de Rhazès et plus tardivement le *Kitab al Kulliyat* (Généralités sur la médecine), qui représente l'art médical d'Ibn Rushd – Averroès (Cordoue 1126–Marrakech 1198).

Début de la médecine au Maghreb : L'École de Kairouan

C'est au X^e^ siècle que s'est développée à Kairouan une grande école de médecine. Trois grands médecins s'y illustrèrent :

– Ishaq Ibn 'Imrane, originaire de Baghdad ;

– Ishaq Ibn Sulaïman (originaire d'Égypte, mort en 955), oculiste et diététicien, il était un disciple du précédent et contemporain de Ghazès ;

– Ibn al-Djezzar (mort en 1004) est un disciple d'Ibn Sulaïman. Philanthrope, il menait une vie austère. Il soignait non seulement les grands et les riches, mais aussi les déshérités pour lesquels il composa même son *Kitab Tib al-Fuqara* (Médecine des pauvres). Ses livres les plus connus sont *Zad al-Musafir* (le viatique du voyageur) et *al-I'timad fi al-Adwiyya al-Mufrada*, livre de matière médicale. Le premier de ces deux livres est un ouvrage de médecine pratique et offre une description des maladies énumérées de la tête aux extrémités. Le second décrit 280 drogues simples classées selon leur degré de qualité.

Précisons ici que se sont ces écrits médicaux que le médecin et commerçant Constantin l'Africain (Carthage 1005–Mont Cassin 1087) transmit à l'école italienne de Salerne dans sa traduction latine. Ces éléments de la médecine musulmane vont rapidement faire autorité dans les nouvelles universités européennes. À titre d'exemple, l'école de médecine de Montpellier est attestée dès le milieu du XII^e^ siècle. Le traducteur Ibn Tibbon a joué un rôle important dans cette ville au XIII^e^ siècle.

Ibn Budukh à la *Qal'a* des Béni Hammad

Après la ruine de Kairouan par les tribus des Beni Hillal au milieu du XI^e^ siècle, l'élite savante de cette ville va émigrer, en partie vers Mahdiya (la nouvelle capitale du Royaume Ziride) et vers la *Qal'a* des Beni Hammad (première capitale du Royaume des Hammadites, près de M'sila). C'est justement à Mahdiya que travailla le célèbre médecin Abu l'Salt Umayya (1068-1134). Il a rédigé un traité des médicaments simples, qui a été cité une vingtaine de fois par le botaniste Ibn al-Baytar.

La *Qal'a* des Beni Hammad a été l'une des premières villes du Maghreb central dont le dynamisme scientifique est reconnu, sans pour autant avoir été cerné avec précision. Cependant, les liens avec l'école de Kairouan sont symbolisés par le précurseur Ibn Nahwi (1042–1119). On peut avoir une idée du niveau atteint en médecine en analysant les éléments connus sur Ibn al-Budhukh al-Qal'i (m. 1181). Ce médecin était assidu à la lecture et à la critique des livres de médecine. Il était, semble-t-il, fortement influencé par les écrits du très célèbre médecin grec Hippocrate (-460 / -377). Parmi les ouvrages qu'il a composés, on peut citer les commentaires explicatifs des livres *al-Fusul* et *Taqdimat al-Ma'rifa* d'Hippocrate. Citons également ses annotations sur le *Qanun* d'Ibn Sina.

Après la pression des Beni Hillal sur la *Qal'a*, l'élite savante de cette cité va émigrer à Bougie.

Ibn Rushd à Marrakech, Maïmonide à Fès

C'est en 1153 que va arriver à Marrakech le célèbre philosophe andalou Ibn Rushd (Averroès). Il occupa la fonction de médecin auprès de la Cour Almohade. Il semble que se soit sous l'impulsion du vizir du sultan Almohade qu'il initiera son fameux commentaire d'Aristote. Rappelons qu'en médecine, il nous légua comme ouvrage le *Colliget (Kulliyet)* qui répond au *Qanun* d'Ibn Sina avec une description pour chaque maladie. Il y traite de l'anatomie, de la physiologie, de la symptomatologie, de la thérapie et des médicaments.

Comme en philosophie, la pensée d'Averroès va provoquer quelques remous dans le domaine de la médecine. Le *Kulliyat*, traduit en latin en 1255 et 1285, donne en effet des interprétations originales de certaines questions, par exemple, de la fièvre. Si cette dernière est pour Ibn Sina le fruit d'une chaleur extérieure et malsaine, Averroès y voit pour sa part la conséquence d'un mélange de chaleur naturelle et d'une chaleur étrangère envoyée par le cœur. Ces questions seront discutées jusqu'au XVII^e^ siècle.

Ibn Nahwi et le milieu scientifique de la *Qal'a* des Beni Hammad à la fin du XIe siècle.

Par ailleurs, c'est à Fès que le médecin juif Maïmonide va acquérir l'essentiel de sa formation mathématique, avant de se rendre en Orient. Il était l'un des hommes les plus éminents de son époque. Certes, comme médecin, c'est plutôt un érudit qu'un praticien. Cependant, ses ouvrages, compilation méthodique des écrits grecs contribuèrent au progrès de l'art. Il nous légua un traité de diététique, un traité sur l'asthme, un traité sur les hémorroïdes ainsi qu'un traité sur les poisons.

La Médecine à Béjaïa

L'analyse des sources bio-bibliographiques permet d'avoir une idée précise des activités médicales à Béjaia à l'époque médiévale (Xe – XVe siècle). Ainsi, selon, R. Brunschvig, la doctrine médicale de ce temps attachait une grande importance aux éléments physiques fondamentaux et aux propriétés des aliments. Elle avait élaboré une diététique savante, mais fondée sur la théorie plus que sur l'observation. Le diagnostic continuait souvent à s'établir par le procédé classique de l'uroscopie. La thérapeutique, tout en recourant volontiers à la petite chirurgie, faisait grand cas des simples et de toute la pharmacopée galénique. Mais surtout, il ne faut pas perdre de vue qu'à côté de la médecine, en quelque sorte officielle et à prétention scientifique héritée des Grecs et perfectionnée sous l'Islam, subsistait dans les campagnes plus encore qu'à la ville, une médecine populaire qui employait largement, elle aussi les simples, mais qui ne dédaignait pas – pour les hommes comme pour les bêtes – les procédés magiques les plus variés.

La médecine, mi-science mi-art, va continuer à être pratiqué bien après la décadence générale et brusque des activités scientifiques au XIVe siècle, à cause surtout de son utilité sociale et de son caractère pratique. Elle était cultivée par des *Ulémas* distingués. Des médecins d'une certaine notoriété se rencontraient dans l'entourage des princes et des vizirs. Certes, des témoignages indiquent une baisse du niveau au début du XIVe siècle, mais comme le souligne Robert Brunschvig, « *Quelques faibles qu'aient été, sous les Hafsides, les progrès de la médecine « arabe », il faut reconnaître que le stade auquel celle-ci était parvenue n'était pas dépassé encore en Europe. Vrai ou faux, le récit qui montre al-Mustansir sollicité d'envoyer un médecin au Roi de Sicile illustre même la supériorité qui subsistait au XIIIe siècle du côté musulman. L'Ifrikiya prolongeait de la sorte, dans la transmission de la pensée médiévale musulmane à l'Occident Chrétien, le rôle qu'elle avait déjà rempli, deux cents ans plus tôt, lorsque Constantin de Carthage était allé rénover l'école de Salerne par son enseignement* ».

Ibn Khaldun, qui avait été *Hadjeb* (premier ministre) à Béjaia vers 1365–1366, a consacré dans sa *Muqqadima*, un chapitre à la médecine : « *Cette science a pour objet le corps humain, sous le point de vue de la maladie et de la santé. Ceux qui la cultivent s'efforcent de préserver la santé et de guérir les maladies au moyen de remèdes et d'aliments ; mais ils doivent connaître auparavant les maladies particulières à chaque partie du corps, les causes de ces maladies et les remèdes qu'il convient d'employer pour chacune d'elles. Pour juger d'un remède, il faut en connaître la nature et les propriétés ; pour connaître une maladie, il faut en juger d'après les indices offerts par la couleur de la peau, par la surabondance des humeurs et par le battement du pouls, symptômes qui font reconnaître que la maladie est arrivée à sa maturité et qu'elle est susceptible ou non susceptible d'un traitement thérapeutique. Dans le traitement qu'on emploie alors, on tâche de seconder les forces de la nature ; car la nature préside aux deux états, celui de la santé et celui de la maladie ; aussi le médecin doit-il se borner à l'imiter et à la seconder dans une certaine mesure, en ayant égard à la nature de la maladie qu'il doit traiter, à la saison (de l'année) et à l'âge (du malade)* ».

Soulignons enfin qu'al-Gubrini a porté un jugement très critique sur la pratique de la médecine à Bougie à cette époque. Il affirme notamment « *La médecine est la discipline qui est la plus menacée de disparition dans notre pays, car elle est pratiquée par n'importe qui et quel que soit son statut* ».

Botanique et pharmacopée

À l'époque médiévale, la botanique était étroitement liée à la médecine et réduite *au* rôle pratique de pourvoyeuse de médicament. Plusieurs savants de Béjaia étaient versés dans cette discipline (voir au paragraphe VII). En particulier, les plus grands botanistes, géographes et pharmacologues du monde musulman ont séjourné et travaillé à Bougie. Nous présentons ici les informations connues relatives à al-Idrisi, Ibn Rumiya et Ibn al-Baytar.

a) Al-Idrisi et les plantes utiles en médecine du Gouraya

Le Maghreb a produit un homme qui s'est fait un grand nom dans la géographie, mais qui est aussi revendiqué par la médecine. Al-Idrissi (Ceuta 1100–1165), géographe du Roi normand Roger II de Sicile, est l'auteur de la fameuse "carte mondiale". Il s'est intéressé aux plantes médicinales. Il a rédigé le *Kitab al-Jami'li Sifat Ashtat al-Nabatat* (Livre rassemblant les descriptions fragmentaires des plantes).

Kitab al-Qanun d'Ibn Sina

Rappelons ici qu'al-Idrisi a énuméré les plantes « *utiles en médecine* » du Gouraya, telles que le bois de hadhadh, le scolopendre, el-barbaris, la grande centaurée, le rezavant, l'absinthe et autres espèces…

b) Les noms berbères des plantes du botaniste Ibn al-Rumiya

Ahmed b. Muhamed b. Abi al-Khalil Mofrig al-Umawi, connu sous le nom d'Ibn al-Rumiya *(Séville 1165 – 1239)* et surnommé *al-Aachab* (le botaniste). Il est né à Seville (Andalousie) en 561h./1165. Il a été le maître du célèbre botaniste Ibn al-Baytar (1197 – 1248).

En 1215, Ibn al-Rumiya entreprit un voyage de 3 ans en Orient, bien sûr pour accomplir le pèlerinage, mais également pour s'instruire davantage et inventorier la flore. Il débarque à Bougie. Selon Ibn al-Khatib, il aurait étudié le Hadith auprès de deux savants de la ville, Abu al-Hassan b. Nacer et Abu Muhamed b. Maki. Il aurait également sillonné l'entourage montagneux de Bougie. Ainsi, il cite au moins deux plantes qui poussent dans cette région :

– *al-Arjanqa*, connu par les teinturiers sous le nom d'*al-Arjiyqn*. Il semble qu'il s'agit de la *Centaurea acaulis*. Il affirme que cette plante était importée de Bougie, puis précise que les meilleurs spécimens proviennent de Sétif (qui à cette époque faisait partie du Royaume de Bougie).

– *Tamsawart* en langue berbère de Bougie. Certains utilisent le nom de « *Kamun de la montagne* ».

Dans sa célèbre *Rihla* (le périple), Ibn al-Rumiya aurait classé les noms des plantes suivant un ordre alphabétique (Encyclopédie Alphabétique). Cet ouvrage est considéré comme perdu, cependant Ibn al-Baytar reprend quelques passages dans son célèbre « *al-Djami'* » (le recueil).

c) Ibn al-Baytar et les remèdes à base de plantes de la région de Béjaia

Traité *al-Iktifa‘ fi Tib as Shifâ’* du botaniste andalou Ibn al-Baytar.Il contient une traduction des noms des plantes en langue berbère. Ms MS n°1.

Abu Muhamed Abd Allah Ibn Ahmed Dia Eddine al-Andalusi al-Malaqi, est connu sous le nom d’Ibn al-Baytar (1197–1248) ou d’*al-Aachab* (le botaniste). Il est le plus grand botaniste du monde musulman. Natif de Malaga (Andalousie), il émigra en Orient vers 1220 après avoir traversé l’Afrique du Nord (et notamment après avoir identifié des plantes dans la région de Béjaia).

Dans son traité *al-Jami*’, Ibn al-Baytar décrit en détail la plante « *Al-Aatiriylaal »,* qui signifierait en berbère « l’homme volant ». Il précise qu’elle était utilisée avec succès par les Béni Abi Chu’ayib des Béni Wadjhan des environs de Béjaïa pour se soigner de la « *vitiligo* » (dépigmentation par plaques de la peau). Ces derniers ont gardé la recette de leurs remèdes secrets (de père en fils) jusqu’au jour où elle fut diffusée par des hommes qui en ont pris connaissance.

Lucien Leclerc, qui a traduit le traité d’Ibn al-Baytar (cf. *Traité des simples d’Ibn al-Baytar*, Paris, 1877) assure qu’il s’agit de la « *Ptychotis verticillata* » de la famille des Ombellifères. Certains nomment cette plante « *Ammoides vertillata* ». La présence de cette dernière en Algérie a été confirmée en 1962 (cf. le livre *Nouvelle Flore de l’Algérie et des Régions Désertiques Méridionales* de P. Quezel et S. Santa).

Toujours dans *«al-Jami’», Ibn al-Baytar cite* une autre plante, déjà mentionnée par son maître Ibn Rumiya, al-Arjanqa. Cette plante était connue chez les teinturiers sous le nom de *al-Arjiyqn*. Il précise qu’elle était importée de Béjaia.

Dans son ouvrage « *Histoire de la Médecine arabe* », Leclerc précise qu’Ibn al-Baytar a séjourné à Bougie vers 1226. Ceci est confirmé dans son ouvrage « *Kitab al-Mughni fi Adwiya al-Mufrada* », lorsqu’il évoque la plante « Clématite » (*adh-Dhayane* ou *Yasmine al-Ber* – plante grimpante, souvent parasite, de la famille des renonculacées).

d) Ibn Razin et la Gastronomie

Ibn Razin at-Tujibi (1227-1293) est un éminent historien et homme de lettres natif de Murcie. En 1251 il s’installa à Bougie. À une date indéterminée, il se rend à Tunis où il meurt en 1293. Ibn Razin a composé un ouvrage de cuisine considéré comme l’un des deux livres de recettes de l’Occident Musulman qui nous sont parvenus de l’époque médiévale. Ce livre est d’une grande importance car il nous renseigne des usages gastronomiques des élites de la société de l’époque.

Décompte et analyse des sources bio-bibliographiques

L'analyse des sources bio-bibliographiques disponibles concernant Bougie permet de tirer des conclusions intéressantes. On voit ainsi que la théorie comme la pratique ne paraissent pas marquer de progrès sensibles sur le fameux Qanun d'Ibn Sina (*auquel on se référait avec confiance et respect*) et le *Kulliyat* d'Ibn Rushd.

– Le décompte des savants versés en médecine dans le traité bio-bibliographique d'al-Gubrini donne une idée de la proportion des médecins : sur les 108 Ulémas cités, seuls cinq d'entre eux sont versés en médecine.

– Le décompte sur l'ensemble des sources exploitées donne un chiffre de 27 savants versés dans la médecine : 01 pour le XII^e^ siècle, 17 pour le XIII^e^ siècle, 7 pour le XIV^e^ siècle et 3 pour le XV^e^ siècle.

– Nous avons également des informations sur la région d'origine des savants, ou bien sur les régions ou ils se sont installés après Béjaia : deux sont originaires de la Qal'a des Béni Hammad, deux sont venus d'Orient (Irak, Iran), alors que quatre ont terminé leurs carrières en Orient (Damas, Le Caire). un bougiote s'est installé aux Indes, trois ont un rapport direct avec l'Ifrikiya, alors que deux se sont installés au Maroc. Plusieurs médecins sont originaires d'Algérie (trois de Grande Kabylie, un de Méliana…). Enfin, une dizaine ont des rapports avec l'Andalousie (sont originaires, ou bien s'y sont installés).

– La plupart des médecins cités sont concernés par la pratique de la médecine et les soins aux malades.

– Une dizaine de médecins sont concernés par l'enseignement (notamment, à travers les ouvrages d'Ibn Sina), alors qu'une dizaine sont concernés par la production (rédaction d'ouvrages, de commentaires, ou bien d'abrégés).

– Un des *Ulémas* cités est versé dans la gastronomie. Il a rédigé un traité de cuisine.

Pratique de la médecine et soin aux malades

La plupart des 27 médecins répertoriés pratiquaient la médecine et soignaient les malades. Il est intéressant de revenir sur les termes utilisés par les sources bio-bibliographiques pour avoir des précisions : Abu Abd Allah (XIII^e^ siècle) et Ibn al-Nabash (XIII^e^ siècle) avaient des connaissances en médecine et soignaient les malades. Ibn Zaytun (1224 – 1292) et Al-Tamimy (XIII^e^ siècle) cultivaient la médecine

Quant au médecin de Grenade Aba Tamam (m. 1340), il avait émigré dès son jeune âge au Caire ou il avait appris à soigner les malades à la manière des Orientaux. Il s'installa par la suite à Bougie comme guérisseur après une *Munadhara* (entretien). Plus tard, de retour dans sa patrie, il sera nommé chef des médecins. D'un autre côté, le médecin de Bougie Abu Ishaq Ibrahim al-Dani pratiquait très soigneusement son métier. Il s'était rendu à Algésiras (Andalousie) où il fût chargé de l'hôpital de cette ville. Ses fils lui succédèrent dans ses fonctions.

Certains médecins sont venus d'Orient, ou bien se sont installés en Orient. C'est le cas du médecin d'Ispahan Abu al-Abbas (XIII^e^ siècle), qui s'était installé quelque temps à Bougie (avant d'aller terminer sa carrière au Maroc), ou bien de Taki ad-Din, qui était venu de Mossoul à Bougie après avoir parcouru le pays des Mages, la Tartarie et le Soudan, puis s'en fut mourir au Maroc. Il se fit un nom par ses grandes connaissances en médecine et son habileté comme praticien. Il fut admis comme médecin auprès des Sultan Gayat al-Din et son fils Azz al-Din.

Pour sa part, Ibn al-Budhukh al-Qal'i (m. 1181) était très instruit dans la connaissance des médicaments simples et composés, ainsi que dans les maladies et dans leurs traitements. Il s'était installé à Damas, là où il avait une sorte de pharmacie pour vendre les médicaments et pratiquer les soins aux malades. Abu al-Fadhl Al-Mashdali (1419-1460) était par son savoir en médecine unique en son temps et s'était distingué en tant que praticien. Ainsi, en 1449, lorsque le très célèbre savant Ibn Hijr al-'Assqalani (1372-1449) tomba malade, avec des difficultés de respiration, on le pria de venir le diagnostiquer et le soigner.

Terminons par une information essentielle donnée par le célèbre voyageur Ibn Battuta. Ce dernier, qui était tombé malade en 1325 lors de son fameux périple, affirme avoir rencontré aux Indes un médecin natif de Bougie et qui était connu sous le nom de Jamal al-Din al-Magribi.

VII - L'enseignement de la médecine

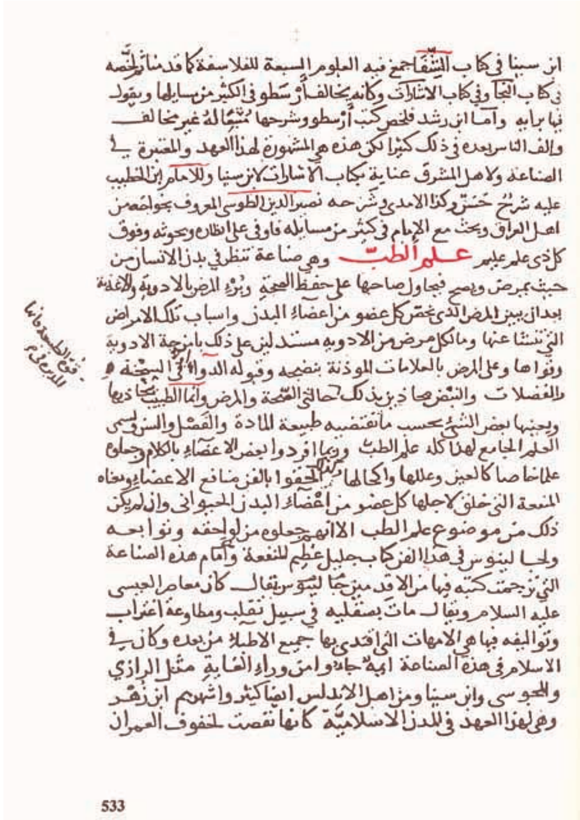
Les sources disponibles donnent également des informations précises concernent la démarche et les méthodes d'enseignement, ainsi que les ouvrages utilisés, parmi lesquels, des abrégés du *Qanun* d'Ibn Sina, à savoir, le *Kitab al-Najat,* le « *Kitab al-Icharat wa al-Tanbihat* » et le *Kitab al-Shifa*. Selon Ibn Khaldun, le *Kitab al-Shifa* est un ouvrage encyclopédique d'Ibn Sina, qui contient l'exposition complète des sept sciences philosophiques [la logique, l'arithmétique et la géométrie, l'astronomie (qui comprenait les tables astronomiques et l'astrologie judiciaire), la musique, la physique (d'où dérive la médecine) et enfin la métaphysique]. Selon Abi Usaybi'a, cet ouvrage comprenait 18 volumes. D'un autre côté, le livre « *Kitab al-Icharat wa al-Tanbihat* » (Les indications et les recommandations) concerne non seulement les sciences naturelles, mais également la théologie, le soufisme et la morale.

Ainsi, le célèbre médecin andalou Ibn Andras (mort en 1276) s'était installé à Béjaïa vers 660h./1260 où il s'adonna à l'enseignement de la médecine (*Urdjuza* d'Ibn Sina, *Kulliyat* de son *Qanun*). Des étudiants renommés assistaient à ses cours ou sont exposées des nouvelles recherches, inexistantes dans des ouvrages. Le célèbre biographe de Béjaïa al-Gubrini (mort en 1304) affirme qu'« il a assisté à ses cours ». Par ailleurs, aš-Šatibī (mort en 1291), savant médecin, bon commentateur des problèmes posés par le *Qānūn* d'Ibn-Sīnā, avait reçu une excellente formation à Béjaïa.

Toujours selon al-Gubrini, le médecin al-Hirrali (m. 1241) enseignait le *Kitab al-Najat* (Le Livre de la délivrance) d'Ibn Sina, en démêlant tous ses nœuds et cela après avoir illustré ce qui est convenable au sein du livre lui-même et après avoir porté un jugement critique. Son ami intime Ibn 'Imrane (mort en 1271) avait enseigné à quelques personnalités de Béjaia (dont al-Gubrini), le livre « *Kitab al-Isharat wa at-Tanbihat* ». Ce même traité faisait l'objet de l'enseignement à Béjaia d'Al-Malqi (m. 1262), « *du début jusqu'à la fin, et cela, dans sa propre maison* ». Quant à Abu Abd Allah al-Bija'i, il enseignait à Bougie le livre *Kitab al-Shifa* d'Ibn Sina (et même à son maître al-Abadi).

Selon Ibn Khaldun (dans les Prolégomènes), Ibn Zaytun (1224–1292) quitta l'Ifriqiya et s'était rendu en Orient, il y rencontra les élèves de l'Imam Ibn al-Khatib (1150–1210), connu sous le nom de Fakhr al-Din al-Razi (Rhazès) et s'instruisit auprès d'eux. Ayant étudié leur manière d'enseigner et acquis une grande habileté dans les sciences intellectuelles et traditionnelles, il rapporta à Tunis un vaste fonds de connaissances et un excellent système d'enseignement. Parmi les élèves d'Ibn Zaytun (1224-1292), Ibn Andras (mort en 1326), probablement fils du célèbre médecin (mort en 1276). Ibn al-Khatib, affirme qu'on venait de partout apprendre la médecine sous sa direction.

Enfin, nous avons des informations sur les relations maître-élève : Le médecin Lissan al-Din Ibn al-Khatib (1313-1374) fut l'élève de l'éminent médecin Abu Zakariya Yahya Ibn Hudhayl (m. 1352), lui-même élève d'Ibn al-Raqqam. En venant à Bougie, Ibn al-Khatib a eu la chance de rencontrer de nombreux savant, tel qu'ibn Al Mussfir. Quant à Abu al-Fadhl Al-Mashdali (1419-1460), il avait enseigné la médecine en Orient (Damas, Le Caire)



« Béjaia où je deviens Hadjeb avec une autorité absolue »
Ibn Khaldoun – *Ta'rif.* (ci–dessus, le *Mirhab*).
Ici, le chapitre sur la Médecine de la *Muqqadima*

Production dans le domaine de la médecine

Dans ce domaine, les sources disponibles donnent également des informations : al-Qal'i (m. 673h./1274) écrivit sur la médecine, alors qu'al-Malqi (m. 1262) « *aurait apporté sa contribution au développement de la médecine* ». Selon Leclerc et al-Zarkali, Aba Tamam (m. 1340) aurait rédigé une multitude d'ouvrages en médecine. Dans le calepin de Cheikh Lmuhub, nous avons identifié le titre, *Ibn Sab'in fi al-Tib*.

Parfois, nous avons des précisions. C'est le cas du médecin Ibn al-Budhukh al-Qal'i (m. 1181). Il était assidu à la lecture et à la critique des livres de médecine. Il était, semble-t-il, très influencé par les écrits du très célèbre médecin grec Hippocrate (-460/ -377). Parmi les ouvrages qu'il a composés, on peut citer les *Sharh* (Commentaires explicatifs) des livres *al-Fusul* et *Taqdimat al-Ma'rifa* d'Hippocrate.

Ibn Andras et al-Gubrini

Originaire de Murcie, le célèbre médecin andalou des princes de Bougie, al-Umawi, plus connu sous le nom d'Ibn Andras est mort en 674h./1276. A Béjaia vers

Livre de botanique et de pharmacopée du célèbre savant algérois Ibn Hamadouche (XVIIIe siècle)

Traité sur le peste qui sévit en Andalousie en 1348 composé par Ibn al-Khatib.

1260, il s'adonna à la recherche en médecine, y enseigna la langue (*Qanun* d'Abu Mussa al-Jazuli) et la médecine (*Urdjuza* d'Ibn Sina, *Kulliyat* de son *Qanun*). Il avait écrit une *Urdjuza* (poème didactique) sur les simples (médicaments à base de plantes) mentionnés dans le Q*anun* d'Ibn Sina. Ce témoignage nous parvient de l'un de ses élèves les plus célèbres. Il s'agit tout simplement du bio-bibliographe de Béjaïa al-Gubrini Ce dernier était principalement versé en Fiqh, Hadith, Tefsir, Mantiq et en langue arabe. Cependant, il avait également des connaissances étendues dans d'autres disciplines. Il confirme qu'il a étudié la médecine auprès d'Ibn Andras.

Al-Gubrini a analysé la méthode de travail d'Ibn Andras en tant que médecin. Ainsi, il semblera qu'il ne faisait un diagnostic qu'après avoir pris tout son temps et après avoir analysé tous les éléments. Il deviendra plus tard l'un des médecins particuliers du Grand Sultan de Tunis al-Mustansir.

Le célèbre biographe de Béjaïa al-Gubrini (mort en 1304) affirme qu'« *il a assisté à ses cours* ». Il a notamment étudié sous sa direction l'un des chapitres de l'*Urdjuza* d'Ibn Sina (étude détaillée du traité, ainsi que le *Kulliyat* de son *Qanun*). Des étudiants renommés assistaient à ses cours où sont exposées des nouvelles recherches, inexistantes dans des ouvrages.

Ibn Andras avait un traité sur les médicaments qu'il a complété pendant son séjour à Béjaia. En effet, il avait même commencé à recenser certains simples « *hors catalogue* ». al-Gubrini affirme qu'Ibn Andras l'avait chargé en tant qu'assistant de faire un classement de certains médicaments. Il ajoute « *je lui en ai composé certains. J'ignore s'il a achevé ce catalogue* ».

Ibn Raqqam, Ibn Khatib et l'Andalousie

Le célèbre bio-bibliographe et médecin andalou Ibn al-Khatib (1313–1375) précise dans son *Ihata* que le célèbre andalou Ibn al-Raqqam (mort en 1315), qui avait établi à Bougie en 1280 ses *Zij* (tables astronomiques) et initié son *Kitab fi al-Filaha*, était également versé en médecine. Il a notamment composé le *Kitab Khulasat al-Ikhtisar* (ou *al-Ikhtisas*) *fi Ma'rifat al-Quwa wa al-Khawas* (Livre du résumé sur la connaissance des facultés et des propriétés) ;

Auteur prolifique, Ibn al-Khatib est un éminent historien et homme de lettres de Grenade, qui s'est distingué également en médecine. Il fut l'élève de l'éminent médecin Abu Zakariya Yahya Ibn Hudhayl (m. 1352), lui-même élève d'Ibn al-Raqqam. En venant à Bougie, Ibn al-Khatib a eu la chance de rencontrer de nombreux savant, tel que Ibn al-Mussafir.

C'est l'orientaliste Lucien Leclerc qui nous fournit la liste des ouvrages la plus complète des ouvrages composés par Ibn al-Khatib en médecine. Parmi eux, citons « *le Traité de la médecine à ceux qui l'aiment* » : ce dernier ouvrage, composé en 1359, se divise en deux parties. La première concerne la pathologie générale et spéciale. Quant à la deuxième, elle concerne les fièvres, la chirurgie, la cosmétique, les aphrodisiaques et ce qui a trait aux fonctions génitales et à l'enfance. Le dernier chapitre de cet ouvrage s'occupe des questions délicates de la médecine, des choses défendues par la loi et celle que la pudeur ne permet guère de traiter librement. En somme, selon Leclerc, cet ouvrage accuse un bon esprit et des connaissances étendues.

Place d'Ibn Sina dans la médecine savante à Béjaia

De ce qui précède, on peut bien cerner l'importance de l'œuvre d'Ibn Sina : Ibn al-Budhukh al-Qal'i (m. 1181) est l'auteur d'une annotation sur le canon d'Avicenne, alors qu'Ibn Andras (m. 1276) enseigna à Bougie la médecine (*Urdjuza* d'Ibn Sina, *Kulliyat* de son *Qanun*). Il avait écrit une *Urguza* (poème didactique) sur les simples (médicaments à base de plantes) mentionnées dans le Q*anun* d'Ibn Sina. Al-Gubrini (mort en 1304), affirme justement qu'il a étudié sous la direction d'Ibn Andras l'un des chapitres de l'Urdjuza d'Ibn Sina (étude détaillé du traité, ainsi que le Kulliyat de son Qanun). Quant à aš-Šatibī, il était un bon commentateur des problèmes posés par le Qānūn d'Ibn-Sīnā.

D'un autre côté, Al-Hirrali (m. 1241) enseignait l'ouvrage d'Ibn Sina, *Kitab al-Najat* (Le Livre de la délivrance), en démêlant tous ses nœuds et cela après avoir illustré ce qui est convenable au sein du livre lui-même et après avoir porté un jugement critique. Son ami intime, Ibn 'Imrane (mort en 1271) enseignait le «*Kitab al-Icharat wa al-Tanbihat* » à quelques personnalités de Béjaia (parmi lesquelles al-Gubrini).Ce même traité était enseigné par le médecin al-Malqi (m. 1262), «*du début jusqu'à la fin, et cela, dans sa propre maison* ». Quant à Abu Zayd, le meilleurs des *Rijz* (poème didactique) qu'il aurait rédigé est celui de la médecine "*Rijz Ibn Sina*".

Enfin, Ibn Haydur (m. 1413) a rédigé un commentaire explicatif du poème d'Ibn Sina, alors qu'Ibn al-Raqqam (m. 1315) aurait rédigé un autre ouvrage, *Kitabat al-Kabir* (Écriture du Grand), à la manière du *Kitab al-Chifa* d'Ibn Sina. Enfin, Abu Abd Allah al-Bija'i (XV^e siècle) enseigna à Bougie le livre *Kitab al-Shifa* d'Ibn Sina (et même à son maître al-Abadi).

À propos des Hôpitaux

C'est sous le règne de Harun al-Rashid (786-809) qu'a été créé, à Bagdad, le premier hôpital. Au Maghreb, le premier grand hôpital fut fondé à Marrakech par l'Almohade Ya'qūb al-Mansūr (1160-1199), mais il a disparu sans laisser de traces. Quant à l'hôpital de Grenade, il a été construit par le nasride Muhammad V en 1367.

Le plan général du *Bimaristan* comprenait les pièces de service, la pharmacie, les magasins, les cuisines, le hammam et les latrines. Parmi les annexes, il y avait également un dispensaire et un asile d'aliénés. Ces hôpitaux, affirme Gustave Le Bon dans son livre *Civilisation des Arabes*, paraissent avoir été construits dans des conditions hygiéniques fort supérieures à celles des établissements européens du XIX^e siècle. Ils étaient très vastes, et l'air et l'eau y circulaient avec abondance.

Mandhumat fi Tib, Ahmad b Salah. Abû' L-'Abbâs al-Aktawi ad-Dar'i (m. 1734). – Ms. N° MSN 13

Au début du XVI^e siècle, le voyageur Léon l'Africain signale l'existence à Bougie de plusieurs hôpitaux (*Bimarisstan* ou *Marisstan* en arabe). Nous n'avons pas d'autres sources précisant la date de construction du premier hôpital à Bougie. Cependant, il est intéressant de souligner que c'est un médecin de Bougie, Abu Ishaq Ibrahim al-Dani (m. avant1224), qui fût chargé de l'un des premiers hôpitaux de l'occident musulman (voir paragraphe précédent).

La période de décadence

Après le XV^e siècle, commence la fameuse période de décadence. Le savoir dans le domaine de la botanique et de la médecine traditionnelle qui était à la disposition des érudits en Kabylie aux XVI^e – XVIII^e siècles n'a pas encore été cerné avec précision. Ces disciplines, mi-sciences mi-arts, faisaient parties des « sciences profanes », probablement « toujours combattues par l'orthodoxie ». Elles n'étaient cultivées que par quelques lettrés locaux, qui devaient, comme le soulignait déjà Ibn Khaldūn, « se dérober à la surveillance des docteurs ». Une analyse des sources disponibles montre que les ouvrages classiques de médecine, même très anciens comme le *Qānūn* d'Ibn Sīnā (Avicenne) et le *Kulliyāt fi at-Tibb* d'Ibn Rušd (Averroès), seront oubliés et on constatera une prolifération d'ouvrages de médecine traditionnelle.

Mandhumat fi Tib d'al-Aktawi ad-Dar'i (m. 1734)

Au XVIIIe siècle, un médecin marocain va se distinguer. Ahmad ben Salih ben Ibrahim al-Dir 'i al Aktawi (mort en 1148 h./ 1734) est l'auteur du "*Mandhumat fi 'Ilm al-Tib*". Une copie réalisée en 1195h/ 1781, figure dans *Afniq n'Ccix Lmuhub*.

Il s'agit d'un traité de Médecine en 28 pages, il commence par une introduction générale en insistant sur le fait que le médecin doit adapter le traitement d'une maladie en fonction du malade, de son âge, de ses humeurs, et du stade de la maladie, car dans certaines maladies, la prise en charge change d'heure en heure... Puis un passage rapide sur la classification des humeurs (chaud, froid...), et les étapes de la vie de la naissance jusqu'à la vieillesse. Ensuite, l'auteur donne des conseils pour vivre sainement, puis il commence son traité par donner une définition de certaines unités de mesure du poids (dirham...).

La première partie du corps humain traitée par l'auteur est la tête où il donne certaines thérapies pour la céphalée, la migraine les pellicules de la cuire chevelue, les poux, puis quelques moyens pour noircir les cheveux, les rendre plus longs et améliorer leur aspect. Un passage rapide sur l'amnésie et son traitement. Les douleurs des yeux, les moyens pour conserver la vision intacte, les troubles de vision, la vision floue, les larmes des yeux, l'utilisation d'*Alkuhl*.

Les manuscrits d'Afniq n'Ccix Lmuhub

La découverte en 1994 de la *Khizāna* (bibliothèque savante de manuscrits) de *Lmūhūb Ūlahbīb*, constituée au milieu du XIXe siècle dans le sud-est de la Kabylie, permet d'apporter des éléments de réponse sur la constitution d'un fonds d'ouvrages relatif à la médecine et la botanique et par la même, de tenter de cerner le savoir qui était à la disposition des lettrés locaux de l'époque dans ces domaines. En effet, le fonds de botanique et médecine traditionnelle de la Kh*izana* de Lmūhūb Ulahbïb occupe une place de choix dans la collection. Il a été exclusivement constitué par Lmūhūb au milieu du XIXe siècle, par « *l'achat, l'échange et la copie*». Certes, seuls 15 manuscrits sur les 475 ouvrages et textes de la collection ont un rapport avec ces disciplines. Cependant, l'analyse du mouvement des manuscrits

Le système de poids est l'une des particularités des manuscrits musulmans de pharmacopée. Ici. feuillet isolé d'Afniq n'Ccix Lmuhub.

prouve que se sont les traités de médecine et de science de la nature qui circulaient le plus. Parmi les auteurs de référence : Ibn Sïna (à travers l'abrégé d'as-Siqillï), al-' Ayasï et as-Suyuti pour la médecine, Ibn al-Baytar, al-Qazwini et al-Megagï pour les sciences de la nature. La plus ancienne copie identifiée date de 1781.

Alger : le cas d'Ibn Hamadouche

Dans sa *Rihla maghribiyya*, le botaniste Abderrazak Ibn Hamadouche El Djazairi (né en 1695) décrit son voyage d'études au Maroc (Tétouan, Meknès, Fès…). Il donne des détails sur les savants rencontrés, sur les observations réalisées et surtout sur les manuscrits scientifiques consultés, copiés ou bien rédigés (médecine, botanique, pharmacopée, astronomie…). De retour à Alger, il confectionne les reliures des manuscrits ramenés de son voyage dans son atelier (scriptorium).

Dès son jeune âge, Ibn Hamadouche sortait avec ses camarades et leur maître sur les hauteurs d'Alger pour cueillir des plantes médicinales, puis en étudier leurs propriétés. Au milieu du XVIIIe siècle, il rédigera son fameux traité *Kashf al-Rumuz*, où il mentionne plusieurs expressions locales, dont certaines sont empruntées au langage kabyle. Dans cet ouvrage, Ibn Hamadouche n'invoque ni l'autorité du religieux, ni l'utilisation des moyens divinatoires et superstitieux. Les médecins orientalistes français vont remarquer ses travaux scientifiques. C'est le cas du « *Kashf al-Rumuz* » qui sera traduit par Lucien Leclerc, puis étudié par Gabriel Colin, qui réalisera ce travail dans le cadre de sa thèse de doctorat en médecine (Montpellier, 1905). Les deux auteurs qualifièrent Ibn Hamadouche « *d'homme à la pensée originale et à l'optique moderne et rationaliste* ».

Topographie médicale à Bougie (1855)

La première thèse de Doctorat en Médecine relative à Béjaia a été soutenue à la Faculté de Médecine de Paris le 20 janvier 1855. Elle concerne un "*essai de topographie médicale sur la ville de Bougie et le Pays Kabyle limitrophe*". Son auteur, le Dr Jules-René Anselin, était chirurgien militaire à l'hôtel impérial des Invalides. De 1852 à 1854, il fût chargé du service de santé des troupes de la garnison dans les camps et dans la place de Bougie.

Dans cette thèse, le Dr Anselin a tenté de faire l'histoire hygiénique et médicale de Béjaia et sa région durant les vingt premières années de la colonisation. Après un aperçu historique (basé sur le travail d'Ernest Carette), il décrit en détail le mode de vie, les mœurs et coutumes, la gastronomie… des populations kabyles (page 55). Il fait un constat de l'état de la médecine traditionnelle à cette époque: "*l'état des sciences médicales est déplorable dans ce pays. Tous les indigènes qui nous consultaient nous déclaraient n'avoir pas de Tebib. Il paraît pourtant qu'ils en ont, mais tous sont fort ignorants*" (page 63). C'est pourquoi le Dr Anselin estime que "*la médecine française sera un puissant moyen de civilisation*".

Il fait ensuite le constat suivant : "*Débarqués en Algérie, nous devons dire qu'en toutes choses, sur la terre d'Afrique, nous demeurons trop Européens… Si l'on s'est occupé d'étudier les mœurs, les habitudes, la manière de vivre des indigènes, il semble jusqu'ici que ce soit par pure curiosité ; car nous ne leur avons guère emprunté de ces habitudes que le climat nous commande comme à eux, sauf des concessions à faire à notre manière d'être antérieure et à nos besoins différents de leurs. Nous ne voulons pas dire qu'en Kabylie les Français doivent devenir Kabyles ; mais nous pensons qu'il se trouverait bien mieux à obéir aux exigences du climat et que, pour y satisfaire, la manière de vivre des habitants du pays pourrait en certains points lui servir de guide* ».

Manuscrit sur les drogues de la *Khizana* de la *Tariqa al-Alawiyya* - Mostaganem

Conclusion

Les recherches sur les activités à Béjaia dans le domaine des sciences médicales sont encore au stade embryonnaire. Cependant, l'analyse des informations disponibles sur l'état de l'art permet d'avoir une idée précise sur la pratique de la médecine et les soins prodigués aux malades. De même, il est possible de cerner les méthodes et les démarches d'enseignement, ainsi que la production dans le domaine de la médecine dans la Béjaia des XII^e^ – XV^e^ siècles.

Remerciements

C'est à la demande d'un certain nombre de personnes et d'institutions que ce travail a été initié, structuré et développé. L'auteur tient à remercier le Professeur Saïd Chibane (Université d'Alger), les professeurs Nabti et Grangaud, ainsi que le Dr Amrane de la Société Algérienne de Pneumophtisiologie, le Dr Amrouche et mes amis de l'Amicale des Psychiatres de Béjaia, les Professeurs Danoune et Aberkane de la toute nouvelle faculté de Médecine, Messieurs Djamel Eddine Mechehed et Mohamed Réda Bekli de l'Association Gehimab Béjaia, pour leurs contributions.

Djamil AÏSSANI
CNRPAH Alger

Bibliographie

[1] Djamil Aïssani et Djamel Eddine Mechehed, *Les manuscrits de botanique et de médecine en Kabylie au XIX^e^ siècle,* Revue Internationale *ANNALI*, Vol. 59, Fs. 1-4, Istituto Universitario Orientale Editions, Napoli, 1999, pp. 78–92.

[2] Djamil Aïssani, *Les Centres de savoir maghrébins et leurs rapports avec l'Occident Chrétien*. Actes du Séminaire International « Nature, Sciences et Société dans la Méditerranée », Unesco Ed., Cosenza (Italie), Mars 1999.

[3] Djamil Aïssani, *La Médecine à Béjaia à l'époque médiévale,* Conférence plénière au Congrès National de Pneumo-Phtisio, Hôtel Royal, Béjaia, mars 2006.

[4] Djamil Aïssani, *La Médecine à Béjaia à l'époque Médiévale*, Conférence aux Premières Journées de Formation Continue, Faculté de Médecine, Béjaia, Mars 2008.

[5] Djamil Aïssani, *Pensée et Médecine à Béjaia (XI^e^ – XIX^e^ siècles)*, Conférence Plénière au Colloque International "Pensée, Croyance et Psychiatrie », Hôtel Aloui, Tichy (Avril 2008), Hôtel Chréa (Avril 2009), Hôtel Salem (Avril 2010)

[6] Said al-Andalusi, *Kitab Tabaqat al-Umam* (Le Livre des catégories des nations), H. Bu'alwan Ed., Beyrouth, 1985.

[7] Jules-René Anselin, *Essai de topographie médicale sur la ville de Bougie et le pays Kabyle limitrophe,* Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine, Rignoux Ed., Paris, 1855.

[8] Robert Brunschvig, *La Berbèrie orientale sous les Hafsides*, T. II, Andrien Maisonneuve Ed., Paris, 1982.

[9] al-Gubrini, *Unwan al-Dirya fi man 'Urifa min al-Mia' al-Ssabi'a bi-Bijaya*, édité et commenté par A. Nouihad, Office Traduction et de Publication, Beyrouth (1969).

[10] Ibn Abi 'Usaybi'a (m. 1269), *'Uyun al-Anba fi Tabaqat al-Atiba'* (Les sources de l'information sur les catégories de médecins), Nizar Ridâ Ed., Beyrouth, non daté.

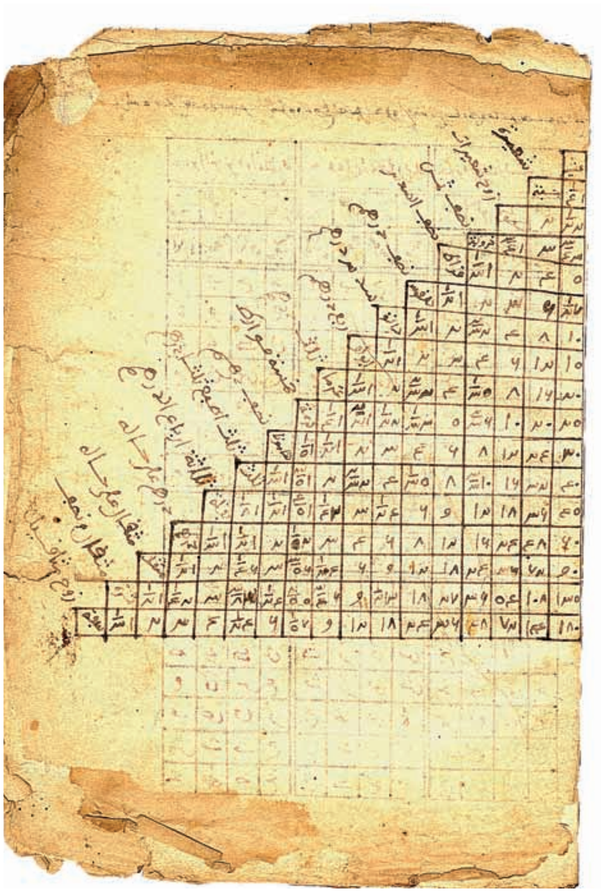
[11] Ibn Battuta, *Présent fait aux observateurs*, traitant des curiosités offertes par les villes et des merveilles rencontrées dans les voyages.

[12] Ibn Juljul, *Tabaqat al-Atiba' wa l'Hukuma'* (Classe des médecins et des sages), F. Sayid Ed., Le Caire, 1955.

[13] Ibn Khaldoun, *al-Muqqadima*

[14] Ibn al-Khatib, *al-Ihata fi Akhbar Gharnata*.

[15] Leclerc L., *Histoire de la médecine arabe*, Ernest Leroux Ed., Paris, 1876.



Feuillet isolé. Système de poids

SCIENCE DE L'EAU ET SAVOIR TECHNIQUE : IRRIGATION ET ÉCRITURE DANS LE SUD ALGÉRIEN

Au moins depuis l'apparition de l'agriculture au Néolithique, la gestion de l'eau a constitué un souci permanent, non seulement pour l'alimentation humaine, mais encore pour l'irrigation des champs. Pratiquement toutes les populations sédentaires et même semi-nomades ont inventé des dispositifs et accumulé un savoir hydraulique adapté à leur propre situation. Ceci est valable également en Afrique du Nord, où les traces les plus anciennes, bien que mal datées, sont constituées par le « quadrillage du Tazbent » à l'ouest de Tébessa. Les époques libyco-punique et libyco-romaine ont vu une systématisation et un agrandissement considérable des installations hydrauliques urbaines et agricoles. On a découvert à *Lamasba* (au nord de Batna) un règlement d'irrigation romain complexe dont le mode de fonctionnement n'a pas encore été éclairé en totalité. Les savants musulmans ont recueilli de leur côté un savoir accumulé dans la péninsule arabique (avec par exemple le barrage de Marib (Yémen). Après la conquête de l'Afrique du Nord (terminée en 698) la mise en commun des savoirs de différentes origines a permis de réunir un long héritage. Plus tard, les savants musulmans l'ont décrit et théorisé dans des cadres sociologiques propres à la société islamique, mais avec des fondements techniques et pratiques semblables. L'étude de leurs écrits permet non seulement de découvrir l'état de la science à leur époque, mais encore de montrer la coexistence de savoirs théoriques à côté d'un corps de connaissances populaires pratiques.

Une école de la pénurie

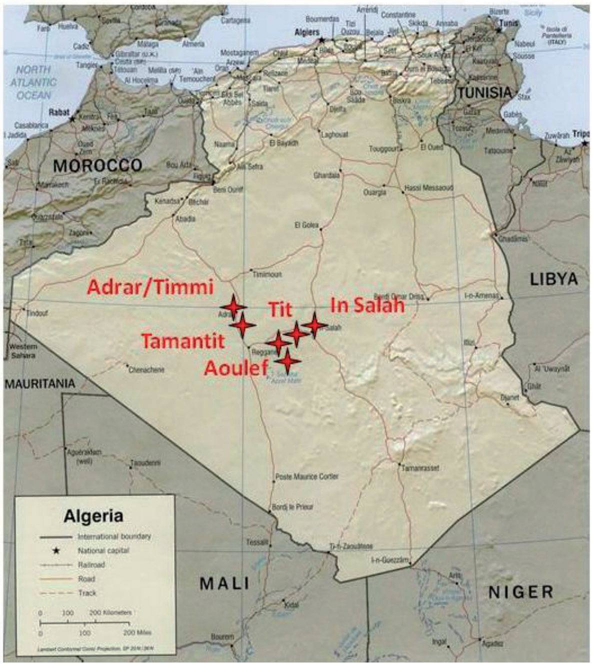
L'irrigation est au cœur des sociétés agricoles musulmanes. Et pour cause : la plupart d'entre elles se sont développées dans des régions arides, où l'eau était une nécessité première de la vie, ou dans des régions d'anciennes civilisations agricoles qui dépendaient de la gestion des crues annuelles. S'il est possible de parler d'une « école arabe » de l'hydraulique[1], l'irrigation, réponse à un problème quasi universel, reste toujours ancrée dans les particularités du terroir, géographiques, écologiques, historiques et sociales. Elle est ainsi à cheval entre la technique et la science, l'empirisme et le calcul, et apparaît dans la tradition écrite arabe à des titres divers. D'abord, les « livres des techniques ingénieuses », *kutub 'ilmal-hiyal*, qui traitent de cette « septième branche des sciences mathématiques », selon al-Farâbî (mort en 950). Pour Ibn Sînâ, l'hydraulique était une discipline à part entière ; pour d'autres, tel al-Khawârizmîal-Kâtib, elle était une branche de l'art de l'ingénieur, *al-handasa*.[2] Deux siècles plus tard, cette fois-ci en Iran, parut le premier manuscrit qui décrit et explique la technique des *qanawât* (singulier *qanâh*): des canaux d'irrigation souterrains qui, sous le nom de *fagâgîr* (singulier *faggâra*) alimentent les oasis du Touat algérien, région qui nous intéresse ici plus particulièrement.

Il s'agit de l'ouvrage d'al-Karajî (mort en 1019), le *Traité d'exploitation des eaux souterraines* (*Kitâbistinbâtal-miyyâhal-khafiyyah*).[3] Al-Karajî était surnommé *al-hâsib*, « le mathématicien », et son traité montre clairement le lien étroit entre savoir empirique et sciences du calcul dans la construction de tout système d'irrigation. La construction d'une *qanâh*, qui amène l'eau des nappes phréatiques vers des oasis situées en aval, demande un calcul exact de la pente entre la source, souvent éloignée de plusieurs dizaines de kilomètres, et son débouché. Aussi, elle demande une expertise technique considérable, et une connais-

1 M. El Faïz, *Les maîtres de l'eau : histoire de l'hydraulique arabe* (Paris : 2005).

2 El Faïz, *Maîtres de l'eau*, p. 95.

3 Ce traité a été traduit et publié en français par Ali Mazaheri : voir Al-Karajî, *La civilisation des eaux cachées* (Nice, 1973).



Système d'irrigation au Touat

sance profonde du terrain (qualité du sol, de l'eau, de l'air ; pratiques agricoles et gestion locale de la répartition des parts d'eau et de l'entretien). D'autres traités, rédigés au XIe et au XIIe siècles, surtout dans l'Orient musulman, s'étaient principalement intéressés aux machines ou aux pompes qui facilitent l'accès à l'eau, ou à des questions juridiques posées par l'exploitation et la gestion des systèmes d'irrigation : notamment la fixation du *harîm*, périmètre protégé autour de toute source ou puits donnait lieu à des débats prolongés.

Tenant compte de la richesse de cette tradition écrite relative à l'hydraulique, la rareté d'ouvrages de ce genre dans l'Occident musulman surprend. Après tout, le Sud marocain et l'Andalousie étaient pourvus d'une infrastructure hydraulique légendaire, telle que les *qanawât* (localement connus sous le nom de *khattara*) qui alimentaient Marrakech et Madrid. Dans la première moitié du XIIe siècle, al-Idrîsî donne une description émerveillée de la construction de la première *khattara* de Marrakech, par l'ingénieur andalou 'UbaydAllâh b. Yûnusal-Muhandis : « seul un connaisseur peut comprendre le principe de fonctionnement de cette technique d'exploitation des eaux souterraines ».[4] Mais aucune trace écrite ne persiste du travail et de la connaissance de ce premier « ingénieur », père du système d'irrigation de Marrakech. Seuls quelques ouvrages sur l'agriculture, comme le célèbre *Livre de l'agriculture* (*Kitâbal-fallâha*) d'Ibn al-'Awwâm du XIIe siècle, abordent des questions d'irrigation.[5] Comme le note Mohammed El Faïz : « Ce qui caractérise la situation dans les territoires de l'Occident musulman, c'est la fréquence des témoignages littéraires et archéologiques attestant le développement de la science hydraulique et l'extrême rareté des traités techniques où on peut lire l'évolution de cette science. »[6] Or, cette absence d'écriture n'indique aucunement l'absence d'une culture scientifique, mais montre plutôt l'importance d'une tradition régionale basée sur la transmission orale des savoirs, théoriques tant qu'empiriques. Partout, les hydrauliciens apparaissent comme des gens du voyage, liant l'Orient et l'Occident, l'Andalousie et l'Afrique du Nord, et, indirectement, même le Nouveau Monde, par leur savoir-faire et leur enseignement technique.[6] Et il en va tout autrement pour des questions sur la gestion de l'eau et ses implications légales. Les traités juridiques et les collections de *nawâzil* (questions posées à un *qâdi*, singulier *nâzila*) sont remplis de cas ayant trait à la gestion sociale, politique et légale des systèmes d'irrigation, et qui nous permettent parfois

4 Al-Idrîsî, *Le Maghreb au XIIe siècle d'après Nuzhat al-Mushtâq*, traduction française de Hadj Sadok (Paris, 1983), p. 67.

5 Le *Kitâb al-fallâha* a été traduit et publié en français par J.-J. Clément-Mullet : voir Ibn al-'Awwâm, *Le livre de l'agriculture d'Ibn al-'Awam* (Paris, 1864-7).

6 D'où, par conquérants espagnols interposés, la présence de *qanawât* en Amérique du Sud : M. Barnes et D. Fleming, « Filtration-gallery irrigation in the Spanish new world », *Latin American Antiquity* 2/1 (1991), pp. 48-68.

La *kesria* permettant de répartir l'eau dans l'oasis

La Noria

d'apercevoir des aspects techniques. Une des sources les plus abondantes à cet égard est le *Mi'yâr* d'al-Wansharîsî, qui contient des opinions juridiques prononcées par des *qâdi*s maghrébins et andalous, dont un nombre important d'Algériens, au XI[e] et XII[e]siècle, et qui donne un aperçu de la gestion pratique de l'eau à travers le Maghreb à l'époque.[7] Ainsi, le seul manuscrit maghrébin entièrement consacré à l'eau, *De la manière de répartir les quotes-parts d'entretien sur les canalisations ou les conduites d'eau potable* (*Kayfiyyatqasmal-furûd 'alâal-sâqiyyaawal-qâdû*) d'Abû al-Qâsimal-Ghûlal-Fachtâlî (mort en 1649) de l'arrière-pays de Fès, est un traité de mathématiques qui s'adresse à un des problèmes fondamentaux de la gestion des systèmes d'irrigation locaux.

L'exemple du Touat

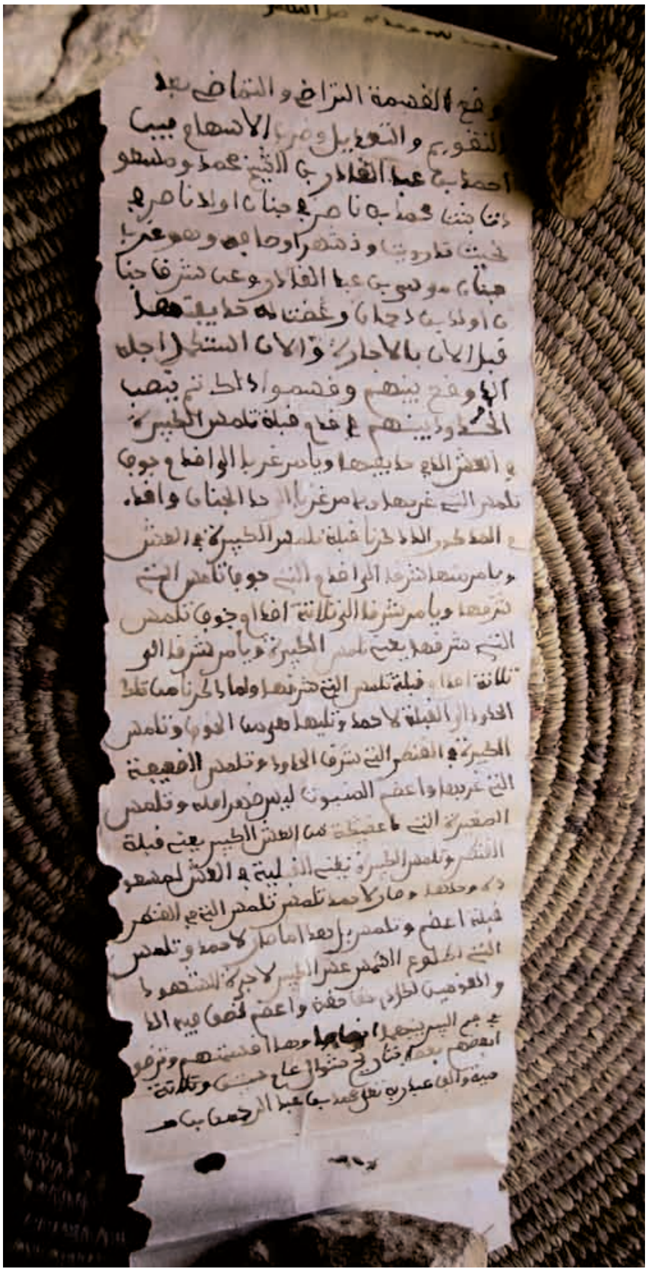
Ces observations générales s'appliquent directement au Sud algérien. En termes d'irrigation, l'exemple le plus frappant y est le Touat, marqué par un système très complexe et ancien de *qanawât*, localement appelées *fagâgîr*. Dans les années 1950, Capot-Rey et Damade estimaient la longueur de ces *fagâgîr* à plus de 2 000 kilomètres : dix fois plus que le métro parisien à la même époque.[8] Nous avons vu que la construction des *fagâgîr* demande un savoir-faire subtil et des calculs complexes : pourtant, aucune trace de traités technologiques, mécaniques, même mathématiques dans les bibliothèques des manuscrits du Touat, dont la richesse et pourtant spectaculaire. Lacune que nous ne saurons expliquer par la déperdition liée au passage du temps : même si l'établissement premier de la plupart des *fagâgîr* remonte parfois à loin, elles demandent un maintien constant, et donc un savoir-faire entretenu. Certes, l'inventaire des manuscrits de la région est encore au tout début, mais le même silence se retrouve ailleurs en Algérie, pour des systèmes d'irrigation dont la gestion – sinon la construction et le maintien – était tout aussi complexe : par exemple, la captation des eaux de cru par canaux d'irrigation dans l'Aurès, la répartition de l'eau des sources dans le Oued Ghir, l'usage et le curage des puits au Mzab, ou le creusement des cuvettes d'où les palmiers plantés ont accès direct à l'eau des nappes souterraines du Souf.[9] Mais comme ailleurs au Maghreb, si les documents écrits

7 Et qui a été exploité dans ce sens par des historiens : voir par exemple V. Lagardère, « Droit des eaux et des installations hydrauliques au Maghreb et en Andalus au XI[e] et XII[e] siècles dans le Mi'yâr d'al-Wansharîsi », *Les Cahiers de Tunisie* 37-8 (1988), pp. 83-122, et *Histoire et société en Occident musulman au Moyen Age : analyse du Miy'ar d'al-Wansharîsî* (Madrid, 1995) ; et D. Powers, *Law, society and culture in the Maghrib, 1300-1500* (Cambridge, 2002).

8 R. Capot-Rey et W. Damade, « Irrigation et structure agraire à Tamentit », *Travaux de l'IRS* 21 (1962), pp. 99-119.

9 C. Nesson, « Structure agraire et évolution sociale dans les oasis de l'Oued Righ », *Travaux de l'IRS* 24 (1965), pp. 85-128 ; E. Feliu, *Etudes sur la législation dans la Chebka du Mzab* (Blida, 1909) ; G. H. Bousquet, « Du droit coutumier et de ses rapports avec la vie économique et la technique agricole dans le Souf », *Travaux de l'IRS* 12 (1954), pp. 69-112 ; pour un résumé de différentes formes d'irrigation au Sahara, voir J. Bisson, *Mythes et réalités d'un désert convoité: le Sahara* (Paris, 2003).

Contrats de vente



restent silencieux par rapport aux aspects techniques de l'irrigation, il en est tout autrement de la gestion et la répartition de l'eau. L'eau s'hérite, se vend, se loue et s'hypothèque, selon les catégories des transactions commerciales données par la loi musulmane : et cette variabilité, conjuguée à des obligations communales d'entretien, a donné lieu à toute une littérature spécialisée qui ne se compte pas en traités scientifiques, mais qui se devine à travers des collections de *nawâzil*, des actes de vente et de location, des divisions d'héritage, des constitutions des *ahbâs*, et des registres des conseils de gestion des systèmes d'irrigation locaux.

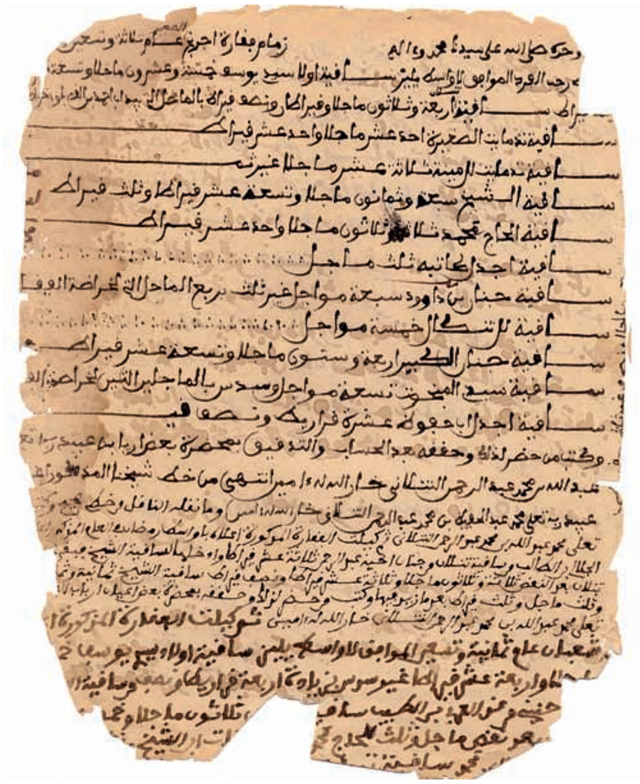
Un véritable Droit de l'eau

Le Touat en particulier a produit, à partir de la moitié du XVIIIe siècle, plusieurs collections de *nawâzil* qui étaient utilisées et recopiées à travers la région et plus au Sud, et dont les plus connues sont les *Nawâzilal-Zijlâwî* et les *Nawâzilal-Ghuniya*. Cette dernière, dont nous allons citer quelques extraits, est une compilation de réponses juridiques données ou collectionnées par le *qâdi*du Timmi près d'Adrar, Abû 'AbdAllâhSîdial-Hâjj Muhammad b. 'Abdal-Rahmânal-Balbâlî (né en 1155 AH/1742 AD – décédé en 1244 AH/1828 AD) et son fils Sîdî Muhammad 'Abdal-'Azîz (né en 1199 AH/1776 AD).[10] Des questions relatives à la gestion de l'eau et surtout aux transactions commerciales qui la concernent y figurent presque dans tous les chapitres, et sont éparpillées sur les 800 pages de l'ouvrage. N'en citons que quelques-

10 J'ai pu recenser sept copies de la *Ghuniya* au Touat contemporain. La copie dont je me suis servie a été gracieusement mise à ma disposition par le Shaykh Bilkabîr de la zawiya de Mtarfa, que je tiens à remercier vivement pour son aide. La *Ghuniya* a été étudiée en partie par une équipe de recherche basée à l'université d'Adrar : voir M. Dabâgh, M. Mamnînî, N. Tawâba, M. al-Zîn et M. b. Hamû, « Ghuniya al-muqtasid al-sâ'il fîmâ waqa'a fî tuwât min al-qadaya wa al-masâ'il », Université d'Adrar, Département des sciences islamiques et sociales.

unes, pour donner une impression générale du genre de problème rencontré par les propriétaires de l'eau et par les communautés locales qui géraient les systèmes d'irrigation. Que faire si un jardin est vendu avec sa part d'eau, mais cette eau est louée à un tiers, avec un contrat qui n'est pas encore arrivé à terme ? Si l'acheteur était au courant du contrat de location, le contrat reste valide jusqu'à son terme, après quoi l'acheteur peut choisir de le renouveler ou non, dit le *qâdi*. Si l'acheteur n'était pas au courant, la vente est annulée, car elle ne doit rien contenir qui n'est connu des deux parties au moment où ils concluent la vente.[11] Quelqu'un vend une quantité précise d'eau à un autre, mais pour que l'eau puisse être transférée, elle doit d'abord être mesurée. Or, la date de cette mesure n'est pas encore fixée. La vente en devient illégale et est automatiquement annulée, dit le *qâdi*, pour la raison citée ci-dessus.[12]Quelqu'un d'autre achète un jardin irrigué avec une eau qui appartient à un tiers : est-il obligé de continuer à la louer ? Non, l'eau n'est aucunement « attachée » au jardin en question, et l'acheteur ne peut pas être obligé à payer pour quelque chose qu'il n'a pas demandé.[13]Est-ce qu'un canal d'irrigation appartient au propriétaire de la terre qu'il traverse, ou au propriétaire de l'eau qu'il contient ? Le canal appartient toujours à l'eau, dit le *qâdi*.[14] Peut-on prêter une quantité d'eau « mesurée selon la mesure du pays », pour être remboursé plus tard ? Non, dit le *qâdi*, car la mesure du pays est proportionnelle et non pas absolue, et varie donc avec le temps. Ainsi, une telle location pourrait cacher un crédit avec intérêt.[15]

Ainsi, l'eau pouvait être vendue, louée, hypothéquée ou même constituée en *hubus* indépendamment de la terre, mais jamais indépendamment de son « équipement technique » : toute utilisation de l'eau implique une responsabilité collective. De même, il y apparaît une certaine tension entre les mesures locales, proportionnelles, et les quantités précises nécessaires pour les transactions commerciales. Les économies locales du Touat de l'époque, telles qu'elles apparaissent dans les documents locaux, sont profondément commerciales, et la vente, la location et l'hypothèque y jouent un rôle central. La « traduction » des mesures locales vers les quantités fixes et immuables requises par le droit islamique y est donc quotidienne, et montre la sophistication mathématique des propriétaires de l'eau et des juristes qui les assistaient dans leurs transactions commerciales. Ces deux principes donnaient naissance à toute une technique spécifique au lieu : des unités d'eau qui varient d'un *qsar* à son voisin, les plus souvent comptées par douzaines,[16] l'arithmétique spécialisée qu'elle nécessite, la détermination des contributions aux travaux collectifs de curage et d'entretien. De même, on peut deviner les outils utilisés, pour mesurer, jauger, répartir : tel que le « peigne » de répartition, et la planchette de mesure munie de trous qui permet de jauger, exactement la quantité absolue et proportionnelle de l'eau écoulée.[17]



Registres d'eau (*Zamâm al-Faggâra*)

11 NG, p. 138.

12 NG, p. 140.

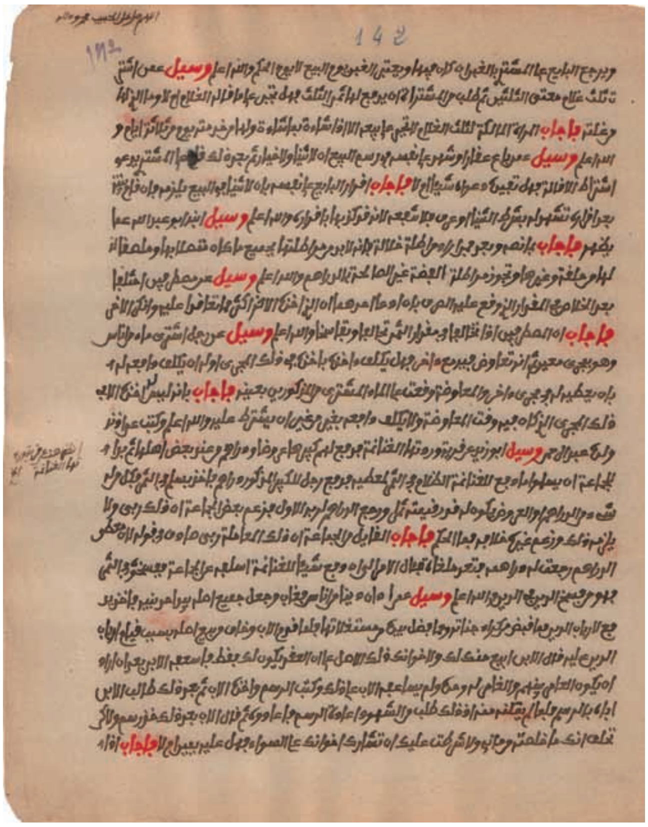
13 NG, p. 140.

14 NG, p. 145.

15 NG, pp. 206-9.

16 Cette division par 24 renvoie à des mesures proportionnelles par temps, et indique une continuité avec des systèmes d'irrigation plus au Nord et à l'Est : voir par exemple G. Bédoucha, *L'eau, l'amie du puissant. Une communauté oasienne du sud tunisien* (Paris, 1987) pour des parallèles avec la Tunisie ; et R. Tresse, « L'irrigation dans la Ghouta de Damas », *Revue des études islamiques* (1929), pp. 459-573, pour la Syrie.

17 Pour la description de ces techniques et de l'équipement qu'elles utilisent, voir notamment N. Marouf, *Lecture de l'espace oasien* (Paris, 1980) et *Les fondements anthropologiques de la norme maghrébine: hommage à Jacques Berque* (Paris, 2005).



Les *Nawâzil al-Ghuniya*

Il n'y a aucun doute qu'ici comme ailleurs au Maghreb, cette science de la mesure était le domaine d'un professionnel, le *kayyâlal-mâ'*, qui était le plus souvent à la solde de la *jamâ'a* du *qsar*. Il en était le même du curage et des prolongements des *fagâgîr*.[18]Pourtant, cette professionnalisation n'implique pas forcément une monopolisation du savoir. Tous les documents notariaux, tels que des actes de ventes ou de location, ou des divisions d'héritage, montrent clairement que les procédures de répartition et de mesure de l'eau, même si elles restaient officiellement entre les mains des professionnels, étaient connues et suivies de tous. Les registres d'héritage établis localement frappent par le grand nombre de personnes qui y participent, experts coutumiers (*'urafâ'*), notables (*'ayân*), assemblée (*jamâ'a*) ou tout simplement la multitude (*al-malâ'*, *al-lafîf*). Tous ensemble, ils font le tour de la propriété en question, évaluent l'eau et suivent, avec grand intérêt, la division décidée par le *qâdi*. Ainsi, les propriétés sont évaluées « en présence de l'assemblée et tous ceux qui étaient avec eux des gens bien (*min ahlal-khayr*) », ou « après le calcul et la rectification et l'addition de la valeur des choses en présence de l'assemblée ».[19] L'intérêt pour l'eau et les calculs de la valeur et de ses mesures variables ou fixes semble donc généralisé : tout propriétaire oasien devait connaître un minimum d'arithmétique, ne serait-ce que pour participer à la vie communale et pour s'assurer de ses droits de propriétaire. D'ailleurs, parfois les quantités qui restaient à la fin d'une telle division étaient si minimes que l'on se demande si elles avaient vraiment une existence pratique sur le terrain, ou si elles ne devaient pas leur existence uniquement à un souci d'exactitude inspiré par les exigences du calcul et des catégories légales.

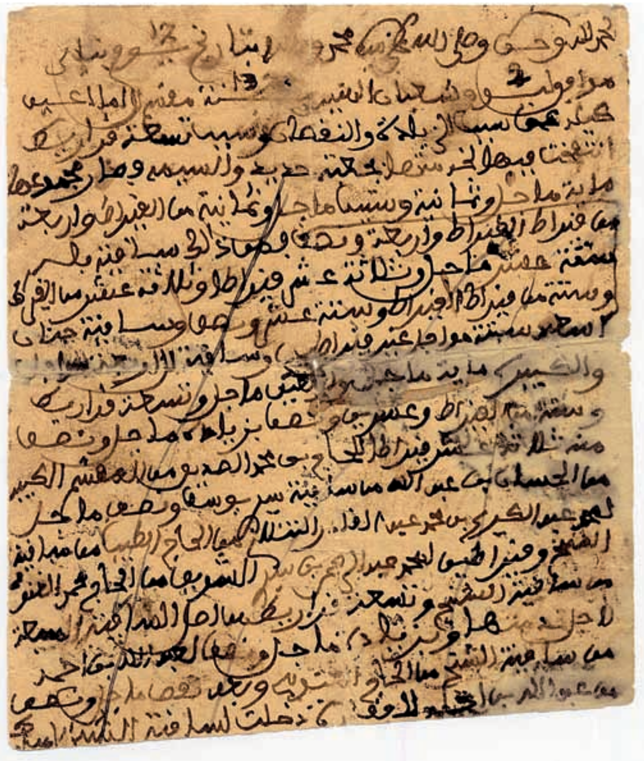
Cette même impression émerge des registres d'eau tenus par les assemblées locales. À la base, ce sont des livres de comptabilité qui recordent les parts d'eau qui reviennent à tout un chacun dans un *qsar* donné. Pourtant, à regarder de plus près, ils indiquent aussi des calculs complexes pour déterminer qui doit payer pour le maintien de la *faggâra*, et à quel moment ; et quel est le montant des frais qui doit être enlevé de la partie commune (*'aul*) de la *faggâra*. Loin des manipulations simples, ce sont des questions qui ont exercé les plus grands mathématiciens, de la région, comme nous avons vu plus haut. Et, comme la *Ghuniya*, ces registres montrent l'importance des « jours de la mesure de l'eau », des experts qui viennent l'entreprendre, et de la participation active de toute la population.

D'autres registres sont encore plus parlants : ils font la comptabilité complète des travaux entrepris pour le maintien de la *faggâra*, et la répartition des frais selon leur participation aux bénéfices ; ils montrent l'administration méticuleuse d'une caisse commune, surveillée par tous, et qui servait de caisse d'assurance tout comme fond de paiement des spécialistes en hydraulique. Une administration d'un tel degré de sophistication, et basée essentiellement sur l'écrit, est remarquable au Sahara. Des cas parallèles sont décrits pour Ghadamès et pour le Tafilalt[20], mais ailleurs l'administration de l'eau restait le plus souvent orale, ne serait-ce que pour échapper aux

18 G. Grandguillaume, « Le droit de l'eau dans les foggara du Touat au XVIIIe siècle », *Revue des études islamiques* 43/2 (1975), pp. 287-322.

19 Pour citer le registre du *qâdi* du Timmi des années 1930 et 1940, 'Abd al-Karîm b. 'Abd al-Haqq al-Bakrawî de Tamantit, pp. 22 et 18. Je tiens à remercier la famille Bakraoui de Tamantit qui m'a montré et expliqué ce registre.

20 Pour Ghadamès, voir J. Lanfry et A. Laperrousaz, « Chronique de Ghadamès. L'eau d'irrigation », *Revue de l'IBLA* 9/36 (1946), pp. 343-69, et L. Eldblom. *Structure foncière, organisation et structure sociale. Une étude sur la vie socio-économique dans les trois oasis libyennes de Ghat, Mourzouk et particulièrement Ghadamès* (Lund, 1968). Pour



Registres d'eau (*Zamâm al-Faggâra*)

Kitab Mukhtasar al-Filaha de l'agronome andalou Ibn Bassal

visées souvent prédatrices de l'État.[21] Sinon, il faut chercher en Andalousie pour trouver des systèmes d'irrigation de gestion communautaire, comparables et historiquement liés à ceux présents en Afrique du Nord, et aussi bien documentés.[22] Ces registres reflètent donc un souci de précision, financière, arithmétique, légale et technique qui témoigne d'une culture scientifique et technologique générale, même si elle restait en partie orale.

Les manuscrits locaux préservés au Touat et ayant trait à l'irrigation ne sont pas les plus beaux, ni les plus vieux, les plus spectaculaires ou les mieux préservés. Notés sur des bouts de papier, gardés en rouleaux épars ou dans des cahiers sans illustrations, sans ordre apparent, et où la plus grande partie des entrées, n'étant plus valables, sont barrées à la main, ils échappent facilement à l'attention des chercheurs ou des bibliophiles. D'ailleurs, ni Saïd Bouterfa, ni Arab Abdelhamid, dans leurs livres sur les manuscrits du Touat et de l'Algérie[23], n'en font mention, et pour cause : la quantité, beauté et valeur des manuscrits préservés dans le Touat sont telles que ces pauvres cahiers n'attirent que très peu de regards. Écrits pour noter une répartition de l'eau toujours changeante, dans un détail minutieux et dans un langage imbu des particularismes locaux, avec des termes techniques et des mesures depuis oubliées, ces documents ont tout pour repousser le chercheur, tourné vers les grandes questions de l'histoire. Pourtant, la réponse à ces grandes questions se trouve souvent dans les détails des particularités locales qui seuls peuvent nous renseigner sur la vie quotidienne et ainsi sur l'état d'esprit des populations locales. Surtout au Touat où toute vie dépend de l'eau et suit son rythme, et où l'irrigation est nécessairement le résultat d'un travail dur, répété, et sans fin, on ne saurait négliger de telles traces écrites qui, elles seules, peuvent nous expliquer le miracle que sont ces oasis, îles agricoles dans un des environnements les plus hostiles du monde. D'autant plus qu'elles nous permettent de deviner, entre deux mots et quelques chiffres, l'existence d'une culture technique et scientifique essentiellement appliquée, transmise oralement, et fondamentalement populaire.

Judith SCHEELE

All Souls College, Université d'Oxford

le Tafilalet, voir L. Mezzine, *Le Tafilalet: contribution à l'histoire du Maroc au XVII^e et XVIII^e siècles* (Rabat, 1987).

21 G. Bédoucha, « Libertés coutumières et pouvoir central. L'enjeu du droit de l'eau dans les oasis du Maghreb », *Études rurales* 155-6 (2001), pp. 117-41.

22 T. Glick, *Irrigation and Society in Mediaeval Valencia* (Cambridge, Mass., 1970) ; L. Bolens, *L'Andalousie du quotidien au sacré XI^e-XIII^e siècle* (Aldershot, 1990) ; et V. Lagardère, *Campagnes et paysans d'al-Andalus (VIII^e – XV^e siècles)* (Paris, 1993).

23 S. Bouterfa, *Les manuscrits du Touat: le sud algérien* (Alger, 2005); et A. Abdelhamid, *Manuscrits et bibliothèques musulmanes en Algérie* (Méolans-Revel, 2006).

Aqueduc hafside de Carthage

IMAGE, TEXTE, et ESPACE : LES TEXTES DU SAVOIR-FAIRE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME D'EXPRESSION ARABE D'UN MANUSCRIT DU XVIe SIÈCLE

Le cadre conceptuel de ce travail est basé sur la définition de l'acte de bâtir dans la tradition culturelle musulmane. C'est une tentative d'appliquer en profondeur les études sur l'espace social à la lumière des travaux de Marcel Mauss et Émile Durkheim. L'étude des textes sur le savoir-faire d'architecture et d'urbanisme d'expression arabe nous a révélé une mine d'or de connaissance sur l'architecture musulmane enfouie depuis des siècles dans les *khazanat* (armoire de conservation de manuscrit) et les *afniq* (coffres kabyles). Ces connaissances nous ont permis de dévoiler les mystères de l'utilisation et des relations que l'homme entretient avec l'espace dans la tradition culturelle musulmane. Dans cette tradition, l'architecture et l'urbanisme possédaient une composante sacrée et les villes furent construites afin de représenter , à travers un symbolisme approprié, en microcosme la ville macrocosmique et paradigmatique des Dieux. Dans la vision musulmane du monde, la fonction du gouverneur (ou sultan) est d'assurer la coordination harmonieuse des êtres dans l'univers et de protéger les intérêts de la communauté, c'est-à-dire rendre en harmonie l'ordre social avec l'ordre cosmique. À travers son manuscrit sur la rétrospective historique et chronologique de la construction de la ville de la Mecque, Qotb el din nous montre qu'à travers la conceptualisation de la ville, la responsabilité et la fonction du gouverneur (ou du sultan) est de promouvoir la religion en construisant les édifices sacrés (les mosquées, les mausolées, etc.) et d'autres infrastructures, et de les protéger en édifiants des fortifications, les remparts et les portes de la ville.

Pour une archéologie du texte

L'objectif de cet article est de présenter un meilleur cadrage sur le texte d'expression arabe traitant la conception de la ville musulmane dans la tradition culturelle musulmane. La première partie de ce travail concerne la conception de la ville et le savoir-faire traditionnel de sa construction à travers l'étude de textes tirés des traités d'architecture religieuse musulmane. La deuxième partie de ce travail s'attachera à faire la synthèse de cette somme de connaissance textuelle avec la construction géométrique de l'objet architectural observé, communément connu sous forme de structures physiques comme expression de structures conceptuelles. Cette recherche utilise des objets d'étude issue du monde musulman, une recherche sur les espaces complexes identiques a ceux que S.J. Tambiah a utilisés en Thaïlande. Les prises de position scientifiques sont issues d'une méthode d'analyse anthropo-architecturale qui consiste à effectuer un mélange d'observation d'objet (sur terrain) avec une expertise textuelle. Une méthode préconisée par Louis Dumont en Inde. En d'autres termes l'ordre physique de la ville musulmane et des relations qu'elle entretient avec ses attributs politiques, sociaux, économiques et ses espaces soit mystiques ou religio-magiques.

Le Problème

Ce travail sur les textes d'expression arabe et les exemples présentés dans les pages qui suivent démystifie l'étonnante hypothèse de travail de Sylvain Gouguenheim, Aristote au mont Saint- Michel. *Les Racines grecques de l'Europe chrétienne* et notamment l'essai sous-titré « Les racines grecques de l'Europe chrétienne », selon lequel, il y a une incompatibilité entre les civilisations occidentale et orientale tout en déniant à cette dernière son rôle de courroie de transmission des sciences et connaissances au monde occidental. S. Gouguenheim avance même la thèse selon laquelle la langue arabe « étant qualifié de langue de religion propice à la poésie » (L. Florion). Cette vision réductrice suppose d'une manière indirecte que la langue arabe et « les élites musulmanes n'avaient qu'un accès indirect à la pensée et à la science grecque »(L. Florion). Ce présent travail sur les texte de Qotb el din nous montre qu'historiquement, le monde musulman et

À la cinquième ligne de cette page du chapitre du répertoire des éléments d'architecture Qotb el-Din nous spécifie que le 1/3 de la hauteur du fût de la colonne est fait de granit taillé et les deux tiers restants du fût sont faits d'une pierre taillée *schamissi*

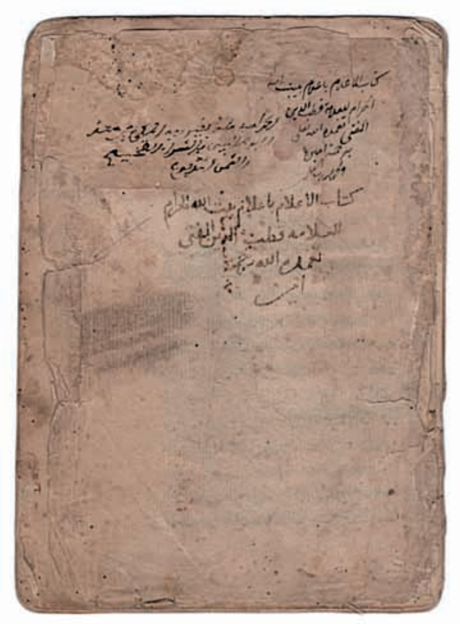
PRÉSENTATION DU MANUSCRIT

Titre du manuscrit:
Irlam Be Arlam Bald Allah El Haram
Nom de l'auteur Qotb el-Din ben Alla Din Ahmed Ben Mohamed Ben Qadi Khan Ben Baha el Din Ben Yacoub El Hanfi El Kadiri el Khalkani An Nahraouali.
Date de décès: 1580BC/988H
Date d'écriture de l'ouvrage: 1577 BC / 985H
Nom du copiste: inconnu
Date de l'écriture de la copie: 25 mai, 1577, 07 Rabii ElAoual 985H
Nature du manuscrit: Historique, géographique, théologique, architecture, urbanisme, science des traces (traité technique de la construction), conservation et quête des traces.
Description morphologique:
Dimensions : longueur : 23 cm ; largeur : 16 cm
Volume: 1 ;
Nombre de pages: 410
Nombre de lignes par pages: 17
Qualité du papier: parchemin
Couleur de l'encre: noir pour le texte, rouge pour les titres de chapitre et noms et dates importantes
Calligraphies: troisième Naskhi ottoman
Propriétaire : Zeghlache Hamza
Localisation: Sétif Algérie

le monde occidental ont eu plus d'une fois l'occasion de se côtoyer ; leurs rencontres pacifiques ou violentes ont toujours suscité des échanges, culturels, sociaux et techniques. À titre d'exemple, le chapitre consacré au répertoire des éléments architectoniques tels que colonnes de la grande mosquée de Mecca, Qotb el-Din mentionne dans un texte éminemment technique que le fût de la colonne est constitué de un tiers de sa hauteur en granit (Saouane) et les deux tiers restants de la hauteur sont en pierre marbré (shamissi). Cela nous rappelle les ordres grecs de construction de la colonne dans l'architecture classique occidentale qui a inspiré la renaissance italienne au Trecento, et qui consiste à diminuer le diamètre de la colonne, d'un sixième, à partir du tiers de la sa hauteur. Visiblement, les musulmans avaient déjà dès le seizième siècle (date de l'écriture du manuscrit de qotb el din) accès aux connaissances sur l'architecture classique et auraient pu les mettre en œuvre.

Le manuscrit est composé de dix chapitres en plus d'une introduction et d'une conclusion.

L'introduction a trait à l'invocation de Dieu sous forme de *Khitab* tout en introduisant le sujet d'intérêt 'Ilm el-Athar', une science traitant de la quête et la conservation des traces. L'invocation introductive est suivie par l'entrée en matière 'Fasl el Khitab' , un sujet d'une importance capitale faisant apparaitre le processus historique des débats sur les sources des informations connues sous le nom du « SANAD », la chaîne de transmission des connaissances à l'image de la transmission du Hadith (oral), en vigueur dans la tradition culturelle musulmane. Le reste des chapitres du manuscrit nous donne une liste exhaustive d'historiens et de personnes dépositaires du savoir traditionnel sur le savoir-faire de la construction, tels que Abu el-Walid Mohamed ben Abd el-Karim el–Azraki, et Abd Allah Mohamed ben Ishak el-Abbass el-Fakihi



Page de garde du manuscrit de Qotb el-Din

Page introductive du manuscrit de Qotb el-Din

Le premier chapitre est d'ordre théologique et il est consacré à la position et la toponymie de La Mecque, à ses transactions immobilières. Les chapitres qui suivent traitent de la construction de la Kaaba et une rétrospective historique de la construction et des extensions de la mosquée (Masjed el-Haram) tout en incluant les constructions des fortifications telles que les remparts et les portes de la ville. Ces descriptions sont animées d'un souci majeur de répertorier toutes les traces physiques de la ville : fontaines, canaux de distribution de l'eau et d'irrigation, édifices publics.

Statut de l'architecte dans le manuscrit de Qotb el-Din

Il est à signaler que Qotb el-Din utilise beaucoup de verbes indiquant l'acte de construire, rénover, consolider… le terme d'architecte (المِعمــار) n'apparaît que deux fois :

A. La première, p. 142d-8 auquel associe le nom d'ingénieur :

L'architecte Djamal el Din Youcef l'ingénieur

المعمار جمال الدين يوسف المهندس

Dans ce cas il le cite dans les procédures qui ont présidé l'acte de bâtir. Ces procédures sont accomplies par une commission sous la présidence du gouverneur, « Mouqbil Elqadidi El Achrafi » ; cette commission était composée de :

1- Un représentant du Sultan : l'inspecteur (Ennadhir Alaïha) « el-Khawadja Ali el-Kaïlâni ».

2- « Cheikh el-Kaaba » et les quatre cadis (juges) qui représentent l'avis religieux avec ses quatre écoles juridiques.

3- L'inspecteur de « el-Haram Echarif » qui représente l'avis du public.

Ainsi l'architecte ingénieur qui représente l'avis technique, et dont les compétences sont reconnues officiellement. Nous pouvons supposer que l'acte de bâtir se déroule suivant une procédure administrative prenant en considération les trois avis.

B. La deuxième : dans la p146d-9 ;

جمال الدين يوسف المهندس

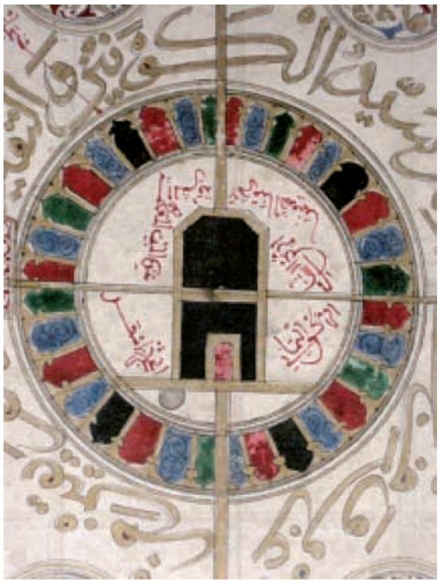
و كل ذلك على يد الأمير مقبل المذكور و معماره المعلم

Cette fois-ci le nom d'architecte est associé au roi, c'est-à-dire que « Djamel Eddine Youcef » est l'architecte spécial du roi. Il confère un autre titre pour cet architecte c'est « Mouâlim » c'est-à-dire qu'il devient formateur.

Il est à noter l'utilisation de plusieurs termes se rapportant de manière directe à l'architecture et l'acte de construire : .... المهندسين يعمر,عمارة , البنائين , هندس

Les acteurs qui ont participé et sont intervenus dans l'édification de la mosquée d'el-*Hãrãm* sont nombreux, l'auteur a cité l'intervention des concepteurs المهندسين Il est à noter que l'architecte est aussi désigné par le nom d'ingénieur.

Pages du manuscrit de Qotb el-Din : Repertoire des portes et des minarets



Les orientations : le Centre du Monde

Le répertoire des éléments architectoniques

Qotb el-Din utilise une fiche technique comprenant les informations des éléments architectoniques :

– Les portes à un ou deux ou trois vantaux

- Les colonnes et leur classification en fonction de la forme géométrique de leur section (hexagonale ou octogonale) et des matériaux utilisés dans leur construction

- Les balcons

- Les minarets

Nom de l’élément : Qotb el-Din précis la toponymie des 19 portes de la ville et des 6 minarets

Date de construction : L’auteur donne avec précision les dates et les noms des sultans qui y régnaient, en citant par exemple les travaux de la porte d’Ibrahim زيادة باب إبراهيم il cite le début des travaux 917 de l’hégire et la date de son achèvement 920.

L’orientation : L’orientation est principalement géographique et découle de la représentation du monde dont le centre est la Kabaa : l’auteur ne dit pas شمالي coté Nord, mais Shami شامي en référence au شام qui est la région nordique (Syrie) de la péninsule arabique et qui se trouve au nord de La Mecque. La même chose pour le côté sud, il ne dit pas, جنوبي mais يماني en référence à la position géographique du Yémen au sud de la Kabaa.

Matériaux de construction : Qotb el-Din donne des indications précises dans l’emploi d’une variété de matériaux de construction : le type de marbre et de pierre en les nommant suivant leurs utilisations et leurs propriétés mécaniques : Par exemple le marbre, الرخام , le granit, الحجر الصوان ,la pierre taillée الحجر المنحوت، الحجر الشميسي المنحوت، المرمر.

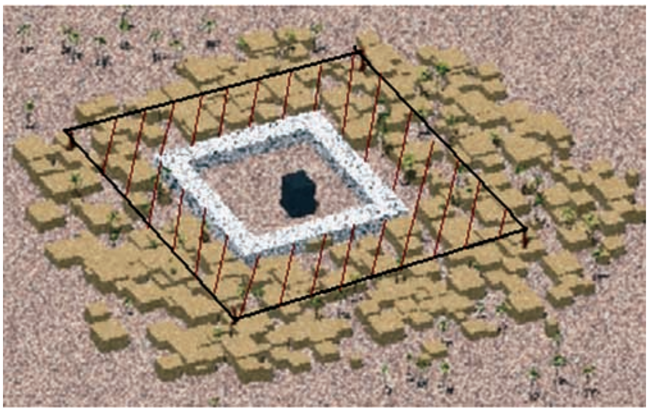
Forme géométrique : Dans sa description des éléments architectoniques, Qotb el-Din décrit les formes géométriques avec précision : damier d’échiquier, forme de croix, intersection en croix, demi-cercle, cercle complet, angle droit, forme hexagonale et orthogonale, forme chrétienne, byzantine et romaine.

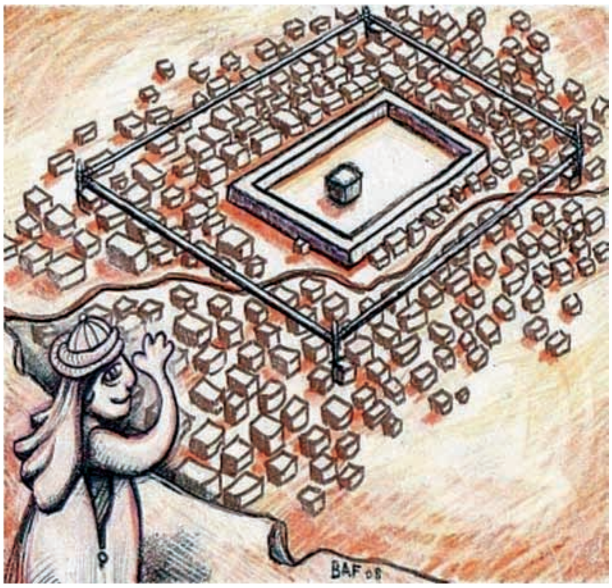
Le nombre : Qotb el-Din donne avec précision et rigueur le nombre de colonnes et balcons de la grande mosquée (*Masdjed el Haram*): il cite le nombre de 469 colonnes et 1 380 balcons .

LES TECHNIQUES DE VUE EN PLAN DES PROJETS DE CONSTRUCTION

Al Mahdi à la recherche du carré parfait p 68 DL16

Lorsque el-Mahdi avait vu que la forme carrée de la mosquée n’était pas régulière (*carré parfait*) « *tãrbie el mãsdjid* » et que la Kaaba était décalée de son côté yéménite, il avait rassemblé les ingénieurs et il leur avait dit qu’il voulait rallonger rajouter le côté yéménite de la mosquée en sorte que la Kaaba soit au centre de la mosquée. Les ingénieurs lui ont signifié qu’entreprendre pareils travaux était impossible, à moins bien sûr, de détruire les maisons situées sur la rive de l’oued, en face du mur yéménite de la mosquée, « *ce n’est pas tout*), l’oued serait délocalisé et mis à l’emplacement initial de ses maisons même (…), mais si la trajectoire de l’oued est délocalisée, de sa position initiale, il y aura risque d’éboulements des fondations





futures du mur *qui sera construit*, avec aussi un risque d'inondations : l'eau pouvant déborder (*quant l'oued sera en crue*) de son lit et également stagner à l'intérieur de la mosquée. Pour *réussir ce projet,* il faudrait sacrifier beaucoup de maisons en les détruisant et cela reviendrait cher et pourrait échouer.

Le *masãa* au temps du Prophète était large, et ces maisons avaient été construites après, dans son ancien espace, alors el-Mahdi les avait détruites et avait introduit quelques-unes dans la mosquée et avait laissé les autres pour le *saï*, il n'a pas était transformé complètement.

Al Mahdi avait dit : *Je concrétiserai (ce projet) cette extension même s'il faut que je dépense tout le budget des « Bouyout Amouel ».* Il fût tenace et motivé à le faire, et c'est ainsi qu'en sa présence les ingénieurs ont « architecturé » et conceptualisé en temps réel sur terrain réel ; ils avaient fixé et élevé des lances assez hautes sur les terrasses des maisons au bord et au long de l'oued jusqu'à son terme, tout autour de la mosquée puis et ils ont encadré la mosquée du haut des terrasses, et el-Mahdi est monté au sommet de la montagne Abi Qabis avoisinant la mosquée, pour s'assurer en temps réel de la forme parfaite du carré de la mosquée avec la Kaaba au centre ; ainsi il a pu déterminer et repérer, du sommet de Abi Qabis les maisons à détruire, ensuite, il est parti en Irak où il a trouvé l'argent nécessaire à l'indemnisation de ses propriétaires des maisons détruites et au financement du projet de construction.

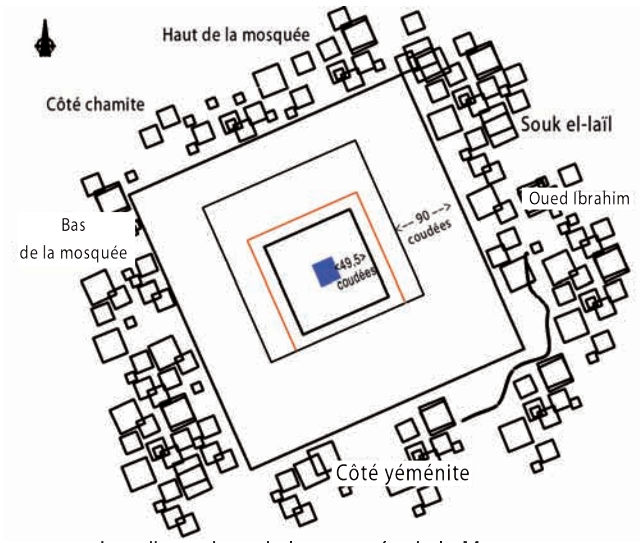
Cela nous a été reporté par les écrits d'el-Azraqui et el-Fakihi, ainsi qu'el-Hafidh Ben Omar Ben Fahd dans leurs travaux d'Histoire

L’extension : *P 70G L16.*

D’après el-Hafidh Nadjm el-Dine ben Fahd, dans les événements de l’an 167 h, on avait détruit des maisons pour l’agrandissement de la mosquée et l’extension d’al Mahdi, une bonne partie de la maison de Mouhamed ben Abbad avait été détruite et avait été remplacée par el *masãa* et l’oued qui avait été déplacé jusqu’à son ancien emplacement et aujourd’hui la porte des nobles de la ville de la Mecque.

Les dimensions de la mosquée après l’extension P 71G L11.

Il y avait entre le mur de la Kaaba et le mur yéménite de la mosquée relié à l’oued 49,5 coudées et après l’extension, il y avait entre le premier mur de la mosquée et le mur qu’on venait de faire 90 coudées ; ainsi la mosquée a été considérablement dégagée et l’on a introduit la maison d’Oum Hani dans le coin yéménite de la mosquée.



Les dimensions de la mosquée de la Mecque après l’extension P 71G L11

LES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION DES COLONNES

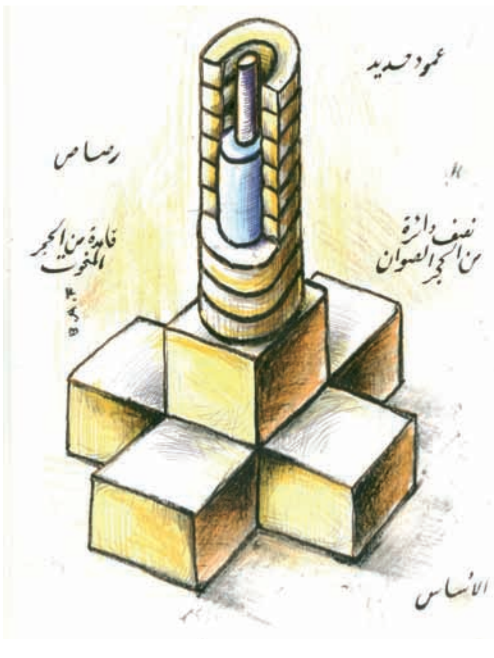
Les fondations pour les colonnes *P 68 D L1*

On avait fait des fondations pour ces colonnes, on avait creusé dans le sol des murs en forme de croix et on avait élevé chaque colonne sur leur intersection, c’est ce qu’a révélé l’inondation de 930h, on avait continué jusqu’à l’an 164h (fig.2)

Hamza ZEGHLACHE
Laboratoire d’Architecture méditerranéenne, Université Ferhat Abbas, Sétif

بعد الحج لتعمير المسجد الحرام فلما دخل الحجاج من مكة شرع في
تنظيف الحرم الشريف من تلك الاكوام التراب وحفر الارض
وكشف عن اساس المسجد الشريف وعن اساس الاسطوانات
في الجانب الغربي من الحرم المحترم وبعض الجانب الشامي
منه الى باب العجلة فظهرت اساس الاسطوانات مثل تقاطع
الصليب تحت كل اسطوانة فبناها واحكم تلك الاساسات
على هيئة بيوت الشطرنج تحت الارض وبناها الى ان رفعها
الى وجه الارض على اشكال زوايا قائمة وقطع من جبل
بالشبيكة على يمين الداخل الى مكة احجار صوان صلبة منحوتة
على شكل نصف دائرة بقدر ربع آخر منحوت مثل دائرة تامة في سمك
ثلثي ذراع ووضعت على قاعدة مربعة منحوتة على محل التقاطع
الصليبي على وجه الاساس المرتفع على الارض ووضع عليها دائرة
اخرى مثل الاولى ووضع بينهما بالطول عمود حديد منحوت
لربع الحجرين المدورين وسبك على جميع ذلك بالرصاص الى ان
ينتهي طوله الى طول اساطين المسجد فيوضع عليه حجر منحوت
من المرمر مجوفا على ذلك العمود من فوقه وحجر لخشب
مربع يوضع عليه ويبني من فوق طاق يعقد الى العمود

La position de la colonne.
Infographie : Salima ALOU, PG :2003



Le lexique architectural et technique de Qotb el-Din

Le mot	Page et ligne	Signification	Traduction
رباط	130 – D –7	معهد مبني و موقوف للفقراء	Ribât :quartier
خلوة	130 – D –14	مكان يستخلى فيه	pièce
سقف	130 – D – 14	أعلى البيت المقابل للأرض	Toit
شباك	130 – D – 15	النافذة مطلقا	Fenêtre
أسطوانة	130 – G – 5	عمود، ما يقام عليه البيت	Colonne
عقد	130 – G – 9	ما عقد من الأبنية	Voûte
قناديل	131 – D –11	مصابيح	lampes
رواق	131 – D – 12	سقف في مقدم البيت، أو كساء مرسل على مقدم البيت من أعلاه إلى الأرض	Galerie
عمارة	131 – D – 15	ما يعمر به المكان	Dans le texte : réhabilitation
طاق	131 – G – 17	ما عطف من الأبنية أي جعل كالقوس من قنطرة و نافذة و ما أشبه من ذلك و الكلمة فارسية	arc
الصحن	133 – G – 4	الساحة أو الوسط	cour
عمّر	133 – D – 16	جعله أهلا (المنزل)	Réhabiliter (dans le texte)
رممّ	133 – D - 4	أصلح	Restaurer

Le mot	Page et ligne	Signification	Traduction
أساس	131 – G –3	قاعدة	Fondation
حجر صَوّان	131 – G –9		Granite
نحت	131 – G – 9	نحت الحجر : سواه و أصلحه	Tailler
نقش	131 – G – 11	لونه لونين أو أكثر	Gravure
سبك	131 – D – 14	أذاب و صب في قالب	Faire fondre et couler
مرمر	131 – G – 16	الرخام أو نوع منه أشد صفاء	Marbre pur
رخام	132 – D –4	حجر معروف	Marbre
كلس	132 – D – 8	ما يقوم به الحجر و الرخام و نحوهما و يتخذ منها بإحراقها	Chaux
نجر	131 – D – 16	الخشب : نحته و سواه	Tailler
الجصّ	132 – D – 1	ما تطلى به البيوت من الكسل	Plâtre
دلك	133 – G – 15	حك و ألان	Polir
خشب الرّوم	132 – D – 11		Bois romain
خشب السّاج	132 – D - 12		Teck
خشب الصنوبر	132 – D - 13		Pin
خشب السرو	132 – D - 13		Cyprès
خشب العرعر	132 – D - 11		Genévrier

Table métrologique de Qotb el-Din

								الوحدة cm سم
						1	Doigt الاصبع	1,925
					1	1+1/4	Carat القيراط	2,4
				1	3,21	4	Poignée القبضة	7,7
			1	3	9,63	12	Empan الشبر	23,1
		1	1+3/4	5+ 1/4	16,84	21	Coudée ذراع اليد	40,425
	1	1+1/7	2	6	19,25	24	Coudée légale ذ,شرعى	46,2
1	1+1/4	1+3/7	2+1/2	7+1/2	24,06	30	Coudée de maçon ذ,البنايين	57,75
ذ,البنايين	ذ,شرعى	ذراع اليد	الشبر	القبضة	القيراط	الاصبع		

Bibliographie thématique

Timothy Mitchell, *Colonising Egypt*, Cambridge, New York, Cambridge University press, 1984

Pouhadi V. Ibrahim, *'Muslim Libraries during the Middle ages in the Work of Orientalists'*, in Mohamed H. Faghfoory, Bacon Of Knowledge, Essays in Honor of Seyyed Hossein Nasr, Fons Vitae 2003, Louisville, Kentucky.

Kilgour G. Frederick, *The evolution of the Book,* Oxford University Press, 1998

Wheatley Paul, *Level of Space Awareness in the Traditional Islamic City,* Ekistics N°253, Dec. 1976, p.356.

Otto Van Simpson, *The Gothic Cathedral,* New York: Harper Torchbook, Harper and Row, (1956), (1964), p.15

Wheatley Paul, *City as symbol*, an Inaugural Lecture Delivered at University College, London 20 novemger 1967, London: H.K. Lewis & Co. LTD.

Ivry L. Alfred, *Al-Kindi's Metaphysics*, a translation of Yaqub Ibn Ishaq al-Kindi's Treatise "On First Philosophy", State University of New York Press, Albany, 1974.

Arkoun Mohamed, *Penser l'Islam Aujourd'hui*, Ed. Laphonic, ENAD, Alger 1993.

Leaman Oliver, *The Search for tradition: Islamic Art and Science in the Thought of Seyyed*

Hossein Nasr, in H. Faghfoory, op.cit.

Hamon Philippe, "*Sciences de l'Architecture et Science du Texte*", in Focillon H., *Vie des formes*, Paris, 1943.

Seyyed Hossein Nasr, Oral Transmission and the Book in Islamic Education: The Spoken and Written Word, in, George N Atineh, "The Written Word and Communication in the Middle East", State University of New York Press, 1995.

Derrida Jacques, *Le Mal d'Archive, une Impression Freudienne*, Galilée 1995, Paris.

Derrida Jacques, *Archive Fever : A Freudian Impression*, Translated by Eric Prenowitz, Chicago, Chicago University Press, 1996.

Perez Gomez, Alberto, *Architecture and the Crisis of Modern Science*, Cambridge, Mass, MIT Press, c1983, p.06.

Abu–Lughod, Janet, The Islamic City-Historic Myth, Islamic Essence, and Contemporary Relevance, *International Journal of Middle East Studies*, 1987

L e *Muqarnas* est un important élément décoratif et architectural musulman, en trois dimensions. Dans son *Miftāh al-Hissāb*, l'illustre mathématicien al-Kāshī a consacré une partie au calcul d' aire des *Muqarnas*.

S.J. Tambiah, *Levelling Crowds: Ethnonationalist Conflicts and Collective Violence*, University of California Press, 1996

– *Magic, Science and Religion and the Scope of Rationality*, Cambridge Press, 1990

Louis Dumond, Homo Hiearchicus, Essai Sur le Système de Caste, Paris , Galimard 1971

Durkheim Emile and Marcel Mauss, *Primitive Classification*, Translation and Introduction by Rodney Needham, The University of Chicago Press, 1963

Sylvain Gouguenheim, Aristote au Mont-Saint-Michel. Les racines grecques de l'Europe chrétienne, Paris, Seuil, Coll. « L'Univers Historique », 2008

Louis Florion, L'affaire Aristote : retour sur un emballement historiographico-médiatique, Fabula. La Recherche en Littérature, 2008

GÉOGRAPHIE ET GÉOGRAPHES AU MAGHREB : ENTRE CARTE ET *RIHLA*

Les acteurs de l'Antiquité

La rive sud de la Méditerranée, qui a pris diverses dénominations au cours de l'histoire, a suscité l'intérêt des explorateurs de l'Ancien Monde. Les Grecs qui se sont penchés les premiers sur la question[1] n'avaient pu donner aux Romains que de faibles notions sur les pays de l'Afrique. Les Romains, pour mieux connaître les territoires conquis, créèrent au sein de l'armée une sorte de service de géographie constitué par les *mensores* (géomètres). Leurs travaux géographiques dans tous les territoires soumis à l'Empire ont contribué pour une grande part aux progrès de la géographie antique.

Rome : fin d'une république, expansion d'un Empire

C'est sous le règne de l'empereur Auguste qu'on procéda au relèvement topographique et à l'arpentage des territoires de l'empire. Ce travail considérable aurait rendu à l'histoire et à la géographie un service immense, s'il nous était parvenu. Malheureusement ce n'est pas le cas. C'est grâce à un obscur géographe de la seconde moitié du IVe s. *Ethicus*[2], que nous prenons connaissance de cette œuvre monumentale. Il s'est contenté de rapporter que Jules César ordonna par un *senatus consulte* que le monde romain entier soit mesuré par des hommes de la plus grande habileté et doués de tous les genres de savoir. L'opération de mesure aurait commencé en 44 av. J.-C., sous le consulat de Jules César et de Marc Antoine. Ainsi, un certain *Zenodoxus* mesura tout l'Orient en l'espace de 14 ans, 5 mois et 09 jours ; un autre *Theodotus* mesura la partie septentrionale en 20 ans, 08 mois et 10 jours ; et enfin un dernier personnage du nom de Polyclitus mesura la partie du Midi en 25 ans, 1 mois et 10 jours [3].

En 25 ans, les *mensores* parcoururent l'empire jusqu'à ses confins et présentèrent ensuite au sénat un compte rendu de leurs travaux. Une carte fut exécutée à Rome sur les murs du portique Vipsanius Agrippa [4].

Pline l'ancien, fait écho aussi d'une opération géodésique semblable, qu'il attribua à M. Vipsanius Agrippa, premier ministre et gendre d'Auguste.[5]

Savoir-faire Africain ; un autochtone méconnu

Un ouvrage important aurait pu nous éclairer sur la géographie antique de l'Afrique, c'est celui que publia Juba II, le jeune roi de Maurétanie césarienne (25 av. J.-C.-23 AD). Il traitait de l'histoire et des origines berbères. En fait, on ne connaît de cet ouvrage que les citations fréquentes, mais fort brèves, que fait Pline dans son *Histoire naturelle* [6].

Denier de Juba II

1 En l'absence des travaux des Phéniciens et surtout des Carthaginois.

2 Ethicus Hister, Aethici. *Cosmographia* , géographe latin, que l'on ne connaît que par trois extraits informes sur la géographie du monde romain, vivait vers le VIe ou le VIIe s. AD et était probablement originaire de l'Istrie, comme l'indique son nom. Les extraits d'Ethicus ont été imprimés sous le nom de Cosmographie d'Ethicus, d'abord à Venise, (1513), puis à Bâle, (1535), à Leyde, (1722), par Gronovius, et à Paris, (1852), par d'Avezac avec un savant Mémoire sur l'auteur.

3 Avezac, Marie-Armand-Pascal d' (1800-1875), *Ethicus et les ouvrages cosmographiques intitulés de ce nom,* mémoire lu à l'Académie des inscriptions et belles-lettres, 1re série, tome II. Paris, Imprimerie nationale, 1852. suivi d'un appendice contenant la version latine abrégée, attribuée à saint Jérôme, d'une cosmographie supposée écrite en grec par le noble Istriote Ethicus.

4 Pallu de Lessert, *l'œuvre géographique d'Agrippa et d'Auguste*. *Société des antiquaires, T.VIII, 1909.*

5 Blair. J, *The history of the rise and progress of geography*, London, 1784. p. 76.

6 Pline, *Historia naturalis, les livres V, VI, VIII, XXXII, et XXXVII.*

Les précurseurs

Au cours du premier siècle ap. J.-C, **Suétone** effectua un relèvement topographique dans la haute vallée de l'atlas Maurétanien. Il a été l'un des premiers explorateurs du Sahara en Afrique, venus de la rive nord de la Méditerranée. Son rapport est aussi perdu, et seul Pomponius Mela [7] en fait mention dans son ouvrage de géographie « *De situ orbis* lib III. » et *Pline* dans son *Histoire Naturelle*[8].

Ces documents ont servi surtout les géographes grecs d'Alexandrie. C'est grâce aux renseignements des *mensores* et des géographes que Strabon[9] a pu dans son traité de géographie donner une nouvelle étude de l'Afrique du Nord. Le 17e livre de sa géographie est consacré à l'Égypte qu'il avait visitée et à la Libye [10] occidentale décrite jusqu'à l'océan. A contrario de Pline et de Ptolémée qui présentent leur géographie comme une énumération de noms de lieux, de positions, et de mesures topographiques, Strabon fait preuve dans son ouvrage d'un style descriptif prolixe, d'un sens critique éclairé et d'une connaissance parfaite de la composition.

L'école Alexandrine

Les illustres représentants

Avant l'apparition du dernier représentant de l'école d'Alexandrie, Claude Ptolémée, les travaux scientifiques des Phéniciens, échappés au désastre de la chute de Tyr, comme il fut le cas pour celle de Carthage, furent exhumés par Marin de Tyr. Celui-ci composa une géographie et dressa sur la base des tables trigonométriques d'Hipparque, une carte du Monde. Les travaux de Marin de Tyr sont perdus. Sa géographie, compulsée et corrigée par Ptolémée[11], dont elle devint la trame de fond et l'excellente base de travail. Huit livres de la géographie de Ptolémée sont parvenus jusqu'à nous. Le premier est une critique de l'ouvrage de Marin de Tyr.

Les six derniers livres renferment la liste de toutes les localités, rivières, montagnes remarquables du monde alors connu, soit 8 000 noms classés par régions et pays. Un livre est consacré à l'Afrique, deux à l'Europe et trois à l'Asie. Le huitième est une récapitulation. L'ouvrage jouissait d'une réputation universelle pendant la période médiévale, malgré sa modeste structure scientifique et les très nombreuses erreurs. Il sera traduit en arabe, puis en latin et publié ensuite de nombreuses éditions en Europe au cours du XVe siècle. C'est la raison pour laquelle la géographie de Ptolémée se trouve être le premier ouvrage de l'antiquité qui est parvenu jusqu'à nos jours avec la plus grande partie de son texte et de ses cartes.

L'apport à la connaissance de l'Afrique

En ce qui concerne l'Afrique, Ptolémée met pour la première fois dans ces cartes des noms pour les territoires du sud de l'Atlas et de la Libye inférieure dont jamais Pompius Mela, Stabon ni même Pline n'avaient mentionné l'existence. La nomenclature de ces noms ne peut avoir d'origine que les textes puniques portent à la connaissance de Marin de Tyr.

Itinéraires figurés, et itinéraires annotés

Les premiers manuscrits cartographiques romains qui nous sont parvenus datent du dernier siècle de l'empire. Nous connaissons un livre de routes : l'Itinéraire Antonin, ajouté en appendice à l'ouvrage de l'historien ***Ethicus*** (cf. note n° 03) à la fin du IV° siècle. Cet itinéraire devait servir de complément à sa cosmographie latine. Il est possible qu'il soit une abréviation du grand travail géodésique du siècle d'Auguste cité plus haut.

Grâce à un collectionneur du XVe siècle, célèbre pour son amour des sciences et des cartes, Peutinger d'Augsbourg, nous possédons une carte d'itinéraires du IVe siècle connue sous le nom de « Carte Peutinger ». Conservée à la bibliothèque de Vienne en Autriche.

Depuis Auguste, les Romains utilisent deux sortes de cartes civiles et militaires d'itinéraires :

Itineraria annotata (itinéraires annotés) ;

Itineraria picta (itinéraires figurés).

L'itinéraire Antonin est du type *annotata* et la carte Peutinger du type *Picta* .

Un moine du VIIe siècle, un géographe anonyme de Ravenne, a laissé un itinéraire très précieux et si conforme pratiquement en tout point à la carte Peutinger que l'on s'est demandé s'il ne s'agissait pas du véritable auteur. Néanmoins, d'autres savants attribuent ce document à *Castorius*.

---

7 Pomponius Mela, qui écrivait aux alentours de 43, est considéré comme le plus ancien géographe romain. Il donna une description qui couvre le monde connu des Grecs et des Romains. Sa géographie, dont nous possédons quelques courts fragments, présente de ce fait quelque intérêt.

8 Pline, *H.N, V, 14-15-16*.

9 Strabon est un géographe grec, né vers la moitié du premier siècle avant, à ***Amasée*** actuelle Amasya en Turquie.

10 Nom donné à l'Afrique du Nord à cette époque.

11 Ptol. *Géogr. lib. 1, VI.*

Carte Peutinger. Segment I et II. Bassin occidental de la méditerranée.

Les institutions Proconsulaires et religieuses de l'Afrique du Nord avec leurs insignes. Notitia Dignitum, in Atlas iconographique de l'Algérie. Alger 1930.

Notice des dignités dans les deux parties de l'empire : Atlas des subdivisions de l'empire, et organigrammes civil et militaire.

Vers 430 AD parut à Rome une ***Notitia utriusque imperii cum orientis tum occidentis***[12], plus connue sous le nom de La ***Notitia Dignitatum***. Cette notice, rédigée sous la forme d'almanach impérial, contenait une foule de documents topographiques et administratifs. Elle fut conservée dans la bibliothèque capitulaire de la cathédrale de **Spire** jusqu'au XVI^e^ siècle, époque à laquelle elle disparut. Par bonheur, des copies en avaient été exécutées au XV^e^ siècle. L'une des plus belles est conservée à la Bibliothèque Nationale de France (Bnf. Man. n° 9661). La *Notitia Dignitatum* contient une très riche iconographie sur l'Afrique du Nord et ces institutions emblématiques, entre autres les Vicariats d'Afrique avec les cinq autres provinces qui en dépendent : Byzacène, Numidie, Maurétanie Sétifienne et Maurétanie Césarienne.

12 Trad : Notice sur les deux empires d'orient et d'occident.

Les institutions Proconsulaires et religieuses de l'Afrique du Nord : Monuments et insignes. *Notitia Dignitatum, in Atlas iconographique de l'Algérie*. Alger 1930.

1. Le moyen âge

L'interface carolingienne pour la cartographie européenne :

Depuis la fin de l'antiquité, les travaux conduits par Cassiodore (480-575 AD) et Isidore de Séville (530-636 AD), contribuent à transmettre à l'Occident la culture antique. Ils seront le corolaire pour la période carolingienne (Charlemagne 742-814 AD). On s'accorde à reconnaître une activité scientifique, sous la bienveillance de l'Empereur Charlemagne, qui aurait commandé que l'on grave une mappemonde sur trois tables d'argent.

D'autres documents de la cour de Charlemagne vont servir de modèles pour les couvents anglo-saxons, et aboutiront entre le IX^{e} et XI^{e} siècle à la réalisation de mappemonde de type dite du "T dans l'O" : ce sont des images du monde où Jérusalem et l'Arménie considérées comme le paradis terrestre occupent le centre. Les images du monde ne représentent dans l'absolu aucun intérêt pour le géographe, la cosmographie est en fait seulement mobilisée pour l'étude des livres et les lieux saints.

Mappemonde pour la prédication
Beatus de Liebana, *Commentarius in Apocalypsim.* 1060 Ap. J.-C. BNF, Manuscrits (Latin 8878 f° 45bis v°-45ter).

Dès le VIII^{e} siècle, les représentations schématiques de la terre habitée ou « l'œkoumène », qu'on appellera plus tard « mappemondes » prennent la forme dite du « T dans l'O » : *Terra Orbis* . Les trois parties, inscrites dans le O de l'anneau océanique, sont séparées par le T dont la hampe figure la Méditerranée et les branches représentent deux fleuves : l'une, le Tanaïs, limite traditionnelle entre l'Europe et l'Asie ; l'autre, le Nil, partage ordinaire de l'Asie et de l'Afrique. Ce monde est fini, clos par le cercle océanique infranchissable. Les mappemondes sont souvent orientées vers l'est, l'Orient et le Paradis terrestre sont placés en haut.

2. L'époque de l'Islam

Le *renovatio* géographique carolingienne ne fit pas long feu, elle connut après Charlemagne une décadence rapide dans le royaume des Francs. Ce sont les Arabes nouvellement convertis à l'islam qui vont l'enrichir grandement, par des travaux qui vont s'appuyer sur un patrimoine scientifique grec, persan et indien.

Devenus maitres d'un vaste empire, les musulmans, cherchèrent comme leurs prédécesseurs à prendre connaissance aussi complètement que possible, des territoires nouvellement conquis.

La géographie, les débuts fulgurants

En conquérant l'Égypte, les musulmans rentrent en possession des derniers ouvrages de l'école d'Alexandrie, les géographies et cartes de Marin de Tyr et Ptolémée. Sous l'impulsion des Califes et des souverains intéressés, souvent eux même versé dans l'astronomie et la géographie. Cette dernière devint une des disciplines les plus étudiées dans les universités.

2.1. L'épisode abbasside

C'est sous le règne du Calife Haroun Er-Rachid (812-832 AD) et de son fils Al Ma'moun (837 AD) que les premiers travaux géographiques arabes voient le jour. Ils font suite à la traduction de la géographie de *Ptolémée*, par Hadj Al-Hasib en 830 AD. Le gardien de la Bibliothèque de Bagdad **:** Abŭ Dja'afar Mohamed ben Moussa Al-Khawarizmi**,** élabore à la même époque une table astronomique et un traité de géographie.

Abŭ Al-Fida et Ibn Yunous, rapportent qu'Al-Ma'moun, chargea la crème des astronomes de l'époque : Ali ibn Aissa Al Astrolabi, Khaled ibn Abdelmalek, Sand Ibn Ali et Ali Ibn El-Bahtari de mesurer un arc de méridien dans le Sinjar, près de Ninive et de calculer la circonférence du globe terrestre. Cette opération est considérée à juste titre comme une volonté des premiers géographes des pays de l'Islam de s'émanciper rapidement des principes et des formules de cartographie géographie ptoléméenne ou Alexandrine.

À partir de cette initiative, la géographie des pays de l'islam rompt avec le système Ptoléméen et établît une cartographie originale de type astronomique, fondée sur des bases scientifiques. Ceci même si les *rasms* (cartes) d'Al-Khawarizmi, sont encore plus au moins des adaptations des travaux de Marin de Tyr.

L'apport de la technologie

La discipline connut un essor certain en parallèle au développement des disciplines physiques et mathématiques. C'est ainsi que l'introduction de la boussole par les Arabes depuis la lointaine Chine, ainsi que la rose des vents, sans oublier le plus important « l'astrolabe », par Ali Ibn Aissa Al-Astorlabi[13], ou Muhammad Ibn Ibrahim Al-Fazari [14] , vont élargir les moyens d'investigations ainsi que les résultats et rendus des travaux géographiques, et insuffler un essor pour la dynamique de révolution de la géographie Ptoléméenne initie par les savants de Beit Al-Hikma à Bagdad .

En plus des aspects techniques du développement, la vie pastorale des Pays de l'Islam, le développement d'un commerce intercontinental et enfin les préceptes de la religion qui incitent tout musulman à faire le pèlerinage de la Mecque au moins une fois dans la vie, ne sont pas étrangers à l'essor de la discipline.

C'est particulièrement en l'occasion de ces voyages qui suscitent la curiosité que des pèlerins érudits et observateurs ont transmis des relations de voyage sur le Maghreb et l'Andalousie.

L'*Atlas du monde islamique* élaboré par Al-Balkhî, élargi et amplifié par Al-Istakhrî, Ibn Hawqal et Al-Muqaddasî (fin X[e] siècle), se compose de 21 cartes : celle du monde, celles des trois mers (Méditerranée, Mer Caspienne, Océan Indien), les autres représentant les régions géographiques .

Le Maghreb : émancipation politique des dynasties berbères

Comme l'essentiel des efforts de traduction et des activités scientifiques était concentré dans le Mashriq et principalement à Bagdad, le Maghreb en tant qu'entité géographique était seulement décrit dans les traités généraux concernant la totalité des possessions du califat et les relations de pèlerinage . Il ne fut jamais en ces temps-ci l'objet d'une étude particulière.

Atlas des Pays de l'Islam d'***Al-Istakhrî.***

Néanmoins, la notion de « Maghreb » en tant qu'entité géographique, trouve un prolongement étymologique à partir de celui de « Maurétanie » : les deux dénominations renvoient au pays où se « «couche le soleil : le Maghreb. Ce territoire qui depuis les débuts de conquête musulmane jusqu'au VII[e]-VIII[e] siècle, englobait déjà l'Afrique du Nord, et la majeure partie de l'Espagne ; exactement comme au temps des Romains.

On constate ainsi que les entités et divisions géographiques et administratives antiques ont été gardées en tant que telles :

Maurétanie Tinginitaine=Maghreb Al-aksa=Maroc ;

Maurétanie césarienne & *une partie de la Numidie* = Maghreb Al-awsat= Algérie ;

Africa (propria) & une partie de la Numidie = Ifrikia =Tunisie .

À partir du XI[e] s., le Maghreb et l'Andalousie passent sous la domination de puissantes dynasties Berbères : Zirides, Hammadites, Almoravides et Almohades. La longue stabilité politique, et la facilité des échanges économiques furent les conditions de la prospérité de la région. Ce qui semble avoir donné une impulsion à la mobilité de l'intelligentsia à l'intérieur des pays de l'islam du Maghreb vers l'Andalousie, mais surtout en sens contraire. Le nombre de savants andalous qui se sont installés à Béjaia, Tlemcen et Tunis[15] en est révélateur.

13 Thomas Hockey et al. (Dir.). *L'encyclopédie biographique des astronomes*, *Springer référence*. New York: Springer, 2007, p. 34

14 Richard N. Frye, *the golden age of Persia* , p. 163.

15 cf. Al Ghubrini, *unwan Al-diraya*.,

Les illustres représentants de géographie musulmane du Maghreb :

El-Edrisi(1100-1165)

El-Edrisi dans son *Kitab nuzhat al-muštaq*, offre une synthèse des connaissances géographiques héritées de l'Antiquité et d'observations récoltées sur terrain. Il renonce à la centralité de l'Islam au profit du système de Ptolémée. Il est considéré comme un des acteurs de la transmission du savoir grec et de sa redécouverte en Occident à partir du XIIIe siècle. Traduction en latin, sa « géographie » va bouleverser la vision du monde. Sous le titre de : « *Nuzhat al al moušhtak fi dhikri Al-amssar wa Al-aktar wa Al-djouzor wa Al-madayen wa Al-affak* »[16], son atlas décrit de manière très codifiée les pays, leurs villes principales, leurs routes et leurs frontières, les mers, les fleuves et les montagnes. Méthodiquement il commente ces cartes en suivant des itinéraires, comme un véritable guide. La nature des informations qui sont rapportées est géographique en premier lieu, mais également économique et commerciale, historique et religieuse.

La nouveauté dans l'œuvre d'El-Edrisi est son attachement à vérifier et à recouper rigoureusement les informations que lui rapportent les missionnaires, les marchands, voyageurs et pèlerins, et à éliminer systématiquement celles qui sont contradictoires ou à caractère fabuleux. La *Géographie* d'Al-Idrisi est un tournant décisif dans l'histoire de la discipline, elle met sur une même carte l'Asie, l'Afrique et l'Europe. Elle connut un certain succès dans le monde arabe. Le livre est cité, copié, repris, augmenté, réduit, traduit. En Occident, il est imprimé pour la première fois en caractères arabes à Rome en 1592, partiellement traduit et publié en latin en 1619.

Atlas d'Al-Idrisi, extrait de « Nuzhat al al moushtak fi dhikri Al-amssar wa Al-aktar wa Al-djouzor wa Al-madayen wa Al-affak », appelé aussi Kitab Rojar, est un livre à la gloire de Roger II de Sicile (1095-1154), commanditaire de l'œuvre.

Ibn Saïd Al-Maghribi, 1214-1274

Les ouvrages de géographie arabe jusqu'au XIIIe siècle, décrivent le Maghreb et l'Andalousie, soit comme provinces du khalifat et le subordonnant à l'échelle générale du monde musulman, ou comme sujet de monographies sommaires ; d'où les renseignements foncièrement abrégés qu'ils contiennent.

La première véritable monographie sur le Maghreb est due au célèbre géographe andalou de Grenade Ibn Saïd Al-Maghribi [17] (1214-1274), qui au cours d'un voyage, releva minutieusement les latitudes et longitudes de nombreuses cités du Maghreb :

Ibn Said Al-Maghribi		
Ville	Longitude	Latitude
Sala	07° 10'	33° 30
Fas	10° 50'	33° 0'
Marakech	11° 0'	29° 0'
Tandja (tonger)	08° 31'	35° 30'
Tlemcen	14° 40'	38° 42'
Bejaia	22°00'	34° 15'
Kasantinah	26 °40'	33° 22'
Tounis	32° 50'	33° 31'
Mahdia	34° 40'	32° 0'
Kabas	32° 40'	30° 2'
Tunis	29° 0'	38° 0'
Kairouan	33° 0'	31° 0'
………	……..	…..

Abŭ Al-Hassan ibn Ali ibn Omar al-Marrakchi (1230)

Savant de l'époque Almohade, célèbre en astronomie, mathématique, géographie, et la fabrication des horloges solaires.

16 Appelé aussi *Livre de Roger*, est un livre à la gloire de Roger II de Sicile (1095-1154), le commanditaire de l'œuvre.

17 Plus connu en Occident sous le nom de *Magrebinus*

Carte d'Ibn Said Al-Maghribi 1274 e.c (restitution Khawadian).

Lors de la rédaction des traités sur la trigonométrie «Jamae al-Mabadie' wal Ghayate fi Ilm al-Miqate»18 où il innove en incluant entre autres, le sinus, le cosinus et la flèche, a introduit d'importantes corrections géographiques et renouvelé le tracé de la carte du Maghreb. Il est le premier à avoir employé les fuseaux d'équivalence horaire.

Dans le chapitre XXVI de cet ouvrage, intitulé : « fi ma'rifat a'rdh Al-baled »19, Al-Marrakchi expose les méthodes de calcul de la latitude des lieux terrestres par la prise de la hauteur méridienne du soleil au-dessus de l'horizon de ce lieu, ou par le calcul de la hauteur d'une étoile dont la déclinaison est connue ». Il intègre une table de latitudes de 135 villes, dont il a personnellement relevé les mesures : « nous avons écrit en rouge les noms des villes dans lesquelles nous avons été, et dont nous avons observé nous même la latitude ; les noms des autres villes qui celles ou nous n'avons pas été et nous avons pris les latitudes tant dans les différents ouvrages que nous avons lus, que dans les relations qui nous ont été faites par différentes personnes. »

18 Hadji Khalifa considérait l'ouvrage comme étant un chef-d'œuvre en la matière, soulignant qu'il est divisé en quatre disciplines, à savoir le calcul, l'élaboration des appareils, l'utilisation des appareils, et des études pour acquérir connaissances et puissance créative. L'ouvrage comporte des problèmes en algèbre et en astronomie. George Alfred Léon Sarton (1884-1956.), pour sa part, le considère comme l'un des meilleurs ouvrages, comportant d'inestimables travaux de recherche dans les domaines de la trigonométrie et des diverses horloges solaires. Il a été traduit par Jean Jacques Emmanuel Sedillot et la traduction publiée par son fils, Louis-Emile Sedillot en 1834-1836. Carra de Vaux, quant à lui, a publié de cet ouvrage la partie relative à l'astrolabe.

19 *De la détermination des latitudes des pays*

Quelques coordonnées de villes du Maghreb que Al-Marrakchi a relevées lui-même.

Ville	Longitude	Latitude
Sidjilmassa	26° 00'	27° 00
Fas	24° 50'	33° 0'
Marakech	21° 20'	31° 30'
Tandja(tonger)	24° 10'	35° 10'
Tlemcen	14° 40'	34° 4'
Bejaia	36° 05'	36° 0'
kasantinah	37° 10'	34° 15'
Tounis	41° 45'	36° 30'
Mahdia	43° 50'	34° 49'
Tahert	31° 30'	29° 15'
Er rebat	29° 0'	38° 0'
Kalaat banou HammAD	35° 40'	34° 0'
Tarablos Al-gharb	48° 30'	33° 15'

Pour ce qui de la mobilité interconfessionnelle ou intercommunautaire, elle sera exacerbée après la huitième croisade initiée par Louis IX de France (1226-1270) plus connu comme *Saint Louis*. Les rapports commerciaux vont être rétablis fortement entre les deux rives de la Méditerranée, représentant les pays de l'Islam et de la Chrétienté par la mise en place de traités de paix et de commerce. La mise en place de représentations commerciales (Fondouks) va contribuer de manière directe au développement de la cartographie méditerranéenne, et donnera naissance à un nouveau modèle cartographique : les « *Portulans* ». Dans un contexte d'essor du commerce maritime, et la découverte du Nouveau Monde, les portulans s'imposeront plus tard comme seule forme cartographique retenue.

Le Maghreb dans les travaux des *Machariqats*

Entre les travaux de géographie de grande ampleur d'Ibn Saïd al-Maghribi(1214-1274), et les précieux relevés d'Abŭ al-Hassan Ibn Ali Ibn Omar al-Marrakchi (1230) et le célèbre travail d'Abû Al-Fida, *Taqwim al-Buldan*(1321), quelques géographes et astronomes se sont intéressés , dans un cadre global des possession de l'islam, au Maghreb. On doit à un géographe persan anonyme, le relevé des positions de quelques villes importantes de l'intérieur du Maghreb : Sous, Fès, Tahert, al-Zab, al-Massila, Satif, Kasantina, Beskara, Badja, Kairouan, Mahdia, kafsa, Tarablos et Barka[20].

20 In atlas iconographique de l'Algérie, p 25.

Vers 1280, un géographe d'Orient, Ouloug Beg[21], fournit toujours dans le cadre d'un travail d'ensemble sur les territoires de l'Islam, les positions astronomiques de quelques villes du Maghreb : *Sous, Fès, Sedjilmassa, Tahert, Kairouan, Mahdia et Trablos*.

Vers la fin du XIII[e] siècle, al-Kazwini[22] (Aja'ib al-makhluqat wa-ghara'ib al-mawjudat) et Yacout[23] al-Hamawi(1178-1229) Al-mo'djamm ont laissés respectivement deux notices géographiques.

Abû Al-Fida :

L'un des travaux de géographie de grand intérêt reste celui effectué par le prince Ayyubides, Ismaïl Ibn Ali, connu sous le nom d'Abŭ al-Fida[24] (ne 1271). Il compila savamment les travaux de ces prédécesseurs, en y ajoutant les résultats de ces recherches personnelles. Son ouvrage de géographie *Taqwim Al-Buldan*, et son ouvrage sur l'histoire *Mukhtasar tarikh al-bashar* (Abrégé de l'histoire de l'Humanité), fondé sur l'*Histoire* d'Ibn al-Athir, qu'il abrégea et poursuivit jusqu'à son époque, l'ont hissé au rang des plus grands géographes de l'Islam.

Pour le Maghreb, il a personnellement relevé la position des villes de : Sous, Sala, Tandja, Badis, etc.

Abû al-Fida		
Ville	Longitude	Latitude
Sous	07° 30'	30° 00'
Sala	07° 00'	33° 00
Tandja	07° 00'	35° 00'
Badis	10° 30'	34° 25'
Tlemcen	15° 00'	32° 00'
Wahran	15° 20'	33° 50'
Al djazair	22° 00'	30° 00'
Tounis	32°00'	33° 00'
Soussa	34° 00'	33° 22'
Mahdia	32° 40'	32° 00'
Trablos	38° 00'	32° 30'

21 Ouloug-Beg, *Tables astronomiques*. Sedillot, prolégomènes, p X. Paris 1847.

22 Abu Yahya Zakariya Ibn Muhammad al-Qazwini (1203 - 1283), Qazwini lui-même écrit qu'il a rencontré Ibn Arabi en 630/1233 à Damas, qui lui ont fourni des informations sur la ville de Séville. Qazwini ne parle que de Damas de sa propre expérience et s'appuie sur d'autres sources parlent d'autres villes.

23 Dictionaire de Yacout. Traduc. Barbier de Maynard. 1861.

24 *Abuelfedae*

Les auteurs : Géographes et Rahala(s)

Le profil de ces auteurs diffère quelque peu ; Il va du géographe à l'historien, au voyageur à l'astronome et mathématicien. Globalement on peut les mettre dans deux catégories :

La première concerne ceux, comme Ibn Saïd al-Maghribi, al-Zarqali, et al-Marrakchi, qui sont versés dans les sciences physiques ou les mathématiques et l'astronomie dispensées dans les universités musulmanes.

La seconde concerne des auteurs de *Rihlats*, tel qu'al-'Abdari, al-Wartilani, al-Tamakrouti, mais aussi les chroniqueurs, les biographes, les *F'aqih* qui rassemblent les *fatawi* des Imams, les poètes. etc.

C'est souvent en l'occasion du pèlerinage vers La Mecque, que des Andalous et des Magrébins établissent des relations de voyage. Ils compilaient et centralisaient les renseignements que fournissaient les pèlerins et marchands, ou publiaient eux même leurs souvenirs et relations de voyage. C'est ainsi le cas pour Ibn Ğubayr (XII[e] siècle) ; al-'Abdari (XIII[e] siècle) ; al-Tiğani (début XIV[e] siècle) ; al-Balawi et Ibn Battŭta (XIV[e] siècle) ; al-Tamqrŭti (XV[e] siècle), Ibn Hammadache et al-'Ayachi (XVI-XVII[e] siècle) et enfin al-Wartilani (XVIII[e] siècle)

Le cas d'al-Edrisi, constitue une exception, sa géographie est l'une des plus remarquables, elle a été réalisée à partir d'une démarche rigoureuse dont les sources d'information sont vérifiées et recoupées en amont, elle est aussi la seule géographie arabe à pénétrer l'Europe de la renaissance.

Liste exhaustive des Géographes et voyageurs des pays de l'islam :

Abou'l Abbas Ahmed Ben Mahmoud Ibn Taib, mort en 899. *Livre des itinéraires et des royaumes ;*

Abou'l Qassim Obeid Ellah Ben Khordadbeg al Djihani, mort en 912, *Itinéraires et Royaumes ;*

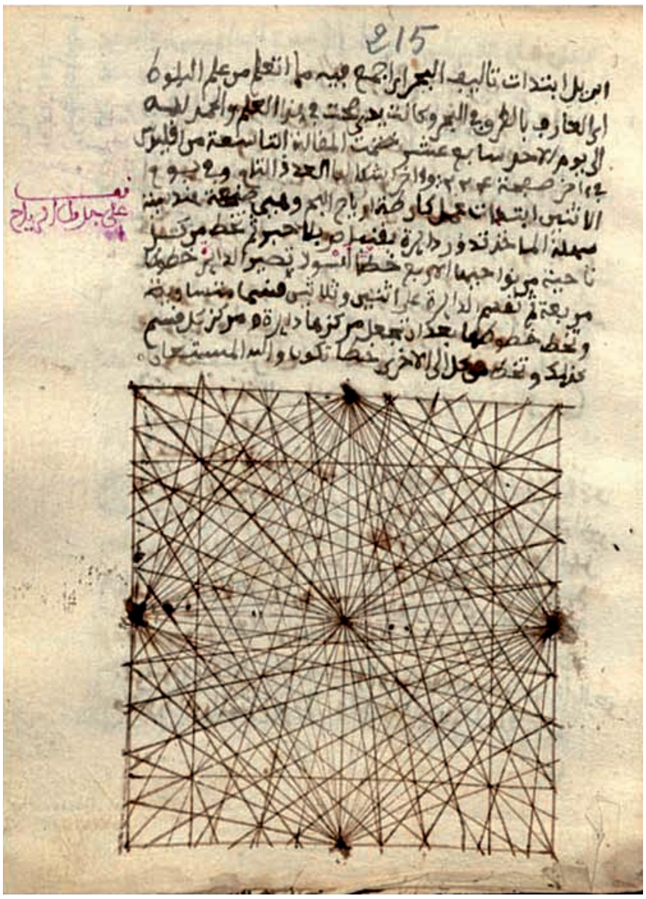
AbŭFaradj Kodama Ibn Djaafar al-Baghdadi al-Khatib, mort en 948, *Statistiques détaillées des possessions de l'islam ; Kitab al- Kharadj.*

Mohamed Ben Ahmad al-Anbari Khatib, mort en 924. *Livre des contrées, des régions et des histoires ;*

AbŭAbdullah Mohammed Ben Ahmad Ben Ali Al-Djihani, mort entre 900-920. livre des itinéraires pour connaître les royaumes ;

ALBATANY: *Abu 'Abdullah Muhammad Ibn Jabir Ibn Sinan Ar-Raqqi Al-Ḥarrani Aṣ-Ṣabi' al-Battany*[25] ; qui inaugura la série de traités de géographie basés sur les positions astronomiques ;

25 En latin : Albategnius, Albategni, Albatenius



Rihlat ibn Hammadouche 174.BG Rabat, Manuscrit n° 463.
Où il explique la manière de réaliser un portulan

Abŭ al-Hassen Ali Ben Hossein al-Massoudi Khodbeddine, né à Bagdad capitale des Abbassides vers la fin du IX^e siècle, célèbre pour son livre *Akhbar Azzaman*[26].

IBN HAWQAL **:** *Abou'l-Qasim Muhammad*, né à *Nisibe* dans l'actuel Kurdistan Turc. Voyageur, écrivain, géographe et chroniqueur. Son célèbre ouvrage, écrit en 977 e.c., est appelé *Sourate al-'Arḍ* (« Le visage de la Terre »), après un long voyage de 943 à 969, qui le mena entre autres au Maghreb, il publia en 977: *les itinéraires des provinces du khalifat*. Ces écrits étaient accompagnés de cartes.

26 Dont nous n'avons que des fragments, et l'abrégé fait par Massoudi lui-même sous le titre *Moroudj-al-Dhahab* (Prairies d'Or) ; éd. et trad. fr. de Barbier de Meynard et Pavet de Courtille ; Paris, 1861-77, 9 vol.); la première partie est cosmographique et géographique; la seconde, plus développée, est une histoire du monde depuis Mohamed jusqu'à la fin du IX^e siècle. Nous possédons aussi le *Kitab-al-Tanbih* (éd. par de Goeje; Leyde, 1894). On attribue encore à Massoudi le *Kitab-al-Adjaïb*, autre recueil d'anecdotes géographiques d'un caractère beaucoup plus fabuleux.

IBN YUNUS *Al-ṢADAFI* (979-1009), *Abū al-Ḥasan 'Alī Ibn 'Abd al-Raḥmān Ibn Aḥmad Ibn Yūnus al-Ṣadafi*, célèbre astronome. Il releva les coordonnées astronomiques de quelques cités du Maghreb :

Ibn Yunus		
Ville	Longitude	Latitude
Fèses	08° 0'	35° 35'
Sedjelmassa	10° 55'	31° 30'
Taherte(Tiaret)	19,°50'	34° 0'
Mahdia	31° 40'	34° 15'
Atrablos algharb	37° 20'	32° 20'

ABOURAYHANE AL-BIRUNI 1031, célèbre mathématicien et astronome, rectifia les cartes du califat. Ces travaux intéressaient particulièrement l'Asie, mais il étudia aussi le Maghreb, voici les coordonnées des principales villes qu'il donne :

Al-Biruni		
Ville	Longitude	Latitude
Tandja(tonger)	06° 30'	35° 10'
Mahdia	32° 0'	36° 0'
Gabes	36° 0'	30° 2'
Tunis	29° 0'	38° 0 ;
Kairouan	31° 0'	35° 30'

AL-BAKRI : *Abŭ 'Ubayd,* andalous de Grenade (1068), a écrit *al-Maghrib fī dhikr bilād Ifrīqīyah wa-al-Maghrib, qui une partie du Kitab al-Masālik wa-al-mamālik,*

ZARQALI (mort 1110) : Abû Isḥaq Ibrāhīm ibn Yaḥya al-Naqqash al-Tujībī al-Zarqali, de Tolède (en latin *Arzachel*), célèbre astronome andalou, on lui doit la correction des données géographiques de Ptolémée et d'al Khawarizmi, notamment sur la longueur de la Méditerranée qu'il estime à 42 degrés et non plus les 62 degrés de Ptolémée, reproduite par al-khawarizmi. Il effectua quelques positions pour le Maghreb.

AL-MARRAKCHI : Abŭ al-Hassen Ibn Ali Ibn Omar, savant de l'époque des Almohades aux environs de (1230), il est reconnu comme célèbre en astronomie, mathématiques, géographie, et la fabrication des horloges solaires.

AL-'ABDARI : Abŭ Mohammed (1258-1336), né à valence, composa l'itinéraire consacré principalement à l'Afrique, sous l'intitulé *Al-Rihlah al-magribiyyah***.**

IBN BATTŬTA, Abbou Abdellah Mohammed, l'un des plus grands géographes de l'islam. Né à Tanger, en

Nuzhat el andhar fi fadhli 'ilm al-tarikh wa al-akhbar, communemant appelée' *Er-rihla Al-wartilaniya* ». Manuscrit BNA, N° 2171.

Manuscrit n° 1555. Bibliothèque Nationale Alger.

1325, de famille berbère. Il quitta sa ville pour le pèlerinage de la Mecque en 1351. Il visita entre autres les régions du Maghreb central, l'Ifriqiya, les provinces de Tripoli et Barkah. À l'occasion de missions pour les sultans du Maroc, ibn Battŭta visitera aussi des contrés aussi lointaines que Tombouctou, Melli (Mali) et des régions du soudan. Ibn Battŭta sera un des rares géographes, a avoir traverser le Maghreb dans les deux sens nord-sud et ouest-est. Lors de la colonisation française de l'Algérie, principalement suite à la prise de la bibliothèque de Constantine, plusieurs exemplaires de manuscrits d'Ibn Battuta ont été trouvés. Il s'agit d'exemplaires copiés par un certain Ibn Jozay ibn Abŭ al-Kacim Mohammed né l'an 721 de l'hégire (1320).

al-Wartilani : al-Houcine (17 ;;) sa célèbre relation de voyage "Nuzhat el andhar fi fadhli 'ilm al tarikh wa al-Akhbar, communément appelée « *Er-rihla Al-wartilaniya* » clos en quelques sorte les grandes *rihlats*. En l'occasion de son pèlerinage à la Mecque en (..), il visita plusieurs contrées du Maghreb central, principalement dans région de Béjaïa, mais pas seulement (Biskra). Ainsi avant de commencer le pèlerinage vers *al-Biqua'a*, il fera la tournée des savants et « lieux saints », à l'occasion desquelles des informations géographiques et biographiques sont rapportées à profusion.

Manuscrit incomplet (manque le début et la fin), catalogué sous le titre : *Risala fi iilm al-kawn*. XI^e siècle. L'auteur est originaire d'Alep. Par recoupement nous avons pu identifier le manuscrit ; il s'agit en fait de : *Kharidate Al-Aajaib wa faridatsou Al-gharaib* de Siradj-Eddine ibn al-Wardi. La carte qu'il reproduit dans son livre de géographie est inconnue, même s'il est une compilation de *Surat Al-Ardh* d'Ibn Hawkal.

La Géographie en pays d'islam: Diachronie d'une discipline et histoire d'une approche.

Avec l'avènement de la dynastie des Abbassides au VIII^e siècle, une géographie scientifique apparait. Un vaste mouvement de traduction suit l'expansion islamique vers l'Orient et l'Occident. Beaucoup d'ouvrages persans, indiens, grecs y sont rassemblés et traduits sur la demande de Haroun Er-Rachid et son fils Al-Ma'moun. Les savants de Beit Al-hikma, à Bagdad, ont accès à la géographie dite descriptive ou administrative persane. Mais aussi et surtout à la géographie grecque, basée sur de véritables fondements scientifique et mathématique : la mesure de l'arc méridien et celle de la circonférence de la Terre.

Depuis le début, et pendant toute son histoire, la géographie des pays de l'islam, sera marquée par cette dualité dans l'approche et la conception de la discipline. S'agit de produire des géographies basées exclusivement sur la mesure des méridiens, ou basées sur la division administrative des territoires en entités politiqués. La géographie des *Massalik wa al-Mamalik* [27] décrit les routes et les pays de l'Empire islamique de manière plus administrative. Elle a un rôle utilitaire pour les fonctionnaires, les armées ou la collecte des impôts. Deux écoles dominent ce nouveau genre : l'école irakienne et l'école d'al-Balkhî.

27 Les itinéraires et royaumes

Plan de La Mecque. *Kitab Al-Istibsar*, (11..) auteur anonyme.
Manuscrit BNA, n° 1560.

Les auteurs de l'école irakienne décrivent le système routier, la topographie ainsi que la géographie physique, humaine, économique et mathématique du monde en général. Ibn Said Al-Maghribi et Al-Idrisi seraient les illustres représentants d'Occident de cette catégorie de géographes.

L'école d'al-Balkhî (*Al-Balkhî* 920) : *suwar al-aqālīm ;* al-Istakhri (934): *Masalik ul-Mamalik* ; *Ibn Hawkal* (951) : *Surat al-Ardh* se restreint à la description des pays et provinces de l'Islam, de façon détaillée et originale. al-Bakri et l'auteur anonyme d'*Al-Istibsar* représentent pour le Maghreb cette démarche géographique.

Ces deux approches, tout en intégrant récits de voyage, descriptions du monde et considérations philosophiques et religieuses courant XI^e siècle, vont cohabiter jusqu'au XII et XIII^e siècle. Après quoi, les géographes/auteurs vont se contenter – à divers degrés – de compiler en les annotant, les informations de seconde main laissées par leurs prédécesseurs et les reproduire indéfiniment : ce sont les *Rihlats*. Il s'agit de compilations destinées aux souverains et/ou à un large public. Elles traitent non seulement de géographie, mais aussi de cosmologie, d'astrologie, d'anthologie ou d'autres matières de cet ordre. Cette littérature de voyage connaît, elle aussi, un grand développement et offre une information contemporaine sur l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient, comme en témoignent les célèbres *Voyages et périples* d'al-Abdari, al-Tamakrouti, Ibn Battûta, al-Wartilani, etc.

Une nouvelle forme de cartographie s'impose de fait dans toute la méditerranée, le *Portulan*. Dans une sorte de globalisation, suite à l'essor des échangés commerciaux maritimes exacerbés par la découverte des Amériques et la « redécouverte » des territoires de l'Extrême-Orient, et la course. Cette forme de géographie, plus versée à représenter graphiquement les informations géographiques, se généralise. Pour les pays de l'islam, c'est en Turquie, en pleine expansion des Ottomans, et en Tunisie qu'on trouve les plus célèbres spécimens : la carte de Péri Reis, Hadj Ahmed de Tunis et le portulan d'Al Charfi de Tunis.

Un portulan était une sorte de carte nautique, à la fois des textes décrivant les côtes et les ports, servant essentiellement à repérer les ports et connaître les dangers qui pouvaient les entourer : courants, hauts-fonds. Peints sur parchemin, avec le repérage des îles, des abris en s'attachant seulement à ce qui avait de l'importance pour la navigation.

Hocine DJERMOUNE
Université de Sienne

Carte Maghrébine du XIV^e siècle

Fragment de la mystérieuse carte du monde
de Piri Reis. Topkapi Palace Museum, no. H. 1824.

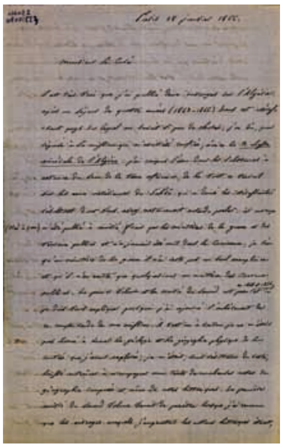
Mappemonde turque (Hadj Ahmed de Tunis.1559).

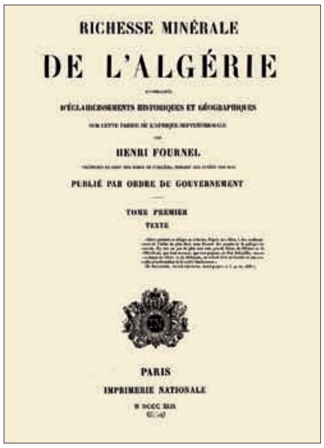
LES MANUSCRITS SCIENTIFIQUES « EUROPÉENS » EN RAPPORT AVEC L'AFRIQUE DU NORD

Depuis l'antiquité, la conquête de l'Afrique du Nord et l'exploitation de ses ressources ont nécessité le concours de nombreux scientifiques spécialisés. Certains d'entre eux ont laissé des documents écrits. C'est le cas par exemple du *Librator* (ingénieur militaire romain) Nonius Datus au II^e siècle pour la construction de l'aqueduc de Saldae (Toudja) [3], [18]. En effet, la découverte du Cippe romain de Lambèse en 1866 donne des détails sur les péripéties du creusement du tunnel de *Lahbel*. C'est le cas également pour le XIXe siècle après la conquête coloniale de l'Algérie.

Il est ici nécessaire de préciser que la période du XVIe au XVIIIe siècle a été l'une des périodes les plus obscures du Maghreb central. Certes, les témoignages du Chevalier d'Arvieux au XVIIe siècle, des voyageurs L'Hucine al-Wartilani, Peysonnel et du Dr Shaw au XVIIIe siècle, étaient disponibles. Cependant, l'intérieur du pays n'était toujours pas accessible au début du XIXe siècle et les témoignages figurant dans les manuscrits musulmans ne pouvaient pas être exploités. L'Algérie était donc à cette époque « *un terrain vierge qui s'offrait à l'étude* ». En particulier, elle avait était pratiquement exclue de la longue enquête épigraphique et archéologique qui, en Europe, depuis le XVIIe siècle, tendait à suppléer l'insuffisance des documents littéraires [3].

Néanmoins, de nombreux documents manuscrits non publiés du XIXe siècle, notamment après la conquête coloniale de l'Algérie, ont été localisés ces dernières années et permettent de se faire une idée assez précise des activités scientifiques au Maghreb à cette époque. Ces documents concernent la terre, le ciel, mais aussi la mer. Parmi les documents rédigés par des Occidentaux, signalons ceux de l'académicien François Arago (1786–1853) [5], [14], du navigateur Gaston de Rocquemaurel (1804–1878), de l'océanographe Georges Aimé (1810–1846) [11], de l'ingénieur en chef des mines Fournel (en Algérie dès 1843) [8], du géomètre Eugène Dewulf (1831–1896) [3], [4], du météorologue





RICHESSE MINÉRALE
DE L'ALGÉRIE
D'ÉCLAIRCISSEMENTS HISTORIQUES ET GÉOGRAPHIQUES
HENRI FOURNEL
PUBLIÉ PAR ORDRE DU GOUVERNEMENT
TOME PREMIER
TEXTE
PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

Manuscrit d'Henri Fournel sur la Richesse minérale de l'Algérie (1re moitié du XIXe s.)

et mathématicien Henri Brocard (1845–1922) [10], du mathématicien Albert Ribaucour (en poste en Algérie de 1886 à 1893) [18] et de l'ingénieur André Louis Cholesky (1875–1918) [9], [15]. Ces documents ont un rapport avec la traversée spectaculaire de la Kabylie (1808), l'élaboration de la carte géologique de l'Algérie, la mise en place du réseau météorologique algérien, la recherche des manuscrits musulmans…

Dans cet article, nous proposons de présenter ces documents. Nous commençons par rappeler la présence de documents scientifiques rédigés par des Occidentaux au Moyen Âge et ayant un rapport avec le Maghreb.

I – Les manuscrits médiévaux entre l'Europe, le Maghreb et l'Orient

Dès le début des activités scientifiques en Afrique du Nord, on constate que les grands classiques grecs étaient connus (*Les éléments* d'Euclide, *l'Almageste* de Ptolémée…). Des copies des traductions en arabe circulaient au Maghreb. Ainsi, des copies de l'Almageste, rédigées en écriture maghrébine, sont conservées à Fès, mais également à Paris, à Londres. C'est le cas par exemple du *Sharh* (commentaire) de l'Almageste de Ptolémée, réalisé au XIVe siècle à Tlemcen par Ibn Nedjar, élève direct des célèbres mathématiciens Ibn al-Banna (1256 – 1321) et al-Abili (m. 1352).

C'est au Xe siècle que s'est développée à Kairouan une grande école de médecine (Ibn Sulaïman, Ibn al-Djazzar,…). Les écrits médicaux de référence seront transmis à l'école italienne de Salerne dans une traduction latine par le médecin et commerçant Constantin l'Africain (Carthage 1005–Mont Cassin 1087). Ces éléments de la médecine musulmane vont rapidement faire autorité dans les nouvelles universités européennes.

D'autres textes maghrébins de référence feront l'objet de traduction. C'est le cas par exemple du traité *Kitab al-Bayan wa t-Tadhkar* du mathématicien al-Hassar (vivant en 1175), qui sera traduit en hébreu par Moïse Ibn Tibbon en 1271 à Montpellier. Ce manuel de calcul traite de la numération, des opérations arithmétiques sur les entiers et sur les fractions… Il s'agit probablement de la plus ancienne source relative aux mathématiques pour la tradition de l'Afrique du Nord et de l'Andalousie. Dans ce manuel, al-Hassar utilise les chiffres *Ghubar* (chiffres arabes actuels) et le trait de fraction. Il définit différents types de fractions et réserve à chaque type un symbole spécifique, sans pour autant en revendiquer la paternité, les notations retenues étant différentes de celles utilisées en Orient et héritées des Indiens. La manière de représenter les fractions par al-Hassar va se retrouver chez la plupart des mathématiciens du Maghreb et même chez Léonardo Fibonacci dans son *Liber Abaci* (1202).

Un autre ouvrage de référence va faire l'objet d'une traduction en hébreu. Il s'agit du *Talkhis A'mal al-Hisab* du mathématicien de Marrakech Ibn al-Banna (1256–1321). Ce cours d'une quarantaine de pages dicté à ses élèves est un précis relatif aux opérations de calcul. Il a joué un rôle fondamental dans l'enseignement, comme le prouve le nombre de ses commentaires. En effet, il va être à la base de la tradition scientifique du Maghreb du XIVe siècle qui sera basée sur les *Sharh* (commentaires) et les *Ikhtisar* (abrégés). Cette tradition va s'étendre par la suite à l'Égypte.

II Manuscrits médiévaux européens ayant un rapport avec le Maghreb

Parmi les manuscrits ayant un rapport avec le Maghreb, il y a lieu de citer certains traités ayant été rédigés en Europe par des Occidentaux, mais ayant été inspirés en Afrique du Nord. C'est le cas du *Liber Abaci* du célèbre mathématicien italien Léonardo Fibonacci (1170–1240) et de la « *Disputatio* » du grand philosophe catalan Raymond Lulle.

Témoignage de Fibonacci relatif à ses études à Bougie auprès d'un maître admirable (*exmirabili Magisterio*)

Le *Liber Abaci* de Léonardo Fibonacci

L'apport du *Liber Abaci* du mathématicien italien Léonardo Fibonacci (1170–1240) à l'Occident latin réside moins dans l'introduction des chiffres arabes, déjà connus depuis le Xe siècle, que dans la présentation des méthodes arithmétiques dites de « calcul indien » qui utilisent les neuf chiffres et le zéro, ainsi que des méthodes algébriques. Or dans la première partie de l'ouvrage, les explications et démonstrations de Fibonacci s'appuient constamment sur des exemples et des problèmes qui renvoient aux activités quotidiennes de ces marchands et marins : problèmes de changes, de poids et mesures, de charges de navires, de calculs de prix, etc. De même, les produits qui apparaissent dans cette première partie sont le plus souvent ceux que l'on trouve sur le marché bougiote, comme les cuirs ou les laines.

Le *Liber Abaci* ne doit pas être considéré pour autant comme un simple manuel de recettes pratiques pour marchands. Car c'est une logique mathématique, et non pas pratique, que suit Fibonacci pour élaborer son plan. Du reste, l'influence du *Liber Abaci* sur les pratiques commerciales se diffusa lentement, et il faut attendre le XIVe siècle pour que l'on trouve, notamment dans les manuels de commerce, des éléments de mathématiques commerciales hérités de Fibonacci. Mais ce qui frappe en revanche, c'est l'influence de la culture marchande du jeune Leonardo dans la formulation de son savoir. Cela est tout particulièrement net dans les exemples qu'il utilise dans les chapitres 8 à 11, inspirés par les problèmes quotidiens des marchands qu'il a pu observer à Béjaïa.

La « disputatio » du célèbre philosophe catalan Raymond Lulle rédigée en 1308 reprend les discussions avec les *Uléma* de Bejaïa

La disputatio de Raymond Lulle

Le philosophe catalan R. Lulle (Palma de Majorque 1235–Bougie (?) 1315), surnommé « *le docteur illuminé* », est surtout connu par son traité *Ars Magna* qui souleva l'admiration de Leibniz. Son art consiste à obtenir mécaniquement toutes les combinaisons possibles entre les concepts fondamentaux.

Raymond Lulle aurait effectué plusieurs voyages à Bougie. C'est cependant son voyage de 1307 qui va entrer dans l'histoire. En effet, il permet la seule discussion méthodique de Lulle avec un savant musulman dont il reste un compte rendu. Cette discussion n'aura été possible que grâce à la bonne volonté des *Ulémas*.

La nouvelle version de cette « *disputatio Raymundi Christiani et Hamar Saraceni* » était plutôt destinée à être envoyée au Pape d'Avignon pour servir de base à un projet à la fois missionnaire et de croisade. Elle intéresse surtout le philosophe et le théologien par la controverse qui y est développée entre le Chrétien et le Musulman.

Le *Muphty* Hamar conteste principalement les dogmes chrétiens de la trinité et de l'incarnation. Dieu, dit Hamar, se définit par la nécessité, l'unité, la singularité, l'infinité, l'éternité, la simplicité et la vie. Il possède en outre onze qualités : la bonté, la grandeur, la puissance, la sagesse, la volonté, la vertu, la vérité, la gloire, la perfection, la justice et la miséricorde. Soit au total dix-huit principes. Lulle lui en accordera sept, mais en niera onze.

III Sources manuscrites sur la période de décadence (XVI^e^–XVIII^e^ siècles)

L'abaissement du niveau, constaté dès le XIV^e^ siècle par Ibn Khaldun, en raison notamment de l'utilisation de commentaires et d'abrégés à la place des traités de référence, va s'accentuer. Ainsi, l'analyse des sources occidentales permet d'avoir une idée du niveau atteint en astronomie en Algérie au XVIII^e^ siècle. Le témoignage du docteur Thomas Shaw, qui avait rencontré le premier astronome d'Alger chargé de régler, entre autres, les heures de la prière, est très critique. Il affirme notamment que « *Ces peuples (de l'Afrique du Nord) considèrent les quarts de cercle, les astrolabes et les autres instruments de leurs ancêtres, qui ont échappé aux ravages du temps, plutôt comme de simples objets de curiosité que comme des choses d'une utilité réelle* ». Pourtant, le Dr Shaw avait une haute opinion de la tradition astronomique médiévale du Maghreb. En effet, il écrit : « *j'ai eu l'occasion d'examiner quelques-uns de leurs calendriers, qui tous ont été dressés par leurs ancêtres, et où la place du soleil, les signes du zodiaque, la durée du crépuscule, et les heures des prières, pour chaque jour, sont très exactement indiqués et distribués par colonnes avec beaucoup de symétrie* ».

IV LE XIX^e^ siècle – Acteurs choisis et champs d'investigation

L'historiographie récente a considérablement permis d'améliorer la connaissance des développements scientifiques au Maghreb et plus particulièrement en Algérie. Dans ce paragraphe, sans prétendre à l'exhaustivité, nous allons étudier quelques-unes de ces contributions, dont certaines sont en cours. Elles relèvent de différentes thématiques et font aussi appel à différentes sources archivistiques inédites ou partiellement explorées.

Le ciel, la terre et la mer

Avant la conquête de l'Algérie, pendant ce que les historiens nomment la régence d'Alger, on retiendra la présence (par hasard) de François Arago (1786-1853). Ce dernier devait aller mesurer la méridienne et, suite à différents ennuis en mer, il débarque à Béjaia (Bougie) le 05 décembre 1808. Il y séjourne quelques semaines avant de traverser l'Algérie, une traversée qu'il décrit avec force détails dans Histoire de ma jeunesse (1854). Plus tard, il fera partie de la Commission scientifique

Arago rendant visite à un des lions du Dey d'Alger sur son navire (gravure de la fin du XIXe siècle)

pour l'Algérie. Pour davantage d'informations sur la surface sociale et scientifique d'Arago, renvoyons à la biographie de James Lequeux [14].

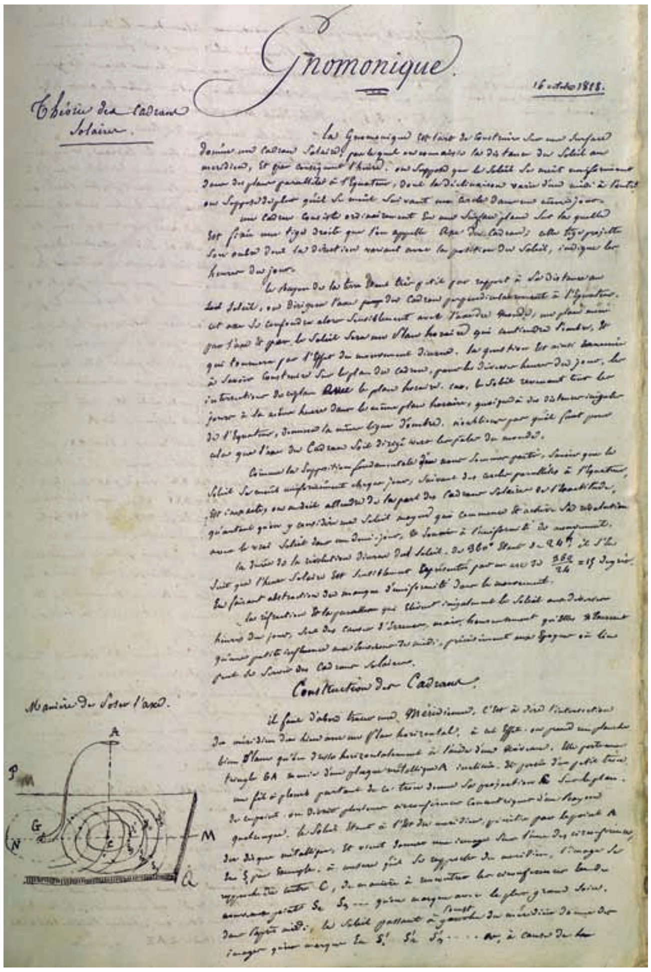
« [L]e service d'état-major confie à des militaires les travaux d'élaboration de la carte géologique du pays. Puis l'étude du sol, des ressources minérales et du régime hydrologique devait prendre une large place dans l'organisation de l'enseignement supérieur et de la mise en place de l'école supérieure des sciences qui devait préfigurer la faculté des sciences de l'université d'Alger. En Algérie, les premières études géologiques et la reconnaissance des richesses naturelles du sol furent d'abord effectuées par des officiers d'état-major comme le capitaine Rozet (1840-1842). Dans son sillage, une commission scientifique – créée en 1839 et présidée par E. Renou –, est chargée de l'exploration méthodique de l'Algérie. Dès 1843, l'ingénieur en chef des Mines Fournel et son collaborateur Ville (à partir de 1845) prennent la suite des opérations. En 1847, les premiers articles consacrés à l'Algérie par les publications encyclopédiques signalaient l'existence de nombreux indices miniers dans l'est de l'Algérie. » Cf Y. Bettahar.

La commission scientifique n'est pas seulement tournée vers la terre mais vers la mer également comme l'atteste la présence parmi ses membres de Georges Aimé (1810-1846). Né le 27 janvier 1810 à Metz, il vient, en 1828, à Paris au lycée Louis-Le-Grand pour préparer le concours d'entrée à l'École polytechnique. Il échoue et entre à l'École normale avec la promotion 1831 (section des sciences), mais dès cette date il publie divers travaux de physique par le biais de l'Académie des sciences. Il ne réussit pas l'agrégation des sciences qu'il a dû tenter à plusieurs reprises, la première fois en 1834, l'année pendant laquelle Liouville la passe et l'obtient. Il obtient en 1835 sa licence de sciences mathématiques et est remarqué par Arago qui le fait entrer à l'Observatoire de Paris comme attaché et publie ses travaux dans ses *Annales de chimie et de physique*. Il est ensuite nommé membre de la Commission scientifique pour l'Algérie (sans doute vers 1835) et s'établit à Alger où il est professeur de physique au lycée de la ville. Il y fera d'importantes découvertes océanographiques en mesurant expérimentalement différentes composantes physiques des vagues de la baie d'Alger. Il meurt accidentellement en 1846 et est, pour certains historiens, l'un des pères de l'océanographie [11].

Les mathématiques et le temps

La conquête française de l'Algérie suscita d'emblée de nombreuses vocations d'arabisants et d'archéologues s'employant à noter des inscriptions et décrire des ruines romaines. L'un d'entre eux a particulièrement attiré notre attention : il s'agit d'Eugène, Édouard Dewulf (1831-1896). Entré à l'École polytechnique en 1851, il séjourne en Algérie à plusieurs reprises en 1856, 1861 & 1871 en tant qu'officier de l'armée française au service de la colonisation. Militaire et ingénieur, il est aussi féru de mathématiques. Lycéen, il participe aux *Nouvelles annales de mathématiques* en participant à la rubrique questions/réponses, en écrivant des articles et en traduisant – à la demande du co-fondateur Olry Terquem (1782-1862) – un texte important de Ernst Kummer (1810-1893) en 1862 [13]. En Algérie, Dewulf apprend l'arabe et s'intéresse activement aux manuscrits médiévaux de Bougie. Nous possédons de nombreuses archives (correspondances) éclairant de manière très pragmatique le séjour algérien de Dewulf [3], [4]. Il a notamment participé à la fantastique aventure intellectuelle du XIXe siècle, dont l'objectif était de retrouver le fameux manuscrit *an-Nubda al-Muhtaja*

C'est le célèbre mathématicien Albert Ribaucour qui signe en 1896 le projet d'adduction d'eau de Toudja



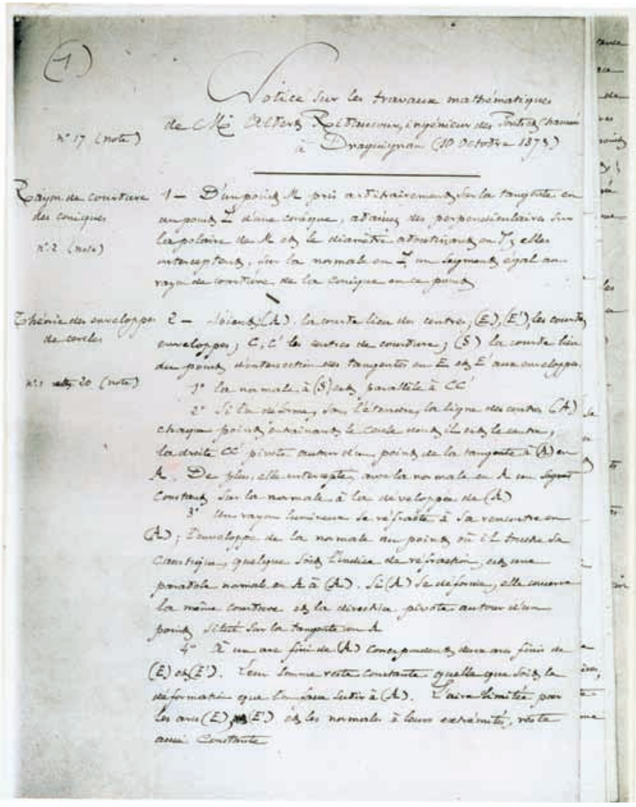
Manuscrit de gnomonique rédigé par Gaston de Rocquemaurel (1804-1878) à Oran en 1828, avant l'occupation d'Alger

fi Akhbar Sanhadja bi Ifrikiya wa Bijaya. Son auteur est l'historien Ibn Hammad (1150–1230), descendant direct des princes hammadites. Cette source, encore aujourd'hui considérée comme perdue, a été utilisée par plusieurs historiens postérieurs (Ibn Idhari, Ibn Khaldun…). Après avoir effectué des recherches en Allemagne, en Italie et en France, Dewulf affirmait dans une correspondance datée de 1865 qu'il était sur le point de le retrouver « *dans une très ancienne école kabyle, dans la Zawiyya de Chellata* ». En effet, il précise que « *le marabout auquel appartient cette Zawiyya m'a affirmé qu'il a en possession le manuscrit que je cherche et qu'il me l'enverra* ». Précisons qu'à cette époque, Eugène Dewulf avait « abandonné » ses travaux de géométrie pour se consacrer à la recherche des manuscrits de mathématiques. Dans une correspondance au géomètre italien Luigi Cremona, rédacteur d'une revue de mathématique, il demande à présenter les manuscrits retrouvés. Malheureusement, la liste (des manuscrits) jointe à la lettre n'a pas été retrouvée dans les archives. Il est probable qu'elle ait été envoyée au Prince Boncompagni [3]. Alors qu'il est encore en poste en Algérie, en 1872, Eugène Dewulf va faire partie des membres fondateurs de la Société mathématique de France.

Au moment où Albert Ribaucour (voir photographie originale) est chargé au contrôle des travaux du chemin de fer de Béjaïa (ex-Bougie) à Beni-Mansour, le premier juin 1886, il est déjà un mathématicien spécialiste de géométrie différentielle très connu dans les milieux scientifiques européens. En effet, il avait obtenu en 1877 le prix Dalmont de l'Académie des Sciences de Paris et un prix de L'Académie Royale de Belgique en 1880.

L'utilisation de la correspondance de Ribaucour (Bibliothèque de l'École Polytechnique, Bibliothèque de l'Institut, Bibliothèque de l'Université de Liège) permet de suivre avec précision sa contribution mathématique pendant son séjour algérien, ainsi que de situer ses travaux d'ingénieur à Philippeville (Skikda) et à Bougie (Béjaia) : construction de l'hôtel des postes, de l'ex-sous-préfecture, d'un pont de 36 m d'ouverture, d'un quai du port [18]. La découverte récente du dossier de réutilisation de l'aqueduc de Saldae (Toudja) montre que c'est Albert Ribaucour qui a piloté ce projet en 1891. Un document signé de sa main permet enfin de comprendre pourquoi le Cippe romain de Lambèse, sur lequel l'ingénieur Nonius Datus avait raconté les péripéties de construction de la conduite, se trouvait sur la fontaine, en fac de l'Hôtel de Ville de Bougie. En effet, Albert Ribaucour explique au maire de Bougie l'importance de ce monument. Il lui demande de faire une demande au Gouverneur Général, pour obtenir ce transfert.

Terminons en insistant plus longuement sur le rôle joué par Henri Brocard (1845-1922) car il a passé plusieurs années fructueuses sur le plan scientifique,


(1)

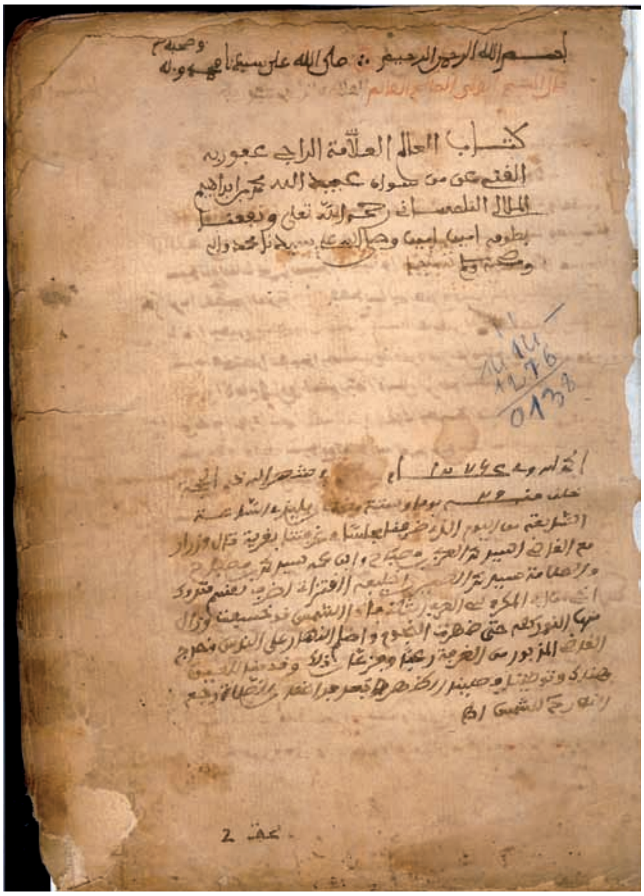
Notice sur les travaux mathématiques de M. Albert Ribaucour, ingénieur des Ponts et Chaussées à Draguignan (10 Octobre 1873)

André-Louis Cholesky (1875-1918)

en Algérie, en participant très activement à la mise en place du réseau météorologique algérien.

Henri Brocard (1845–1922) rentre à l'École polytechnique en 1865 puis il rejoint le corps des ingénieurs de l'armée française. De sa longue carrière militaire, deux périodes se distinguent : ses affections au service météorologique d'Alger et celles en Écoles régimentaires. En parallèle à sa carrière militaire, Brocard fournit une importante production mathématique, en particulier sur la nouvelle géométrie du triangle [17]. L'ouvrage le plus remarquable de Brocard est un travail en deux parties, *Notes de bibliographie des courbes géométriques* et *Courbes Géométriques remarquables*, qu'il a écrit avec Timoléon Lemoyne et paru en 1897 et 1899.

En cumulé, Brocard passe plus de huit ans en poste en Algérie. Ses affectations les plus longues et les plus signifiantes sont celles au service météorologique d'Alger comme adjoint au général Farre (janvier 1874-novembre1876 puis novembre 1879–avril 1882). Brocard travaille au bureau qui centralise «tous les documents recueillis dans les stations météorologiques africaines » [12]. Il est également titulaire des commissions météorologiques de Constantine, Alger et Oran. Les détails de la mission de Brocard nous sont connus grâce à sa *Notice sur les titres et travaux scientifiques,* imprimée à Bar-le-Duc en 1895 [10]. Durant sa première affectation, il met en place le réseau suivant les instructions du géologue Charles Sainte-Claire Deville alors que sa deuxième venue est consacrée à l'inspection et l'amélioration de l'ensemble des installations (une quarantaine). SainteClaire Deville fait une référence forte élogieuse au travail de Brocard dans une note présentée à l'Académie des Sciences en 1874. Lors de la mise en place du réseau, Charles-Ange Laisant, polytechnicien d'origine nantaise, militaire, homme politique, mathématicien et homme de presse [7], sert sous les ordres de Brocard. Cette rencontre amorce une longue collaboration entre les deux hommes, notamment autour de la revue l'*Intermédiaire des mathématiciens,* cofondée par Laisant. Lors de ses séjours en Algérie, Brocard ne se cantonne pas à son statut de météorologue mais s'investit dans des activités de vulgarisation et de diffusion scientifiques. En 1874 Brocard rédige un essai de vulgarisation scientifique sous la forme d'une série d'articles publiés de façon hebdomadaire de décembre 1874 à octobre 1875 et visant à donner des « notions d'astronomie populaire ». Ce travail lui a été commandé par le Commandant Aublin, chef du bureau des affaires indigènes du Gouvernement Général de l'Algérie. Brocard participe aussi à l'exposition générale de la Société d'Agriculture qui se tient à Alger en 1876 et pour laquelle il est nommé membre du jury des récompenses aux exposants de la section des machines agricoles.



Dans cette notice, Cheikh Lmuhub affirme que c'est à Tala Uzrar, en compagnie du Qadi Ben Mesbah, qu'il a observé l'éclipse totale du soleil de juillet 1860.

Les mathématiques et l'espace

La France est héritière d'une longue tradition cartographique. La carte – première traduction du monde – est au service du pouvoir. Sous l'Ancien régime, la géographie est intégrée dans l'éducation. Elle sert à connaître le royaume afin de mieux le réformer et d'organiser son développement économique. La cartographie ne cesse de se perfectionner scientifiquement au fur et à mesure du Siècle des Lumières et au XIX^{e} siècle. L'Algérie est un nouveau territoire à conquérir aussi y envoie-t-on de nombreux « ingénieurs géodésiens » presque tous formés à l'École polytechnique [19]. Nous nous contenterons ici de citer deux parcours.

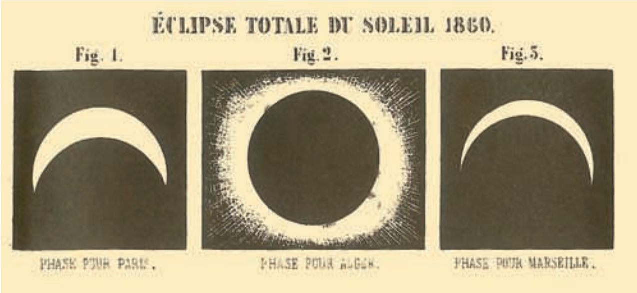
Le premier est celui du colonel Charles-Louis Du Pin (1814-1868) et s'inscrit dans les premiers temps de la présence française en Algérie [16]. Au-delà de ses implications militaires contestables et contestées, Dupin s'est livré à un important travail de terrain et a dirigé la finalisation de cartes topographiques qui font encore référence par leurs précisions avec leurs points d'eau, la localisation et le nom de chaque tribu, les ressources en bois, en fourrage, etc.

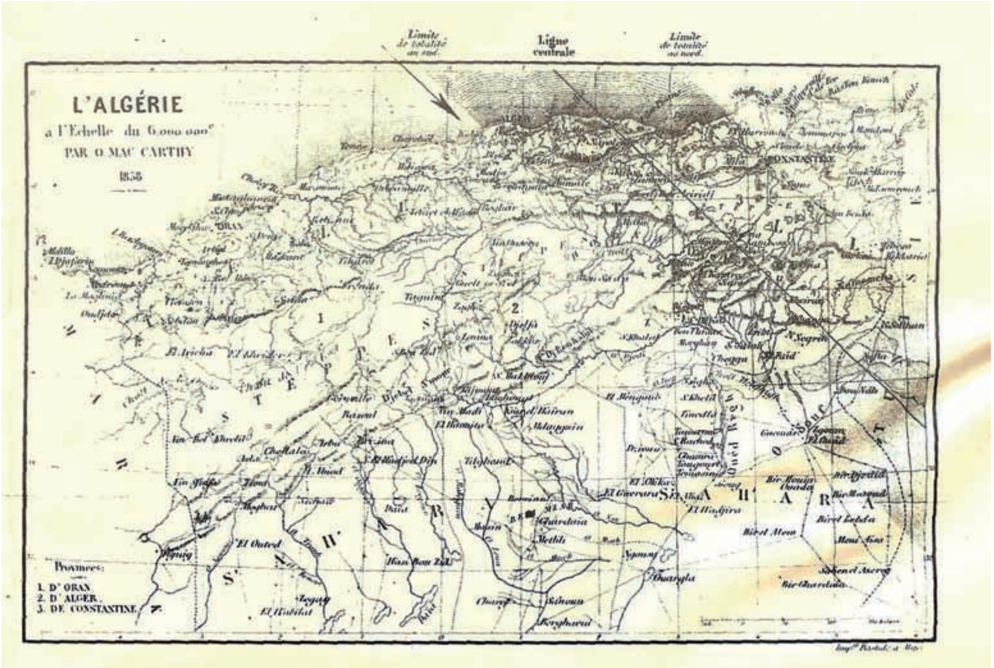
Le second parcours que nous étudierons est celui d'André-Louis Cholesky (1875-1918). C'est un parcours qui empiète sur le vingtième siècle et également en Tunisie. De plus, grâce à un important fonds d'archives récemment acquis par les Archives de l'École polytechnique, nous connaissons précisément l'impact scientifique de Cholesky au Maghreb. Cholesky a effectué plusieurs séjours en Tunisie (1902-1903 & 1913) et en Algérie (1912-1913). Il y effectue d'importants travaux de triangulation ayant pour but la construction d'une ligne de chemin de fer entre Orléansville, Vialar et Trumelet afin de relier le plateau agricole du Sersou à la vallée du Cheliff. « *Des difficultés considérables furent rencontrées à cause du terrain accidenté et de la rigueur du climat du massif de l'Ouarsenis. Un tronçon de la route entre Biskra et Touggourt fut également nivelé. En Tunisie, le nivellement de précision des routes et des voies ferrées de la région de Tunis fut mené à bien. Le réseau primordial tunisien fut terminé sur le terrain pendant l'hiver 1913-1914* » précisent Claude Brézinski et Michel Gross-Cholesky [9]. C'est face à ces difficultés de terrain que Cholesky prend la peine de rédiger une note qu'il intitule « Sur la résolution numérique des systèmes d'équations linéaires ». Cette méthode est aujourd'hui l'un des piliers de l'analyse dite numérique et est désignée par « méthode de Cholesky » [15].

d) L'observation de la comète de 1860 par Cheikh Lmuhub et les Européens

L'importance accordée à l'éclipse totale du soleil de juillet 1860 par les scientifiques français peut être appréciée à travers les deux expéditions organisées, notamment celle de l'école polytechnique à Batna. La notice de l'astronome Bulak de l'observatoire d'Alger, publié par la revue africaine de 1860 mais rédigé avant l'éclipse, montre que le phénomène avait été prédit avec précision par les savants occidentaux (faisceau, début et fin de l'éclipse dans plusieurs régions, obscurité totale…). Par ailleurs, plusieurs expéditions avaient été programmées pour l'observer et l'étudier (dont celle de l'École polytechnique à Batna).

Par contre, du côté autochtone, le phénomène a été « subit ». En effet, nous avons retrouvé dans *Afniq n'Ccix Lmuhub* (Bibliothèque savante de manuscrits) [6], une notice indiquant que Cheikh Lmuhub (né en 1822) avait observé ce phénomène. Elle figure sur le premier feuillet du manuscrit « *Sharh al-'Aqida as-Sanusiyya* » de Mohammed Ben Ibrahim al-Mellali (mort en 1492) : « *Al Hamdullah wa fi 1276 fi Shahr Allah dhi al-Hija Khalat minhu 29 yawman wa Satat Madhat min Yaliz fi as-Sa'a as-Sabi'a min Yawm al-*





Carte géographique qui montre la ligne centrale de l'éclipse totale de 1860 qui devrait traverser Dellis, le Sud-Est de la Kabylie, le Sud-Est de Sétif et de Batna.

Ladhi Dharabna Majlisan fi Ghurfatina bi Qariyat Tala Uzrar ma'a al-Qadhi as-Sayid Mohamed al-La'rbi Ben Masbah.

CONCLUSION

À travers quelques exemples de parcours, grâce à une historiographie récente, puisqu'elle repose essentiellement sur des sources bibliographiques publiées ces dernières années, et également sur des sources archivistiques pour beaucoup d'acquisition récente, nous avons pu montrer quelques-uns des champs d'investigation scientifique explorés par des ingénieurs polytechniciens (ou professeur pour le cas singulier de Georges Aimé) français ayant effectué des séjours en Algérie tout au long du XIXe siècle. Cet article avait pour ambition de synthétiser des recherches actuelles éparses sur ce sujet ou rencontrant ce sujet relatif à l'histoire des sciences et des techniques au XIXe en Algérie ou plus largement dans l'espace maghrébin. Ce n'est qu'un premier pan d'un travail historique regroupant différents chercheurs et pas seulement historiens des sciences que nous voulons mener afin d'apporter des éclairages historiques, scientifiques, institutionnels et prosoprographiques. Ce projet collectif permettra de cerner avec davantage d'acuité les réseaux de circulation des savoirs entre l'Algérie et la France, deux pays ayant tissé entre eux des relations riches, complexes et désormais anciennes.

Norbert VERDIER (Paris-Sud), Pauline ROMERA-LEBRET (Nantes) et Djamil AÏSSANI (CNRPAH)

REFERENCES

[1] Djamil Aïssani, Bougie à l'époque médiévale : *Les mathématiques au sein du mouvement intellectuel*, Irem de Rouen Ed., 1993, 112 pages.

[2] Djamil Aïssani et al., The Mathematics in the Medieval Bougie and Fibonacci, *in Leonardo Fibonacci.. Il tempo, le opere, l'eredità scientifica,* éds. Marcello Morelli et Marco Tangheroni, Pisa: Pacini Editore, 1994, pp. 67-82. (cf. également, Djamil Aïssani, Marco Tangheroni, les rapports Béjaia – Pise et la coopération entre les villes de la Méditerranée. *In Quel mar che la terra inghirlanda*, Pacini Ed., Pisa, 2007, T. I, pp. 67 – 84).

[3] Djamil Aïssani, *Le mathématicien Eugène Dewulf (1831–1896) et les manuscrits médiévaux du Maghreb*. International Journal Historia Mathematica, n° 23, 1996, Academic Press Ed. (U.S.A.), pp. 257 – 268.

[4] Djamil Aïssani., *Quelques éléments sur l'activité éditoriale de Gautier Villars entre 1873 et 1885*. Site Musée du Forum Math, http://www.Gautier Villars.fr/ 1996.

[5] Djamil Aïssani, *Le séjour Algérien du célèbre mathématicien François Arago (1808–1809)*. Actes du Congrès National RAM 2000 (Rencontre des Mathématiciens Algériens - dans le cadre du WMY 2000 - Année Mondiale des Mathématiques), Alger, Mai 2000 (cf. Newsletter Amuchma n° 24, Paris, Septembre 2001, page 6).

[6] Aïssani D. et Mechehed D.E., *Manuscrits de Kabylie : Catalogue de Collection Ulahbib*, Association Gehimab Ed., 1996. 2e édition : CNRPAH. Ed., Alger, 2011, 215 p. ISBN: 9789961716380.

[7] Jérôme Auvinet, *Charles-Ange Laisant. Itinéraires et engagements d'un mathématicien d'un siècle à l'autre (1841-1920)*, Thèse de doctorat sous la direction d'É. Barbin, Épistémologie, Histoire des sciences et des techniques, Université de Nantes, 2011.

[8] Bettahar, Yamina, « La géologie en Algérie (1880-1940) », *La Revue pour l'histoire du CNRS*, 18, Automne 2007.

[9] Claude Brezinski & Michel Gross-Cholesky, La vie et les travaux d'André Louis Cholesky, *Bulletin, Société des Amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique*, 39 (décembre 2005).

[10] Henri Brocard, Notice sur les titres et travaux scientifiques, Bar-le-Duc, 1895.

[11] Jacqueline Carpine-Lancre, « Georges Aimé (1810, Metz-1846, Alger) », Chronique d'histoire maritime, 55 (2004), 60-76.

[12] Sainte-Claire Deville Charles, « Le réseau météorologique algérien », *Comptes-rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des sciences*, LXXIX (1874), 195-196.

[13] Kummer, Ernst, Eduard, « Théorie générale des systèmes de rayons rectilignes », *Nouvelles annales de mathématiques*, II, 1 (1862), 31-41 & 82-102.

[14] Lequeux James, *François Arago, un savant généreux - Physique et astronomie au XIXe siècle*, EDP Sciences, collection « Sciences & histoire », 2008.

[15] Roger Mansuy, « André Louis Cholesky, « Sur la résolution numérique des systèmes d'équations linéaires », *in Regards sur les textes fondateurs de la science*, vol. 1, sous la direction d'Alexandre Moatti, Le sel et le fer, Cassini, 129-136 & 229-239.

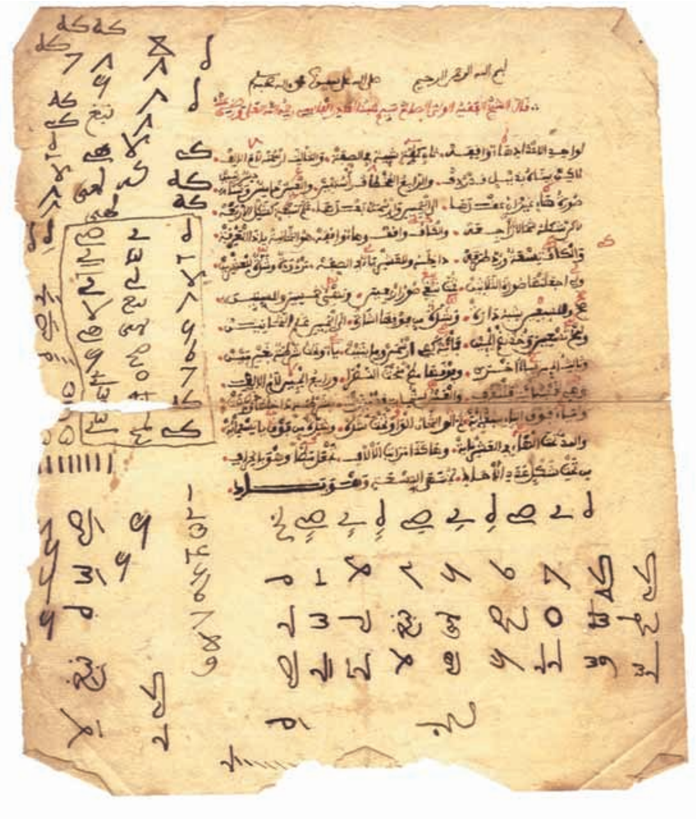
[16] Gérard Mignard, «Charles-Louis Du Pin (1814-1868), « un intellectuel baroudeur » né à Lasgraïsses, *Revue du Tarn*, 168 (Hiver 1997), 535-561.

[17] Pauline Romera-Lebret, *La nouvelle géométrie du triangle, passage d'une mathématique d'amateurs à une mathématique d'enseignants* (1873-1929), Thèse de doctorat sous la direction d'É. Barbin, Épistémologie, Histoire des sciences et des techniques, Université de Nantes, 2009.

[18] Bernard Rouxel et Djamil Aïssani, Le géomètre Albert Ribaucour à Bougie. Actes du Colloque International « Béjaïa et sa région à travers les siècles : Histoire, Société, Sciences, Culture », Béjaïa, novembre 1997, pp. 63 et suivantes.

[19] Martina Sciavon, « Geodesy and Map-Making in France and Algeria : Contests and collaborations between Army officers and Observatory Scientist » *in The Heavens on Earth. Observatories and Astronomy in the Nienteenth Century,* sous la direction de D. Aubin, C. Bigg & H.O. Sibum, Duke University Press, 148-173.

[20] Norbert Verdier, Pauline Romera-Lobret et Djamil Aïssani, *Les Ingénieurs-Polytechniciens en Algérie* (XIXe siècle), À paraître.'



Description des chiffres de Fès.
Poème de ʼAbd al-Qādir al-Fāsī (1599 - 1680).
Manuscrit SC n° 5 (*Afniq n'Ccix Lmuhub*).

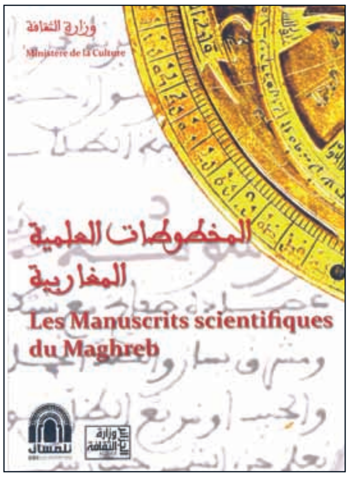
Index des Auteurs

Exposition : « *L'Âge d'Or des Sciences en Pays d'Islam* »

Inauguration du

Centre National de Recherche sur les Etudes Andalouses

Tlemcen, samedi 10 juin 2012




Les Manuscrits


تسيير خزانة الشيخ الموهوب
(أفنيق نشيخ الموهوب)
La gestion des manuscrits
d'Afniq *n'Ccix Lmuhub*


هيكلة الحركة العلمية ببجاية من خلال


سجلات، نوازل، عقود البيع، ...
Les manuscrits du Touat (irrigatio
également registres, Nawazil, actes de


دكتاتورية الأميريين وثورة البربر
La dictature des 'Āmirides
et la révolte berbère


أساليب الملاحة
كتاب البحرية للأميرال بيري رايس
Méthodes de navigation
Le Kitab i-Bahriye de l'amiral Piri Reis


L'Âge d'Or des Sciences en Pays d'Islam
Les Manuscrits
Scientifiques du Maghreb

Les Manuscrits
Scientifiques du Maghreb

La Méga-Exposition « ***Les Manuscrits Scientifiques du Maghreb*** » a été produite dans le cadre de la Manifestation « *Tlemcen, capitale de la culture islamique 2011* » pour servir à l'inauguration du **Centre National de Recherche sur les Etudes Andalouses – Tlemcen**.

Dans un premier temps, le contexte est mis en place pour bien situer les lieux, les institutions et les sources bio-bibliographiques. Une attention particulière est accordée aux spécificitées des manuscrits du Maghreb : *Khatt magribi*, *Sharh* et *Ikhtisar*, *Isnad* et *Idjaza*, numération, symbolisme,…

Pour chacune des disciplines identifiées, il est mis en avant un nom (de savant), un titre (de livre) et une particularité (du manuscrit). On apprend alors l'existence de disciplines jusqu'alors insoupçonnées : science des héritages, mathématiques commerciales, méthodes de navigation, construction navale, musique, carrés magiques, science de l'eau,…

Cet ouvrage constitue le catalogue de cette exposition. Il regroupe les articles rédigés par dix neuf auteurs internationaux de renommée établie : Djamil Aïssani, Mohammed Djehiche, Mehdi Abdeldjaouad, Giovanna Cifoletti, Rachid Bebbouchi, José Samso, Ezzaim Laabid, Pauline Romera – Labret, Mohamed Réda Bekli, Judith Scheele, Ilhem Chadou, Jacques Sesiano, Aïcha Chaoui, Eva Caianiello, Hocine Djermoune, Dominique Valerian, Djamel Mechehed, Norbert Verdier, Hamza Zeghlache.

Inauguration du Centre National de Recherche
sur les Etudes Andalouses - Tlemcen

Dépôt légal: 1451/2012
ISBN: 978 - 9931 - 361 - 06 - 0