

## **Méthode pour la détermination de la *qibla* à Meknès au début du XVIII<sup>e</sup> siècle**

**Abdeltif Elkhammar**

Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fés

**Eric Mercier**

Université de Nantes

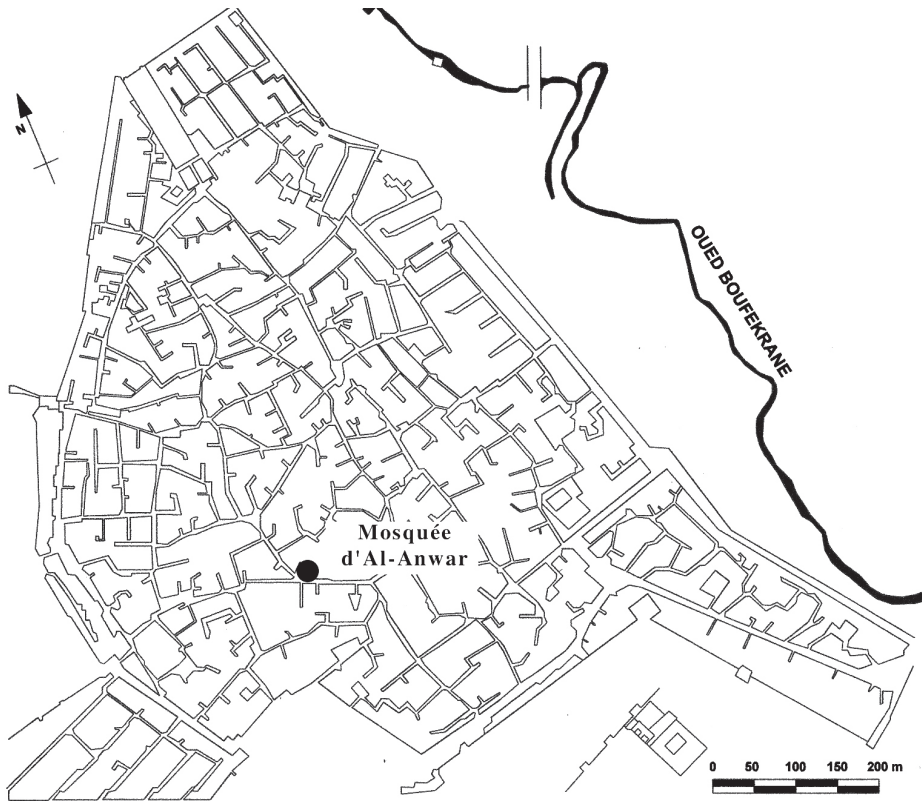
### **Introduction**

La quasi-totalité des édifices religieux de Meknès médiéval et moderne présentent une orientation défectueuse et ne visent pas exactement l'azimut de la Ka'ba. Un tel phénomène s'explique par la non-utilisation et la non-maîtrise des méthodes scientifiques relevant de l'astronomie mathématique. Les *mihrabs* de ces édifices étaient orientés, en grande partie, selon les indicateurs de l'astronomie populaire comme le soleil, le mouvement des astres et du vent. A ce facteur crucial s'ajoutent d'autres paramètres qui ont négativement agi sur la direction de la *qibla*, comme la topographie du terrain, l'imitation de l'orientation des *mihrabs* anciens, sacralisés par la population locale et les docteurs de la théologie musulmane, et le problème relatif aux conflits idéologiques entre les dynasties. Du coup, la question de la *qibla* a été monopolisée par les *fuqahā'* (spécialistes des sciences religieuses) qui étaient soutenus dans leurs décisions par la masse de la population, moyennement ou très peu instruite. Les méthodes de la géométrie et de la trigonométrie sphérique n'étaient pas facilement admises par cette masse qui n'arrivait pas à comprendre ces procédés mathématiques et préféraient donc l'adoption des indicateurs relevant de la culture populaire.

### **I- La *qibla* de la mosquée al-Anwār: une rupture avec la tradition ancestrale**

La mosquée al-Anwār est implantée dans le voisinage de l'actuel souk al-Sabbāt (marché des chaussures), à proximité de la rue de Tūta (Figure1). L'appellation " al-Anwār " est très peu connue de la population locale et ne subsiste que dans les documents des biens habous (*al-Hāwālāt al-Habsiyya*) et dans quelques sources historiques: la mosquée est actuellement désignée sous le nom de *Masġid Sūq al-Şabbāt*. Les sources et les indices archéologiques sont unanimes sur le fait que l'édifice fut fondé par le régisseur des biens habous Abū 'Abdallāh Muḥammad Ibn Muḥammad al-Kātīb al-Qaysī vers

1122 H./1710 J.C., sur l'ordre du troisième sultan alaouite Mūlāy Ismā'īl (1083-1140 H./1672-1727 J.C.)<sup>(1)</sup>.



**Figure 1 :** Situation de la mosquée d'al-Anwār (mosquée de Sūq al-Ṣabbāt) dans la médina de Meknès

Creusé dans le centre du mur de la *qibla*, le *mihrab* s'ouvre en arc brisé outrepassé et s'inscrit dans un encadrement orthogonal dont les écoinçons sont timbrés de motifs floraux variés ciselés sur plâtre. La niche de ce *mihrab* est relativement bien orientée vers la Ka'ba (101°) et ne présente qu'une très légère déviation vers le Sud (6°) par rapport à la bonne *qibla*. Un tel résultat ne semble pas être le fait du hasard, mais il est obtenu grâce à l'application rigoureuse des procédés purement mathématiques pour l'orientation de ce monument religieux ismā'ilien, comme le prouvent bien deux témoins archéologiques *in situ*, à savoir une inscription commémorative et un schéma astronomique.

L'inscription de la mosquée al-Anwār est sculptée en style cursif sur une table de marbre rouge (Figure 2), scellée contre le mur nord de la salle de prière, au niveau de la troisième nef parallèle au mur de la *qibla*.

(1) 'Abd al-Rahmān, Ibn Zaydān, *Al-Manza' Al-Laṭīf Fī Maḡāhir Al-Mawlā Ismā'īl Ibn Al-Ṣarīf* (Casablanca: Ideal, 1993): 304; 'Abd al-Rahmān, Ibn Zaydān, *Ithāf A'Lām Al-Nās Biḡamāl aḡbār Hāḡirat Maknās* (Casablanca: 1990): 162-164.



**Figure 2:** Inscription découpée sur une plaque rectangulaire de marbre commémorant les travaux d'orientation du *mihrab* de la mosquée al-Anwār.

Située à une hauteur de 2,40 m par rapport au sol, cette inscription est très bien conservée et n'a subi apparemment aucune altération ou modification. Elle se déploie davantage en largeur qu'en hauteur et son champ épigraphique est très bien rempli: le sculpteur n'a laissé aucune marge pour le vide. Elle renferme quinze lignes condensées, légèrement en relief par rapport au fond du support d'écriture ; les points diacritiques et les signes indiquant les voyelles meublent les interlignes qui sont marquées par l'existence de quelques palmes doubles et fleurons. Le texte de cette inscription est généralement très lisible, et se présente comme suit:

” أعوذ بالله من الشيطان الرجيم بسم الله الرحمن الرحيم وصلى الله على سيدنا محمد وآله وصحبه وسلم تسليماً الحمد لله الذي جعل أهل العلم أنجماً يقتدي بهم في كل وقت وزمان وزين بالاهتداء بهم كل مكان. والصلاة والسلام على سيدنا ومولانا محمد سيد ولد عدنان. وعلى آله وأصحابه ما تتابع الملوان. هذا وإن مولانا المؤيد بالله الهمام محيي الملة والدين. وسالك سبيل الأئمة المهتدين. المجاهدين في سبيل رب العالمين. أمير المؤمنين. مولانا إسماعيل بن الشريف الحسيني أيدته الله ونصره لما أنهى إليه أمر المسجد الذي أنشأه الناظر الأسعد. الموفق الأرشيد. أبو عبد الله سيدي محمد بن محمد الكاتب القيسي الأندلسي أصلاً ونجاراً. الفاسي نشأة وداراً. المسمى بمسجد الأنوار أمر نصره الله بإحضار علماء التوقيت العارفين بدلائل القبلة وهم السيد محمد بن عبد الرحمان المرابط والسيد العربي بن عبد السلام الفاسي والسيد حسين الكامل والسيد محمد بن سليمان العوني وحضروا بالمسجد المذكور واستعملوا البحث والنظر بطرق علماء الفن والأسطرلابات والدائرة ومقاييس الشمس فأداهم اجتهادهم إلى أن المحراب هو سمت مكة شرفها الله تعالى على المشهور وأن طول مكة سبعة وسبعون درجة وعرضها اثنان وعشرون درجة وطول مكناسة خمسة وعشرون درجة وعرضها أربع وثلاثون درجة بتقاطع خطي الطولين والعرضين بالدائرة الهندسية قيدوا به شهادتهم لسائلها وفي أوائل جمادى الثانية عام اثنين وعشرين ومائة وألف الحمد لله لما ثبت بشهادة أهل العلم المذكورين الواجب تقليدهم للخاص والعام فيما ذكر وجب المصير إليه واتباعه ” إذا قالت (حذام؟) فصدقوها “ وهذا سبيل الحق وطريقه ففي الخبر عنه صلى الله عليه وسلم أنه قال كل صنعة يرجع فيها إلى صانعها أو كما قال عليه الصلاة والسلام وكتب سعيد العميري الحمد لله أعلم بأعماله عبد الله تعالى عبد الوهاب العرائشي “.

Essai de traduction:

*“ Je recherche refuge auprès d’Allah contre Satan le maudit. Au nom d’Allah, Clément et Miséricordieux ! Qu’Allah répande ses grâces sur Notre Seigneur et Maître Muḥammad, qu’Il lui accorde le salut, ainsi qu’à sa famille et ses compagnons !*

*Louange à Allah qui élève les savants au rang d’astres guidant les gens dans tous les temps et les lieux. Qu’Allah répande ses grâces sur Notre Seigneur et Maître Muḥammad, Maître du fils de ‘Adnān, qu’Il lui accorde le salut, ainsi qu’à sa famille et ses compagnons !*

*La mosquée al-Anwār a été fondée par le régisseur des biens habous (nāẓir al-Awqāf), le chanceux, le récompensé, le sage, Abū ‘Abdallāh Sīdī Muḥammad Ibn Muḥammad al-Kātib al-Qaysī qui, originaire d’al-Andalus, a grandi à Fès et y réside.*

*La question de la qibla de cette mosquée a été communiquée à notre maître, le puissant grâce à Allah, le très distingué, le vivificateur de la religion, le fidèle à la voie des imams éclairés, le partisan du ḡihād dans la voie du Maître des Mondes, le commandant des croyants, notre maître Ismā‘īl, fils du Šarīf al-Ḥasanī, qu’Allah le rende puissant !*

*Pour déterminer la qibla de l’édifice, le sultan Mūlāy Ismā‘īl, qu’Allāh le rende victorieux, convoqua des savants spécialisés dans la science du calcul des heures de prières, ayant des connaissances pointues dans le domaine des indicateurs de la qibla. Leurs noms sont les suivants : Muḥammad Ibn ‘Abd al-Raḥmān al-Mrābaṭ, al-‘Arbī Ibn ‘Abd al-Salām al-Fāsī, Ḥusayn al-Kāmil et Muḥammad Ibn Sulaymān al-‘Awnī. Ceux-ci se sont rendus à la mosquée en question et ont utilisé des méthodes chères aux spécialistes des astrolabes et des cercles géométriques pour l’orientation du mihrab.*

*Basés sur l’iḡtihād, les procédés mis en œuvre par les quatre savants leur permettent d’atteindre les résultats suivants:*

*Le mihrab vise l’azimut de la Mecque qu’Allah l’ennoblisse !*

*La longitude de la Mecque est de 77° et sa latitude est de 22°.*

*La longitude de Meknès est de 25° et sa latitude est de 34°.*

*Les résultats auxquels ils sont parvenus sont enregistrés dans un cercle géométrique qui reste une preuve documentaire de leurs efforts et un indicateur pour ceux qui pourraient demander des explications sur le calcul de la qibla. L'opération en question date des débuts de ġumāda II de l'année 1122 de l'hégire (1710 J.C.).*

*Louange à Allah pour ce qui a été prouvé et attesté par les savants cités ci-dessus. Il est impératif pour tous les fidèles sans exception de s'appuyer sur leur témoignage et de l'accréditer, conformément à la tradition prophétique. Ceci est la voie et le chemin de la Vérité.*

Cet acte a été rédigé par ‘Abd al-Wahhāb al-‘Arā’iṣī et sculpté par Sa‘īd al-‘Amīrī”.

Comme l’indique bien la dernière ligne de l’inscription ci-dessus, celle-ci fut rédigée par ‘Abd al-Wahhāb al-‘Arā’iṣī, un grand savant religieux et juriste, qui occupa le poste de cadī de Meknès, et de régisseur des biens habous de Sīdī ‘Abdallah Ibn Ḥamad, dits *Habs al-Masākīn*, durant la période allant de 1089 à 1124 de l’hégire<sup>(2)</sup> (1678 à 1712 J.C.). L’implication de ce haut administrateur de l’Etat dans la rédaction de cette inscription prouve bel et bien le degré d’importance que revêt la question de la *qibla* de Meknès dans l’entourage du sultan Mūlay Ismā‘īl.

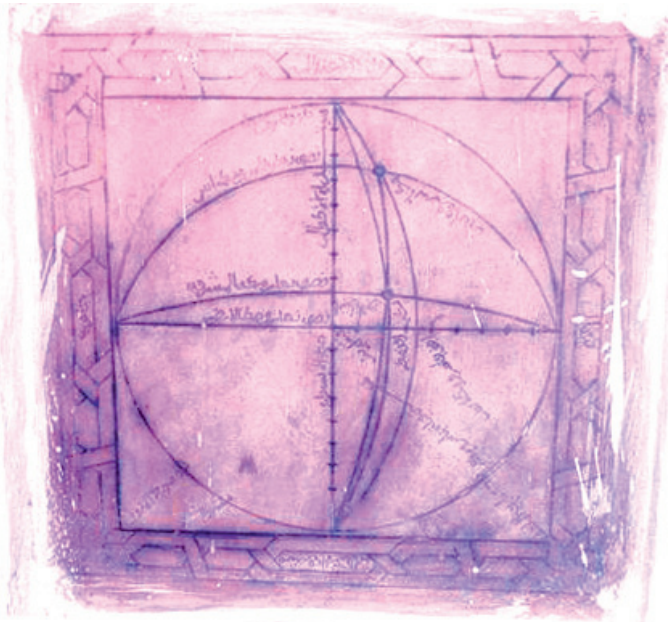
D’après le texte de cette inscription, le régisseur des biens habous Abū ‘Abdallāh Sīdī Muḥammad Ibn Muḥammad al-Kātīb al-Qaysī<sup>(3)</sup> fut ordonné par Mūlay Ismā‘īl, lors des travaux de construction de la mosquée al-Anwār (1122 H./1710 J.C.), de prêter une attention particulière à la question de l’orientation de son *mihrab*. Il lui demanda de convoquer quatre grands experts dans les domaines de la mesure du temps (*‘ilm al-mīqāt*), des astrolabes et de la géométrie pour orienter le monument en question selon les règles chères aux spécialistes de l’astronomie mathématique. Ces quatre savants (Muḥammad Ibn ‘Abd al-Raḥmān al-Mrābaṭ, al-‘Arbī Ibn ‘Abd al-Salām al-Fāsī, Ḥusayn al-Kāmil et Muḥammad Ibn Sulaymān al-‘Awnī) semblent avoir été sélectionnés par le sultan en fonction de leur réputation dans les sciences astronomiques et leur compétence dans les procédés relatifs au calcul de la *qibla*.

(2) Ibn Zaydān, *Ithāf A’Lām Al-Nās*, 399; Ruqayya, Bilmuqaddam, *Awqāf Maknās Fī ‘ahd Mawlāy Ismā‘īl*. ([S.l.]: al-mamlaka al-Maġribiyya, 1993): 186-187.

(3) Ce haut fonctionnaire du makhzen ismā‘īlien a été nommé, par un décret du souverain Mūlay Ismā‘īl, régisseur des biens habous du Maroc durant le mois de Cha‘bān de l’année 1110 de l’hégire (1698 J.C.), et resta dans cette fonction jusqu’à l’année 1135 de l’hégire (1722 J.C.); Bilmuqaddam, *Awqāf Maknās*, 181-184, 453-456. Pour la biographie de ce personnage, cf. Ibn Zaydān, *Ithāf A’Lām Al-Nās*, 60.

Conformément aux lois de la projection stéréographique, les astronomes concernés se servaient des coordonnées géographiques de la Mecque et de Meknès pour déterminer la direction précise de la *qibla*. Les longitudes de la Mecque et de Meknès sont respectivement estimées à 77° et 25°, et leurs latitudes sont de 22° et 34°. Il paraît que la mesure de ces coordonnées date d’une époque antérieure à celle de Mūlāy Ismā‘īl, et serait, par conséquent, puisée dans des manuscrits de grands astronomes médiévaux et post-médiévaux comme celui d’Abū al-Ḥasan ‘Alī al-Murrākuṣī, l’auteur d’un traité sur l’astronomie musulmane, intitulé *Ġāmi‘ al-mabādi’ wa al-ġāyāt fī ‘ilmi al-mīqāt*<sup>(4)</sup>. Les latitudes des deux villes en question sont quasiment identiques à celles d’aujourd’hui, tandis que les deux longitudes fournies par les quatre astronomes présentent un grand décalage par rapport à celles admises de nos jours.

Un schéma astronomique fut établi par les quatre astronomes pour illustrer et accompagner le texte présenté ci-dessus et montrer les méthodes mises en œuvre pour l’orientation de l’édifice. Il est sculpté sur une plaque carrée de marbre (0,42 m x 0,41 m), scellée contre le mur de *qibla*, à 2,94 m du sol de la salle de prière et à 0,24 m à gauche de l’encadrement du *mihrab* (Figure 3).



**Figure 3:** Schéma “ astronomique ” sculpté sur une dalle de marbre indiquant la *qibla* de Meknès et de Fès.

(4) Le manuscrit de ce compendium du XIII<sup>ème</sup> a été traduit en français et étudié par J- J. Sédillot au XIX<sup>ème</sup> siècle. Cf. Jean-Jacques Sédillot, *Traité des instruments astronomiques des Arabes composé au treizième siècle par Aboul Hassan Ali, de Maroc intitulé (collection des commencements et des fins)*, (جامع المبادئ والغايات), (Paris: publié par Louis Amélie Sédillot, à l’imprimerie royale, 1834).

L'emplacement en hauteur de cette plaque et de celle de l'inscription du même édifice semble avoir été pris en considération lors des travaux de construction de la mosquée d'al-Anwār: un tel dispositif vise à mettre ces témoins matériels à l'abri des gens et de les protéger contre tout remaniement ou défiguration. De même le choix du marbre comme support d'écriture corrobore l'idée déjà citée, et devrait être dicté par la résistance de ce matériau aux injures du temps. Le sultan Mūlāy Ismā'īl voulait, à travers ces preuves non périssables, pérenniser les enseignements contenus dans ces plaques pour qu'ils soient transmis aux futures générations. Un tel agencement n'est pas spécifique à ce monument, mais il est déjà attesté dans plusieurs édifices médiévaux du Maroc, comme c'est le cas de la table des biens habous de la madrasa al-Bū'nāniya à Meknès<sup>(5)</sup>.

Grâce à l'usage des procédés scientifiques déjà cités, le *mihrab* de la mosquée al-Anwār est relativement bien orienté vers la Ka'ba (101°) et ne présente qu'une très légère déviation vers le Sud (6°) par rapport à la bonne *qibla*. La décision d'une telle orientation fut prise par le sultan Mūlāy Ismā'īl dans le but de marquer une rupture avec la tradition ancestrale relative à la question de la *qibla*, et de corriger les imperfections du savoir astronomique médiéval qui persista à Meknès jusqu'au début du XVIII<sup>e</sup> siècle. Le *mihrab* de la mosquée al-Anwār paraît être le seul édifice religieux ismā'īlien de la médina et de ses environs à être orienté vers la Mecque selon les méthodes de l'astronomie mathématique. Le sultan ne semble avoir pris conscience du problème de la *qibla* que pendant le lancement des chantiers de construction de cette mosquée. La preuve en est que l'orientation des mosquées Ismā'īliennes de Meknès antérieures à celle-ci est déviée vers le Sud par rapport à la bonne direction de la Ka'ba: la mosquée d'al-Zaytūna (144°), la mosquée de Bāb al-Brād'iyīn (131°) et la mosquée de la qaṣba de Barrīma (126°).

## II- Aperçu sur les méthodes de détermination de la qibla

la détermination de la direction de la Mecque à partir d'un point quelconque de la Terre constitue actuellement un problème simple de trigonométrie sphérique. Cela revient à déterminer la direction du Grand Cercle<sup>(6)</sup> qui passe par deux points de la surface du globe dont on connaît la longitude et la latitude. Pour Meknès, ce calcul de la *qibla* "correcte" donne un azimut<sup>(7)</sup> de 95° N.

(5) Abdeltif El Khammar, "La table des biens habous de la madrasa al-Bu'naniyya à Meknès," *Al-Andalus-Maghreb* 12 (2005): 67-83.

(6) Un Grand Cercle est un cercle sécant à une sphère qui passe par son centre.

(7) On indique par le mot "azimut" les directions mesurées depuis le Nord et dans le sens horaire.



La solution à ce problème pouvait être très distincte pendant les différentes périodes du Moyen Âge. Durant les tous premiers siècles de l'islam, deux conceptions de la *qibla* coexistent : une *qibla* vers le Sud en référence à la direction vers laquelle le Prophète a fait la prière quand il était à Médine (au Nord de la Mecque), et une *qibla* parallèle à l'un des axes de la Ka'ba selon la région du monde concerné (axe principal, soit environ 150°, pour le Maghreb et l'Andalousie). Ce n'est qu'à partir du IX<sup>e</sup> siècle que les scientifiques ont pu régler les problèmes de trigonométrie sphérique et ont été capables d'établir la direction de la Mecque à partir de tout point du Monde, à la précision des coordonnées géographiques près. Mais curieusement ce n'est pas en suivant cette voie que seront fixées les orientations des édifices religieux dans les siècles suivants, mais plutôt en suivant des règles d'astronomie populaire. Ces règles prétendent fixer localement la *qibla* en utilisant les directions cardinales, les directions de lever ou coucher du soleil ou d'étoiles particulières, et même la direction des vents dominants !

Ce n'est qu'assez tardivement (après le XVI<sup>e</sup> siècle) que des méthodes scientifiques, souvent mises au point depuis plusieurs siècles, vont commencer à être utilisées par les autorités religieuses et les architectes. Parmi ces méthodes, on peut distinguer deux groupes: les méthodes approchées et les méthodes exactes. Les secondes sont, bien entendu, plus précises que les premières, mais dans les deux cas, le résultat est surtout tributaire de la précision des coordonnées géographiques utilisées.

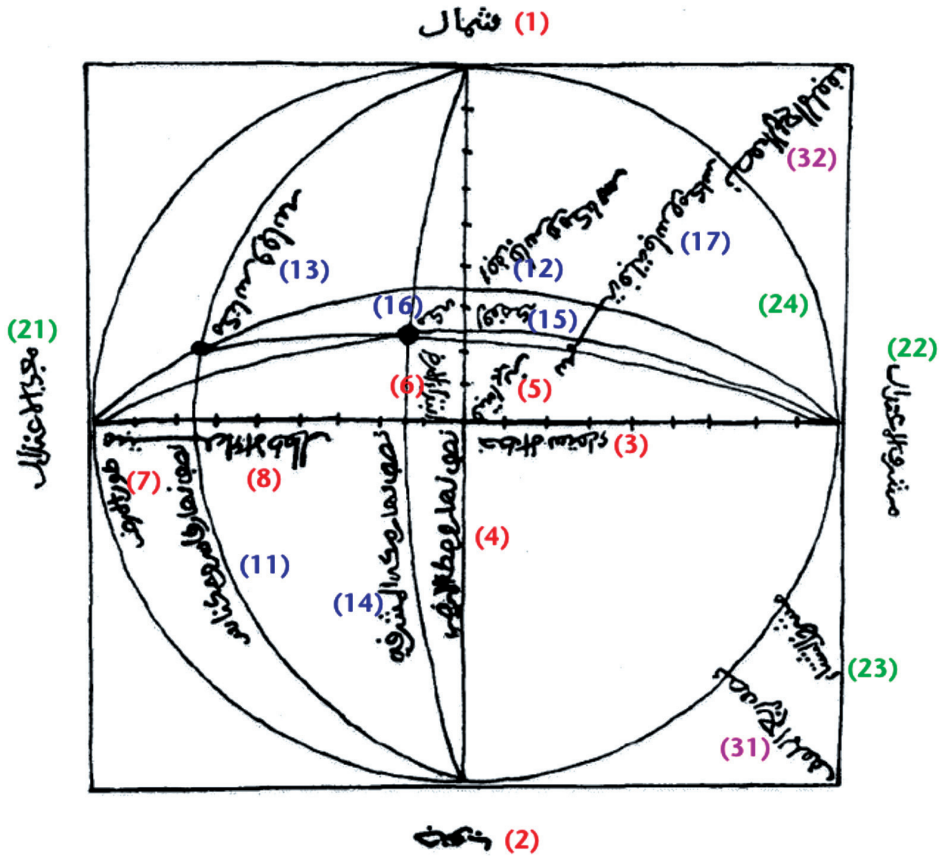
Les méthodes approchées assimilent la surface de la terre à un plan ce qui permet d'utiliser la trigonométrie plane, relativement simple d'emploi. De façon à simplifier encore l'utilisation de ces méthodes, certains auteurs ont proposé des méthodes graphiques. La plus célèbre parmi ces méthodes est celle de al-Baṭṭānī qui fut largement utilisée jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle. D'une manière générale, les méthodes approchées donnent des résultats d'autant plus satisfaisants que l'on est à faible distance de la Mecque.

Les méthodes exactes ont été développées à partir du IX<sup>e</sup> siècle par Ḥabaš al Ḥāsib vers 850 J.C. et al-Nayrīzī vers 900 J.C. Cette démarche scientifique culminera avec le travail de Šams al-Dīn al-Halīlī qui a publié, au milieu du XIV<sup>e</sup> siècle, des tables de *qibla* juste à la minute de degrés près et valables pour tout le monde arabo-musulman<sup>(8)</sup>. L'ensemble de ces méthodes revient à des calculs de trigonométrie sphérique assez complexe. Avant le présent travail, aucune solution graphique relevant de ce groupe de méthode n'avait été mentionnée.

(8) David A. King, 'Al-Khalili's *Qibla* Table,' *Journal of Near Eastern Studies* 34 (1975): 81-122.

### III- Le schéma astronomique: présentation des mentions épigraphiques

les inscriptions du “schéma astronomique” émanent de plusieurs groupes d’informations qui relèvent de référentiels différents.



**Figure 4:** Les éléments épigraphiques du “schéma astronomique”. La figure a ici subi une rotation pour que le Nord soit en haut selon les conventions actuelles; les chiffres renvoient au texte.

#### 1- Les informations relevant du référentiel géodésique (1 à 8 sur la figure 4).

On relève: les indications de *Nord* (1) et *Sud* (2), ainsi que l'équateur (ligne équatoriale) (3) et le méridien central (*mi-journée du centre du globe terrestre*) (4).

Le point central à l'intersection du méridien central et de l'équateur, est noté *Coupole d'Arīne* (Qubbat Arīn) (5), point de départ du référentiel

géodésique arabe médiéval<sup>(9)</sup>. L'équateur, sur toute sa longueur, et le méridien central (dans sa partie Nord) supportent les repères de coordonnées terrestres. Les mentions de latitude 0° (*début du globe terrestre*) (6), et longitude 0° (*longueur du globe terrestre, début des longueurs*) (7 et 8) indiquent le sens de lecture de ces graduations.

Les villes de *Meknès et Fès* (13) et *la Mecque l'ennoblie* (16) sont localisées comme intersection d'arcs de cercles<sup>(10)</sup> représentant les latitudes (*horizon*) (12 et 15) et longitudes (*mi-journée = méridiens*) (11 et 14) de ces points géographiques. Un arc de cercle (en partie mal dessiné, voir discussion infra) qui passe par Meknès/Fès et la Mecque matérialise la *qibla* (*Azimut de la qibla de Fès et Meknès*) (17).

## 2- Une seconde projection: le plan horizontal à Meknès (21 à 24 sur la figure 4).

Un certain nombre de mentions épigraphiques ne s'intègrent pas dans le référentiel de projection qui vient d'être décrit. Ces mentions marquent une autre projection et un autre référentiel. Le point central représente, cette fois-ci, le zénith de Meknès, et le cercle périphérique représente l'horizon de cette ville. Les éléments qui se réfèrent à cette projection sont la position du coucher (21) et du lever (22) du soleil à l'équinoxe (*Occident équinoxial* et *Orient équinoxial*) ainsi que la position du lever du soleil au solstice d'hiver (*Orient hivernal*) (23). En position symétrique à cette dernière mention, on devine sur la plaque un texte fortement dégradé (24) pour lequel nous avons pu lire le terme *Orient estival*, c'est-à-dire la position du lever du soleil au solstice d'été.

## 3- Eléments énigmatiques (31 et 32 de la figure 4)

Deux mentions, symétriques par rapport à l'équateur, n'ont pas pu être comprises et traduites (31 et 32). Elles font référence à un "*Demi-quart*" de quelque chose qui n'est pas identifié. On voit sur la figure que ces termes marquent le milieu des quarts de cercle du canevas de projection si bien que l'on peut indifféremment les rattacher à l'une ou l'autre des projections repérées. Dans le premier cas, ces termes pourraient indiquer les latitudes 45° et dans l'autre les directions Nord-Est et Sud-Est.

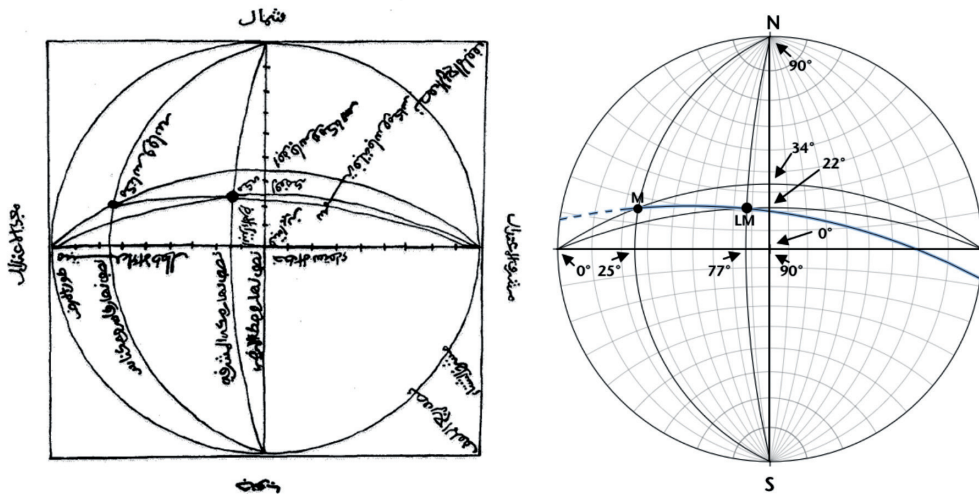
(9) Gerald R Tibbetts, "The Beginnings of a Cartographic Tradition, Cartography in the Traditional Islamic and South Asian Societies", *History of Cartography*, Vol. II, Book I, (Chicago: The University of Chicago Press, 1992) 90-108; Edward Stewart Kennedy, 'Géographie Mathématique Et Cartographie,' *Histoire des Sciences Arabes* 1(1997): 217-232; Mercè Comès, "The meridian of water in the tables of geographical coordinates of al-Andalus et North Africa", *The formation of al-Andalus*, vol. 2, éd. (Ashgate: Farnham, 1998) 381-391.

(10) Il s'agit en fait de "Grands Cercles" au sens stéréographique du terme.

#### IV- Le Schéma Astronomique: analyse des données graphiques

##### 1- Application de la projection stéréographique au calcul de la qibla à Meknès.

La figure 5 montre que la forme du schéma astronomique, et les mentions épigraphiques qui le complètent, peuvent s'interpréter comme une projection stéréographique visant à calculer l'azimut local de la qibla à Meknès.



**Figure 5 :** Comparaison entre le relevé de la plaque de la mosquée al Anwar (Nord en haut de la figure) et une projection stéréographique de la position de Meknès et la Mecque sur le globe terrestre. Nous verrons plus loin que cette projection est légèrement erronée (voir discussion dans le texte).

La projection stéréographique est une puissante méthode graphique permettant de trouver rapidement avec une bonne précision (de l'ordre du degré d'angle) le résultat de problèmes géométriques complexes qui relèvent de la trigonométrie sphérique<sup>(11)</sup>. La trigonométrie sphérique a été formalisée, comme on l'a déjà dit, à partir du IX<sup>e</sup> siècle J.C. par des savants musulmans tels que Ḥabaš al-Ḥāsib et al-Nayrīzī<sup>(12)</sup>. Quant à la projection stéréographique, elle est connue depuis plus longtemps encore puisque, appliquée à la sphère céleste, elle constitue la base théorique des astrolabes planisphériques.

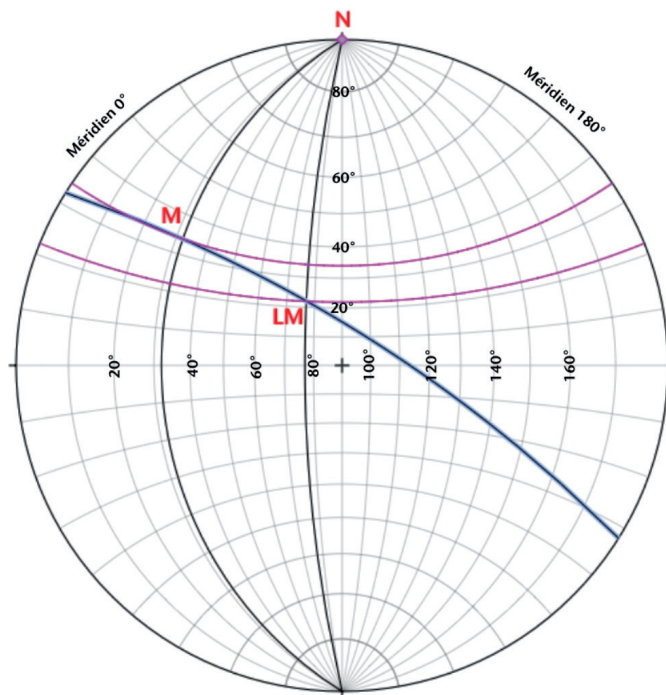
(11) Van Brummelen, Glen.. *Heavenly Mathematics*. (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2013), 129-130.

(12) Albert Gloden, "Aperçu historique de la trigonométrie rectiligne et sphérique". *Bulletin de la Société des naturalistes Luxembourgeois*, 54 (1950) 8-10; King, David A. *World-Maps for Finding the Direction and Distance to Mecca* (Leiden The Netherlands: Brill, 1999) 60-64.

Dans le détail, il existe plusieurs types de projection stéréographique, chacun ayant des avantages et des inconvénients, mais qui sont équivalents par rapport au type de problème étudié ici<sup>(13)</sup>. La détermination de la *qibla*, pour une localité donnée, nécessite de connaître les coordonnées de cette localité, et les coordonnées de la Mecque dans le même système de référence.

Le calcul graphique s'effectue en deux étapes:

- On positionne sur le canevas les points qui représentent le zénith<sup>(14)</sup> du lieu choisi (ici Meknès = M) et de la Mecque (= LM). Pour cela on cherche, pour chaque lieu, l'intersection du Grand Cercle (GC) passant par ce lieu et les pôles terrestres, qui représentent la longitude, avec le Petit Cercle<sup>(15)</sup> (PC) qui matérialise la latitude (Figure 5). Les longitudes sont comptées à partir du méridien 0° et les latitudes, à partir de l'équateur. Puis on trace le Grand Cercle de la *qibla* (GCQ) qui passe par M et LM, c'est-à-dire qui contient les zéniths de Meknès et la Mecque (Figure 6).



**Figure 6:** Première étape: dessin du GC (en bleu) qui contient les zéniths de Meknès (M) et la Mecque (LM).

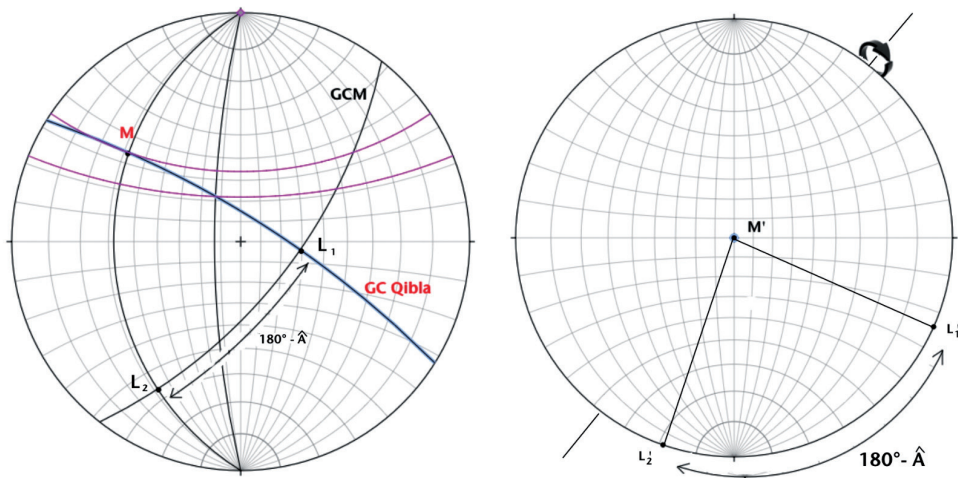
(13) Le type de projection utilisé pour les calculs et l'édition des figures, est de type "Wulf"; c'est une des options du logiciel OSXStereonet (Cardozo & Allmendinger :2011).

(14) Le zénith d'un point de la surface de la sphère est une ligne passant par ce point et le centre de la sphère.

(15) Le Petit Cercle est un plan séquent à la sphère mais qui ne passe pas par son centre.

- On cherche l'angle que fait le Grand Cercle de la *qibla* (GCQ) avec le Nord, sur le plan tangent au point M (plan horizontal, ou plan de l'horizon, à Meknès). Ce plan tangent est parallèle au Grand Cercle (GC) qui admet le point M comme pôle (Grand Cercle de la Mecque). L'angle recherché ( $\hat{A}$ ) correspond, sur ce Grand Cercle de la Mecque (GCM), à l'angle formé par les intersections (lignes) entre le Grand Cercle de la *Qibla* et le plan méridien passant par M (lignes dont les projections sont respectivement  $L_1$  et  $L_2$ ). Cet angle est le complémentaire de celui qui est indiqué par une double flèche sur la figure 5.

- La mesure de cet angle nécessite un changement de repère dans la projection (Figure 7).



**Figure 7:** Détermination de l'angle ( $\hat{A}$ ) correspondant à l'orientation, à Meknès et par rapport au Nord, de la trace de GCQ. Changement de référentiel: le zénith de Meknès est transféré au point central de la projection grâce à une rotation qui rend possible la mesure de l'angle  $\hat{A}$ .

- Une rotation des éléments pertinents ( $M$ ,  $L_1$  et  $L_2$ ) est nécessaire; elle correspond à la rotation qui amène le point  $M$ , zénith de Meknès, au centre du canevas ( $M'$ ). Une fois cette rotation effectuée, le Grand Cercle extérieur se confond avec le Grand Cercle de la Mecque (GCM) (lui-même parallèle à l'horizon à Meknès) et il est alors possible de mesurer l'angle ( $180^\circ - \hat{A}$ ) et par là en déduire  $\hat{A}$ . Dans l'exemple traité ici, on mesure  $85^\circ$  ce qui donne une *qibla* de  $95^\circ$  qui correspond à la valeur actuellement admise<sup>(16)</sup>.

(16) Notons que, comme c'est très classique en stéréographie, il existe d'autres modes opératoires qui aboutissent au même résultat. Nous avons retenu celui-ci qui est le plus simple à justifier, bien que ce ne soit pas celui qui corresponde aux manipulations les plus simples.

Le schéma de la mosquée al-Anwar s'écarte de la procédure qui vient d'être décrite, essentiellement sur trois points:

- Les coordonnées de Meknès (Longitude=25°, Latitude =34°) diffèrent de celles que l'on utilise aujourd'hui dans le même système de coordonnées (Longitude=32°, Latitude =34°).

- Les latitudes des deux villes sont représentées par des Grands Cercles (GC) et non des Petits Cercles (PC).

- Rien, dans le schéma tel qu'il nous a été transmis sur la plaque de marbre, ne justifie l'orientation qui a été donnée au *mihrab* de la mosquée al-Anwār (101° (± 3°)).

## 2- Le problème de la longitude de Meknès:

Les indications de la plaque commémorative qui accompagne la projection stéréographique d'une part, et la lecture que l'on peut faire directement sur le schéma d'autre part, concordent et indiquent que les quatre savants à l'origine de la plaque, ont pris compte des coordonnées suivantes:

	Longitude	Latitude
Meknès	25°	34°
La Mecque	77°	22°

Les latitudes sont correctes. Ce n'est pas étonnant, dans la mesure où la latitude est relativement facile à mesurer; la procédure était déjà maîtrisée par les Grecs de l'Antiquité.

En ce qui concerne les longitudes, le problème est plus délicat et doit être scindé en deux parties: le problème du méridien de référence, et le problème de l' "angle au centre" formé entre ce méridien de référence et le méridien du lieu.

Le fait que la longitude de la Mecque soit indiquée à 77° montre bien que les savants de Mūlāy Ismā'īl ont utilisé l'un des deux systèmes musulmans traditionnels<sup>(17)</sup>, qui a servi du IX<sup>e</sup> jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, avant que, comme partout dans le Monde, le méridien de Greenwich ne s'impose. Ce système fixe le méridien de référence à 90° à l'Ouest du méridien de la coupole

(17) En effet, il existe deux systèmes principaux, les types A et C, le second se caractérise par un décalage systématique des longitudes de 10° vers l'Ouest par rapport au premier. Ainsi dans le système A, la Mecque possède une longitude de 67°, alors que dans le système C, sa longitude est de 77°. Les raisons de la coexistence de ces deux traditions demeurent obscures.

d'Arîne (*Qubbat Arîn*)<sup>(18)</sup> sensé être situé au milieu du monde habité. Une fois le méridien de référence choisi, le calcul de la longitude pose d'énormes problèmes et a constitué pendant de nombreux siècles un des problèmes majeurs auxquels les scientifiques des deux rives de la Méditerranée ont été confrontés. Ce problème n'a véritablement été réglé qu'en 1736 par les Anglais grâce à l'invention d'une horloge mécanique fiable sur de longues périodes (chronomètre de marine).

Les données actuelles (XXI<sup>e</sup> siècle) permettent de considérer que la distance longitudinale entre la Mecque et Meknès est de l'ordre de 45°. Dans le système musulman traditionnel utilisé dans le cas étudié<sup>(19)</sup>, on fixerait donc actuellement la longitude de Meknès à 32°<sup>(20)</sup>, mais en 1710, on ne pouvait utiliser qu'une valeur approchée (Figure 8).

La figure 8 indique la longitude de villes proches et ayant quasiment la même longitude que Meknès, relevée dans les sources médiévales. On constate une forte dispersion des valeurs qui restent éloignées de la valeur correcte calculée avec le référentiel ancien (32°). Cette dispersion témoigne de deux phénomènes indépendants: l'existence de deux types de référence<sup>(21)</sup>, et le fait que les erreurs de Ptolémée n'aient été que très progressivement corrigées par les géographes du Moyen-Âge. Toujours est-il que la valeur utilisée par les savants de Mūlāy Ismā'îl (25°) est la plus proche de la valeur réelle parmi toutes celles disponibles à l'époque.

---

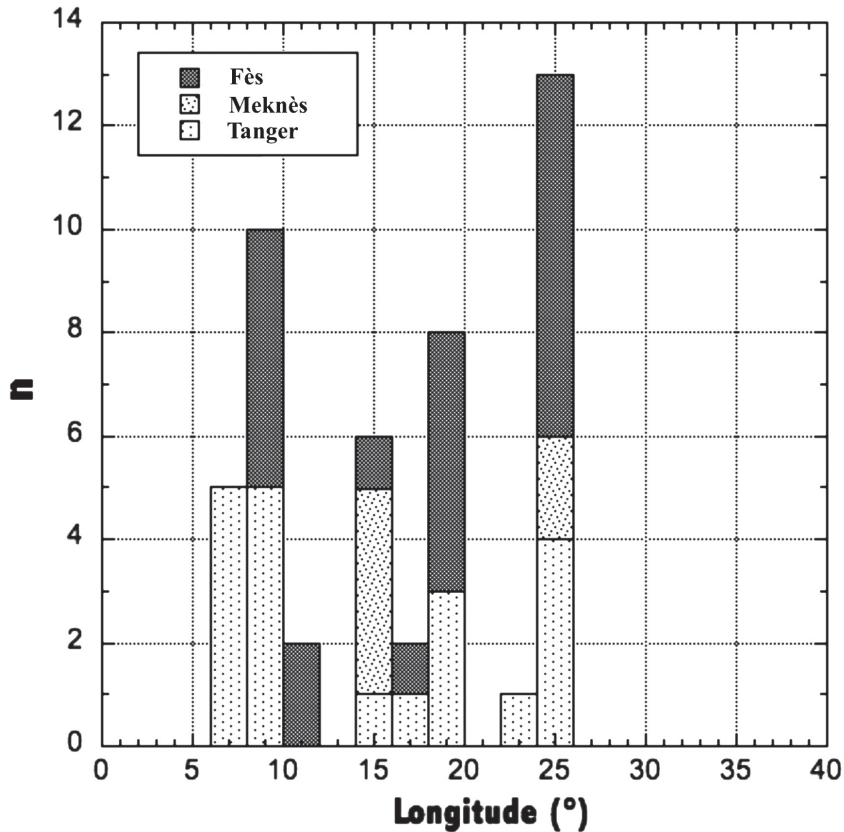
(18) Sédillot, *Traité des instruments*, 312-314; Jean-Baptiste Biot, 'Commentaires sur le traité des instruments astronomiques'. *Journal des savants*, (1841):513-520 et 602-610; Louis-Amélie Sédillot, *Mémoire sur les systèmes géographiques des grecs et des arabes* (Paris: éd. Firmin-Didot, 1842) 30; Tibbetts., "The Beginnings", 102-104; Kennedy, "Géographie mathématique", 220.

(19) C'est à dire de type C de Kennedy & Kennedy *Geographical coordinates of localities from Islamic sources* (Frankfurt am Main: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften an der Johann Wolfgang Goethe-Universität, 1987): xi.

(20) C'est à dire  $77^\circ - 45^\circ = 32^\circ$ .

(21) Les types (A et C) de Kennedy & Kennedy, *Geographical coordinates...*, xi.





**Figure 8:** Histogramme de 47 longitudes des villes de Fès, Tanger et Meknès relevées dans les sources médiévales (in Kennedy & Kennedy 1987); ces trois villes ont quasiment la même longitude.

On constate une forte dispersion des valeurs qui restent éloignées de la valeur correcte calculée avec le référentiel ancien ( $32^\circ$ ). Cette dispersion témoigne de deux phénomènes indépendants: l'existence de deux types de référence<sup>(22)</sup>, et le fait que les erreurs de Ptolémée n'aient été que très progressivement corrigées par les géographes du Moyen-Âge. Toujours est-il que la valeur utilisée par les savants de Mūlāy Ismā'īl ( $25^\circ$ ) est la plus proche de la valeur réelle parmi toutes celles disponibles à l'époque.

La valeur de la longitude d'une ville a une forte influence sur le calcul de la *qibla*. Il serait, bien entendu, stérile de ne pas tenir compte des coordonnées disponibles à l'époque dans une discussion sur le calcul de la *qibla* par les savants de Mūlāy Ismā'īl. Avec les coordonnées indiquées sur la plaque de marbre, l'utilisation d'une méthode de calcul exacte donne une valeur de  $91^\circ$  par rapport au Nord (actuellement la *qibla* de Meknès est estimée à  $95^\circ$ ).

(22) Les types (A et C) de Kennedy & Kennedy, *Geographical coordinates.*, xi.

### 3- Le problème de la représentation des latitudes sur la projection stéréographique.

La première partie du calcul graphique nécessite l'utilisation de Petits Cercles (PC) pour représenter les latitudes. Les savants à l'origine de cette plaque ont manifestement commis une erreur en utilisant des Grands Cercles (GC). Cette erreur influence le tracé du Grand Cercle (GC) de la *qibla* et au final son orientation à Meknès. En réalisant la totalité de la procédure décrite précédemment, avec un dispositif initial comprenant cette même erreur (GC au lieu de PC), on trouve une *qibla* à Meknès de  $76^\circ$  par rapport au Nord (Figure 9). La valeur de  $76^\circ$  est donc celle qu'auraient dû trouver les astronomes de Mūlāy Ismā'īl. Pourtant, ils ont retenu une valeur de  $101^\circ (\pm 3^\circ)$  comme l'atteste l'orientation de la mosquée concernée (mesure de Novembre 2014 :  $102^\circ$  avec  $1^\circ$  de déclinaison magnétique vers l'Ouest).

Méthodes scientifiques	Coordonnées du 21 <sup>e</sup> siècle	Qibla correcte	$95^\circ$
	Coordonnées du 18 <sup>e</sup> siècle	Qibla correcte	$91^\circ$
		Méthode stéréographique avec l'erreur GC/PC	$76^\circ$ (complémentaire $104^\circ$ )
		Qibla approximative (méthode-d'al-Baṭṭānī)	$105^\circ$
Qibla de la mosquée			$101^\circ (+/- 3^\circ)$
Astronomie populaire et autres méthodes	Orient Hivernal		$118^\circ$
	Orientation de la Ka'ba		$148^\circ$
	Lever de Canopée (Suhayl)		$162^\circ$

**Figure 9:** Tableau des différentes valeurs de la *qibla* discutées dans le texte du présent article. On note que ces valeurs sont calculées avec des méthodes numériques modernes (ordinateur), les mêmes calculs effectués au début du XVIII<sup>e</sup> siècle, avec les moyens de l'époque (tables trigonométriques plus ou moins précises), auraient sans doute donné des résultats éloignés de quelques degrés.

On remarque que le complémentaire de  $76^\circ$  est  $104^\circ$  [soit une valeur très proche de  $101^\circ(\pm 3^\circ)$ ]. C'est-à-dire que tout se passe comme si les savants avaient commis non pas une, mais deux erreurs : premièrement l'erreur des Petits Cercles (PC), déjà mentionnée, et deuxièmement une erreur en phase finale de calcul qui consiste à considérer que la *qibla* a la valeur de l'angle ( $180^\circ - \hat{A}$ ).

Ceci dit, les savants ne pouvaient pas ignorer que la *qibla* devait se trouver dans le quart Sud-Est (entre  $90^\circ$  et  $180^\circ$ ) et aucunement dans le quart Nord-Est (entre  $0^\circ$  et  $90^\circ$ ), ce qui aurait été le cas avec une valeur de  $76^\circ$ . On ne peut donc pas exclure que la seconde erreur soit la solution pragmatique qu'ils aient trouvée pour obtenir un résultat crédible. Par ailleurs, le calcul "approximatif" standard de la *qibla* (trigonométrie planaire, méthode d'al-Battānī), avec les coordonnées d'époque, donne aussi, une valeur proche de  $101^\circ$  (en fait  $105^\circ$  avec des moyens modernes de calcul trigonométrique). On ne peut donc pas exclure non plus que, vu la complexité de la procédure exacte, nos savants n'aient pas poussé jusqu'au bout leur calcul et aient choisi une valeur correspondant à une orientation approximative.

#### 4- Discussion

Il est clair que Muḥammad Ibn ‘Abd al-Raḥmān al-Mrābaṭ, al-‘Arbī Ibn ‘Abd al-Salām al-Fāsī, Ḥusayn al-Kāmil et Muḥammad Ibn Sulaymān al-‘Awnī, c'est-à-dire les savants convoqués par Mūlāy Ismā‘īl pour calculer la direction correcte de la *qibla* à Meknès, ont tenté d'utiliser la méthode stéréographique (Figure 5). Cependant, l'analyse de ce qu'ils nous ont laissé gravé sur la plaque de marbre révèle quelques anomalies:

- Le Grand Cercle de la *qibla* a un tracé imparfait (il devrait intercepter le GC extérieur au Sud du point cardinal W).

- Les latitudes de Meknès et la Mecque sont représentées par des Grands Cercles (GC) et non par des Petits Cercles (PC) et l'on ne comprend pas très bien comment, avec cette erreur, ils ont pu trouver un résultat aussi proche que ce qu'ils auraient dû trouver avec les coordonnées admises à l'époque (*qibla* correcte à l'époque:  $91^\circ$ ).

- Le schéma présente des indices du changement de référentiel, mais aucune des étapes de la phase finale de la procédure n'est représentée, et, notamment, la valeur précise du résultat du calcul n'est pas donnée. On doit se contenter d'une mesure sur l'édifice lui-même.

On remarquera que la *qibla* finalement retenue diffère de celle mentionnée dans les manuscrits d'époque pour Meknès ( $112^\circ$  à  $117^\circ$ )<sup>(23)</sup> qui

(23) King, *World-maps*, 456, 522, 526 et 607.

correspond grossièrement à l'Orient hivernal, le coucher de Soleil au Solstice d'hiver. En tout état de cause, on a le sentiment que les savants ne maîtrisaient pas totalement la technique stéréographique. Il semble qu'ils n'aient pas été les inventeurs de l'application de la technique en question. Ils devraient avoir puisé cette application dans les écrits de leurs prédécesseurs, et ils n'auraient pas complètement saisi tous les astuces relatives à cette théorie scientifique.

De façon très générale, il y a, dans l'histoire des sciences géographiques arabo-musulmanes un paradoxe majeur: d'un côté les savants connaissaient le principe des coordonnées géométriques dès le début du IX<sup>e</sup> siècle avec la traduction des travaux de Ptolémée. Héritage qu'ils n'ont cessé de corriger et d'améliorer jusqu'au moins le XVIII<sup>e</sup> siècle<sup>(24)</sup>. Par ailleurs, le principe de la projection stéréographique était également parfaitement connu et largement appliqué à la sphère céleste. Ceci est illustré par les astrolabes planisphériques, domaines dans lesquels la civilisation arabe a particulièrement brillé dès sa fondation. D'un autre côté, les cartes géographiques qui nous sont parvenues sont de mauvaise qualité, et ne sont, en tout cas, pas à la hauteur de ce que l'on serait en droit d'attendre de savants qui maîtrisent les coordonnées géographiques et les systèmes de projection sphérique. En fait et en première approximation, tout se passe comme si les savants arabo-musulmans n'avaient jamais pensé à appliquer à la sphère terrestre les systèmes de projection sphériques pour véritablement fonder une géographie mathématique de qualité<sup>(25)</sup>.

Certains auteurs<sup>(26)</sup> nuancent fortement cette conclusion et signalent quelques jalons historiques discrets qui permettent de caractériser une véritable, mais marginale, tradition de géographie mathématique. Parmi ces jalons, nous signalerons tout d'abord la carte du Calife al-Māmūn qui a été réalisée en 832 J.C. à Bagdad dans le cadre de *Bayt al-Ḥikma* (maison de la Sagesse) qu'il avait créé<sup>(27)</sup>. Cette carte est perdue mais les témoignages d'époque sont explicites<sup>(28)</sup>. Il s'agit ensuite d'un traité d'al-Bayrūnī (973-1048 J.C.) qui présente huit systèmes de projection cartographiques, ainsi

(24) Kennedy & Kennedy, *Geographical coordinates*, 709.

(25) Gerald R Tibbetts, "Later Cartographic Developments; Cartography in the Traditional Islamic and South Asian Societies," *History of Cartography*, Vol. II, Book I, (Chicago: The University of Chicago Press, 1992) 137-155

(26) David A. King, "Islamic world-maps centred on Mecca: The rediscovery of a remarkable tradition of medieval cartography," *Science in Islamic Civilisation – Proceedings of the International Symposia "Science Institutions in Islamic Civilisation" and "Science and Technology in the Turkish and Islamic World"*, éd. Ekmeleddin Ihsanoglu and Feza Günergun, (Istanbul: Research Centre for Islamic History, Art and Culture (IRCICA), Istanbul, 2000) 111-121; Kennedy, "Géographie mathématique," 217-232.

(27) *Ibid.*

(28) Tibbetts, "The Beginnings", 90-108.

qu'une série de traités de la fin du Moyen-Âge qui fournissent l'azimut de la *qibla* pour de nombreuses localités avec un degré de précision absolument remarquable (quelques minutes d'angle). Enfin il s'agit de deux instruments du XVII<sup>e</sup> siècle récemment découverts (1989 et 1995) et originaires d'Iran qui se présentent comme des planisphères centrées sur la Mecque<sup>(29)</sup>. La projection géographique utilisée, très sophistiquée, conserve à la fois les directions (*qibla*) et les distances. Un tel système de projection n'a été mathématiquement formalisé par la science moderne qu'au XX<sup>e</sup> siècle<sup>(30)</sup>.

Il nous semble que la plaque de la mosquée al-Anwār de Meknès est un nouveau jalon de cette discrète tradition de géographie mathématique. En tout cas, la plaque de la mosquée al-Anwār constitue la preuve qu'en 1710 J.C., dans le Maghreb occidental, des savants ont essayé de procéder au calcul de la *qibla* en utilisant une méthode graphique basée sur la projection stéréographique. C'est, actuellement, l'unique exemple connu d'une telle démarche dans tout le monde arabo-musulman médiéval et post-médiéval.

### Conclusion

D'après ce qui précède, il semble que les connaissances relatives à l'astronomie mathématique n'aient été maîtrisées et mises en œuvre pour l'orientation des mosquées et des différentes salles de prière de Meknès qu'à partir de la première décennie du XVIII<sup>e</sup> siècle. Le *mihrab* de la mosquée al-Anwār est le premier monument religieux à être orienté selon ces procédés scientifiques, et devrait constituer une référence de la bonne direction de la *qibla*, et servir ainsi de modèle d'orientation pour les édifices religieux et funéraires de Meknès.

La prise de conscience de cette culture astronomique rigoureuse ne se limita pas à cette ville, et fut attestée dans une grande partie du territoire marocain pendant le règne du troisième sultan alaouite Mūlāy Ismā'īl. Dans cette perspective, le savant marocain Muḥammad al-Zarhūnī explique dans sa *riḥla* les procédés scientifiques qu'il a mis en œuvre pour calculer l'orientation du *mihrab* de la grande mosquée almohade de Tinnel. Il se basa, pour ce faire, sur les coordonnées géographiques de Marrakech et de la Mecque. L'usage de cette méthode relevant de la trigonométrie sphérique l'a amené à déceler que la niche du *mihrab* est largement déviée par rapport à la bonne direction de la Ka'ba. Il note à cet égard: " La longitude de cette ville est de 21°. Celle de la Mecque étant de 77°, d'après ce qu'on dit, tu en concluras nécessairement que la Mecque est dans la direction générale

(29) King, *World-maps*, 197-212.

(30) Schoy, Karl. *Die Geschichte Der Zeitmessung Und Der Uhren*. Berlin: Vereinig. Wissenschaftl. Verleger, (1923): 44-45.

(*nâhiya*) de l'Est, du fait de sa position plus éloignée que celle de Marrakech par rapport au lieu du couchant qui est l'origine des longitudes. Et tu sauras de même si la Mecque est dans la direction générale du Nord-Est ou du Sud-Est, connaissant les deux latitudes. Celle de la Mecque étant de  $21^\circ$ , d'après ce qu'on dit, et la latitude de Marrakech de  $31^\circ 1/2$ , il s'ensuit que Marrakech est situé plus loin de l'équateur que la Mecque, et qu'une ligne droite allant de la première de ces villes à la seconde se dirigea vers le Sud. Donc la direction exacte de la qibla est dans le quadrant Sud-Est, non loin de l'Est vrai, ou à ce point même, qui est l'orient équinoxial<sup>(31)</sup>.

Ce savoir astronomique très poussé en matière du calcul de la direction de la *qibla* est indiscutablement le fruit d'un développement très remarquable des sciences géographiques et astronomiques arabo-musulmanes au Maroc médiéval et post-médiéval. La transmission de ce savoir semble avoir été véhiculée par des savants maghrébins médiévaux qui auraient passé des séjours scientifiques en Orient musulman et devraient y apprendre les fondements et les traits majeurs de ces sciences. Les grands savants de ce grand territoire connaissaient déjà le principe des coordonnées géographiques dès le début du IX<sup>e</sup> siècle, et maîtrisaient parfaitement le principe de la projection stéréographique, appliqué surtout à la sphère céleste. Ils excellaient également dans le domaine de la cartographie qui a connu les prémices de sa floraison à partir du règne du calife abbasside al-Māmūn (IX<sup>e</sup> siècle), dans le cadre du *Bayt al-Hikma* (Maison de la Sagesse). Le croisement des données de ces différents champs scientifiques qui se sont développés au fil du temps semble être d'un apport très particulier pour la maîtrise des méthodes relatives à la détermination de la *qibla* dans le monde islamique, notamment à partir de l'époque post-médiévale.

### Bibliographie

- Bilmuqaddam, Ruqayya. *Awqāf Maknās Fī 'ahd Mawlāy Ismā'īl*. [S.l.]: al-mamlaka al-Maġribiyya, 1993.
- Biot, Jean-Baptiste. "Commentaires sur le traité des instruments astronomiques". *Journal des savants*, (1841): 513-520 et 602-610.
- Cardozo Néstor & Allmendinger Rick. Logiciel OSXStereonet, version 2.1., 2011.
- Comes, Mercè. "The 'Meridian of Water' in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa." *Journal for the History of Arabic Science* 10 (1994): 41–51.

(31) Henri-Paul-Joseph Renaud, "Astronomie et astrologie marocaines", *Hespéris*, XXIX, (1942): 58.

- Ducène Jean-Charles. “ L’Afrique dans les mappemondes circulaires arabes médiévales ”, *Cartes et géomatique*, 210, 19-36, 2011.
- Elkhammar Abdelatif. “ La table des biens habous de la madrasa al-Bu‘naniyya à Meknès,” *Al-Andalus-Maghreb*, 12, 67-83, Cádiz, 2005.
- Gloden Albert. “Aperçu historique de la trigonométrie rectiligne et sphérique”. *Bull. Soc. natur. Luxembourg*, 54, 5-17, 1950.
- Ibn Zaydān, ‘Abd al-Rahmān. *Al-Manza‘ Al-Laṭīf Fī Mafākhīr Al-Mawlā Ismā‘īl Ibn Al-Sharīf*. Casablanca: Ideal, 1993.
- . *Ithāf A’Lām Al-Nās Bijamāl akhbār Ḥādirat Maknās*, Casablanca, 1990.
- Kennedy, Edward Stewart, and Mary Helen Kennedy. *Geographical Coordinates of Localities From Islamic Sources*, Frankfurt am Main: Inst. für Geschichte der Arab- Islam. Wiss, 1987.
- Kennedy, Edward Stewart. “Géographie Mathématique Et Cartographie”. *Histoire des Sciences Arabes* 1 (1997): 217-232.
- King, David A. “Islamic world-maps centred on Mecca: The rediscovery of a remarkable tradition of medieval cartography”, *Science in Islamic Civilisation - Proceedings of the International Symposia “Science Institutions in Islamic Civilisation” and “Science and Technology in the Turkish and Islamic World”*, éd. Ekmeleddin Ihsanoglu and Feza Günergün, Research Centre for Islamic History, Art and Culture (IRCICA), 111-121. Istanbul: 2000.
- . “Al-Khalili’s Qibla Table”. *Journal of Near Eastern Studies* 34 (1975): 81.
- . “Astronomie et société musulmane: *Qibla*, gnomonique, “Mîqāt””. *Histoire des sciences arabes* 1(1997): 173-215.
- . “Kibla”. *The Encyclopaedia of Islam*, 1986.
- . *World-Maps for Finding the Direction and Distance to Mecca*. Leiden, The Netherlands: Brill, 1999.
- Lelewel, Joachim. *Géographie du moyen âge*. Bruxelles: Pilliet, 1852.
- Rénaud, Henri-Paul-Joseph. “Astronomie et astrologie marocaines,” *Hespéris-Tamuda* XXIX (1942): 41-63.
- Savage-Smith, Emilie, and Andrea P. A Belloli. *Islamicate Celestial Globes, Their History, Construction, And Use*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1985.
- Schoy, Karl. *Die Geschichte Der Zeitmessung Und Der Uhren*. Berlin: Vereinig. Wissenschaftl. Verleger 1923.

Sédillot Louis-Pierre -Eugène-Amélie. *Mémoire sur les systèmes géographiques des grecs et des arabes ...* Paris: Firmin Didot frères, 1842.

Sédillot, Jean-Jacques. *Traité des instruments astronomiques des Arabes composé au treizième siècle par Aboul Hassan Ali, de Maroc intitulé (collection des commencements et des fins), (جامع المبادئ والغايات)*, publié par Louis Amélie Sédillot, à l'imprimerie royale. Paris: 1834.

Tibbetts, Gerald R. "Later Cartographic Developments, Cartography in the Traditional Islamic and South Asian Societies", *History of Cartography*, Vol. II, Book I, 137-155. Chicago: The University of Chicago Press, 1992.

—————. "The Beginnings of a Cartographic Tradition; Cartography in the Traditional Islamic and South Asian Societies", *History of Cartography*, Volume Two, Book One, 90-108. Chicago: The University of Chicago Press, 1992.

Van Brummelen, Glen. *Heavenly Mathematics*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2013.

### ملخص: طريقة تحديد القبلة بمدينة مكناس عند أوائل القرن الثامن عشر

تسلط هذه الدراسة الضوء على إحدى أهم المناهج العلمية المتعلقة بتحديد اتجاه القبلة بمدينة مكناس، والتي قام بصياغتها أربعة متخصصين في مجال علم الفلك بأمر من السلطان العلوي المولى إسماعيل. طبق هؤلاء العلماء هذه المنهجية أثناء أشغال توجيه و بناء محراب مسجد الأنوار بالمدينة العتيقة، واهتموا بشرح وتبيان نظريتهم العلمية من خلال نقشهم لدائرة هندسية على رخامة مربعة الشكل والتي لا زالت قائمة بنفس المسجد إلى يومنا هذا. سنحاول في بداية الأمر أن نقدم جميع التفاصيل المرتبطة بهذا التخطيط الهندسي وبالظروف والعوامل التاريخية التي أدت إلى تنزيهه على أرض الواقع. كما سنبرز فيما بعد، من خلال تحليل علمي دقيق، بأن هذه الرخامة المنقوشة هي تجسيد لإسقاط تجسمي كان يهدف من خلاله هؤلاء العلماء إلى البرهنة على نظريتهم الرياضية المتعلقة بتحديد القبلة الصحيحة بمدينة مكناس. وقد استطعنا بفضل تحليلنا للمعلومات التاريخية وللمعطيات العلمية من أن نصل إلى خلاصة مفادها بأن هذه الدائرة الهندسية تمثل إلى حد الآن الشاهد الأثري الوحيد للمنهجية العلمية السالفة الذكر بالعالم الإسلامي خلال العصرين



الوسيط و الحديث، كما تمثل أيضا أول دليل مادي مرتبط بالطرق التخطيطية في تحديد اتجاه القبلة.

الكلمات المفتاحية: القبلة؛ توجيه المباني الدينية؛ المحراب؛ علم الفلك الإسلامي؛ مساجد المغرب؛ مكناس؛ السلطان المولى إسماعيل؛ الإبيغرافيا العربية الإسلامية.

### Résumé: Méthode pour la détermination de la *qibla* à Meknès au début du XVIII<sup>e</sup> siècle

La présente étude porte sur un schéma astronomique qui indique la direction de la *qibla* à Meknès selon des méthodes scientifiques. Situé dans la mosquée al-Anwār à la médina ancienne de Meknès, ce schéma, gravé sur une plaque de marbre, fut établi par quatre astronomes sur l'ordre du sultan alaouite Mūlāy Ismā'īl. Nous allons essayer, dans un premier temps, de présenter tous les détails relatifs à ce schéma et le contexte historique qui a dicté son agencement. Nous montrons ensuite, selon une analyse scientifique détaillée, que le schéma en question est une représentation d'une projection stéréographique qui vise à démontrer le calcul de la *qibla* de Meknès. Le croisement des renseignements historiques et des données scientifiques nous a permis de déduire que le schéma en question demeure, dans l'état actuel de nos connaissances, l'unique témoignage d'une telle démarche dans le monde arabo-musulman médiéval et post-médiéval et, d'une manière plus générale, la première mention d'une méthode graphique de calcul exact de la *qibla*.

**Mots-clés:** *qibla*; orientation des édifices religieux; *mihrab*; astronomie islamique; mosquées du Maroc; Meknès; Sultan Mūlāy Ismā'il; épigraphie arabo-islamique.

### Abstract: A Method for Determining the *qibla* at Meknes in the Early Eighteenth Century

This study focuses on an astronomical diagram that indicates the direction of *qibla* in Meknes according to scientific methods. Located in the mosque of al-Anwar in the old medina of Meknes, this scheme, engraved on a marble plate, was elaborated by four astronomers on the order of the alawite sultan Mūlāy Ismā'īl.

We tried, first of all, to present all the details related to this diagram and the historical context which dictated its planning. We then show, in a detailed scientific analysis, that the concerned diagram is a representation of a stereographic projection that aims to demonstrate the calculation of the *qibla* in Meknes.

After combining historical information and scientific data, we deduce that this schema remains, in the current state of knowledge, the only witness of such an approach in the Arab and Muslim world during the medieval and post-medieval periods and, more generally, the first mention of a graphical method for exact calculation of the *qibla*.

**Keywords:** *qibla*; orientation of religious monuments; *mihrab*; islamic astronomy; mosques of Morocco; Meknes; Sultan Mūlāy Ismāʿil; arabic and islamic epigraphy.

**Resumen: Método para determinar la *qibla* en Meknès en comienzos del siglo XVIII.**

Este estudio se centra en un esquema astronómico que indica la dirección de la *qibla* en Meknès según métodos científicos. Situado en la mezquita al-Anwār en la medina de Meknès, este esquema grabado en una placa de mármol, fue establecido por cuatro astrónomos bajo el orden del sultán alauíta Mūlāy Ismāʿīl. Vamos a intentar, en un primer momento, presentar todos los detalles relacionados con este esquema así como el contexto histórico que dictó su disposición. A continuación, mostramos, en un análisis científico detallado que el esquema en cuestión es una representación de una proyección estereográfica que pretende demostrar el cálculo de la *qibla* de Meknès. El cruce de información histórica y los datos científicos nos permitió concluir que el dicho esquema permanece, hasta hoy en día, el único testigo de este enfoque en el mundo árabe-musulmán medieval y post-medieval y, en general, la primera mención de un método gráfico del cálculo exacto de la *qibla*.

**Palabras clave:** dirección *qibla* de monumentos religiosos; *mihrab*; astronomía islámico; las mezquitas de Marruecos; Meknes; Sultán Mulay Ismāʿīl; árabe y epigrafía islámica.