



Les cadrans signés «Ahmad al-'Umarî» (Tunisie, XVIII^e siècle)

Fathi Jarray & Eric Mercier

Nous décrivons ici cinq cadrans tunisiens du dernier quart du XVIII^e siècle, signés de Ahmad al-'Umarî. Nous proposerons qu'il s'agit en fait des œuvres de deux gnomonistes différents. 1) Ahmad ben Muhammad al-'Umarî auteur du remarquable cadran de la mosquée hanafite de Monastir. 2) Ahmad al-'Umarî, qui a réalisé les quatre autres cadrans qui sont de qualité scientifique très irrégulière. Un de ces instruments nous permettra néanmoins de discuter la méthode utilisée par les gnomonistes tunisiens pour calculer la Qibla.

I Introduction

Les cadrans solaires tunisiens anciens peuvent être divisés en 3 grands types (Jarray 2011) :

- le type médiéval (A), fortement influencé par l'héritage gréco-romain (Jarray 2012),
- le type de l'époque moderne (B), qui est apparu en 1616/17, quelques années après l'installation des Ottomans à Tunis. Ces deux événements sont liés car c'est Barakât Ben Muhammad al-Zarîf al-Husaynî al-Idrîsî, le premier muwaqqit¹ de la première mosquée hanafite² de cette ville (mosquée Yûsuf Dey) qui en est l'auteur,
- le type de l'époque contemporaine (C) ; qui va progressivement remplacer le type B à partir du XIX^e siècle ; une influence occidentale y est nettement décelable.



◀ Fig . 1 - Vue partielle du cadran disparu de Yûsuf Dey (1616/17). Il s'agit du premier cadran de l'époque moderne en Tunisie. On y distingue notamment: (1) le bandeau extérieur en heure égale, en relation avec un gnomon polaire et (2), et dans l'espace central (bas de la photo) des droites «annonçant» des repères de prières (heures italiques et babyloniennes) en relation avec un gnomon vertical.

¹ Astronome / scientifique, attaché à une mosquée et chargé de déterminer les heures des prières.

² Doctrine / Ecole de jurisprudence musulmane répandue en Turquie et qui fut importée en Tunisie (majoritairement «malakite») par l'occupant ottoman.

Le type «moderne» (type B) est sans doute le plus intéressant sur le plan historique car il est spécifique à la Tunisie. Le plus ancien de ces cadrans était celui de la mosquée Yûsuf Dey (Tunis); il est hélas perdu et n'est connu que par une photo partielle (fig. 1).

Cette photo, en dépit de son caractère fragmentaire, atteste que ce cadran présentait déjà toutes les caractéristiques des cadrans horizontaux de l'époque moderne. A savoir³:

- un bandeau horaire extérieur (heures égales) en relation avec un gnomon (fil) polaire,
- dans la zone centrale: un ou plusieurs cadrans en relation avec autant de gnomons verticaux et qui indiquent des repères temporaires utiles à la détermination des périodes favorables aux prières,
- utilisation de lignes d'annonce car les repères concernés sont en dehors de la période d'éclairage du cadran (ex: Maghrib dans 4 h, 3 h, 2 h par exemple...).

La cinquantaine d'instruments horizontaux de type B dont la fabrication va ponctuer les 230 ans qui suivent (Jarray 2011, 2015a) ne vont pas s'écarter du schéma de ce prototype. Il est notamment impossible de mettre en évidence une évolution à l'intérieur de ce groupe.

Cela ne veut pas dire que les gnomonistes tunisiens de la période considérée n'ont pas tenté des expérimentations ou des innovations (Jarray 2015b) ; en effet, il existe des cadrans qui, sans s'éloigner du type standard, accueillent des éléments supplémentaires innovants et très originaux ! Parmi ces cadrans particuliers, deux d'entre eux (ceux de la Mosquée hanafite de Monastir et celui de la Grande Mosquée de Bizerte) sont signés de Ahmad al-'Umarî. Dans les lignes qui suivent nous nous proposons d'étudier ces deux cadrans mais aussi trois autres qui portent également cette signature.

Leurs réalisations s'étalent sur la période 1774-1791 (fig. 2). Comme nous le verrons par la suite, la qualité scientifique de ces instruments est extrêmement variable, ce qui nous conduira, avec d'autres éléments d'analyse, à envisager qu'il y a un problème d'homonymie et qu'il s'agit en réalité de réalisations de deux gnomonistes différents.

II Présentation et étude des cadrans solaires

A) Le cadran de la mosquée hanafite de Monastir

1) La Mosquée hanafite de Monastir et son cadran

Cette mosquée se trouvait dans la partie Est de Hûmat al-Jabbâna dans le faubourg central de la ville de Monastir. Elle fut démolie et remplacée par l'actuelle mosquée de Bour-

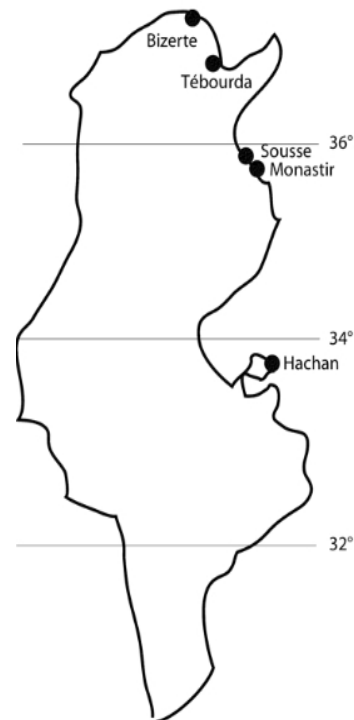


Fig. 2 - Localisation des cadrans signés Ahmad al-'Umarî

³ Les cadrans horizontaux modernes possèdent généralement une indication de la Qibla sous la forme d'un Mi-rhab' stylisé. Vu le champ réduit de la photo du cadran de Yûsuf Dey, il n'est pas possible de se prononcer sur le fait qu'il possédait, ou non, cette indication.

guiba dans les années soixante du siècle dernier (fig. 3). Nous n'avons presque rien sur son architecture ou sur son plan, ni sur l'emplacement du cadran et l'histoire de sa conservation (Musée des arts islamiques du Ribat de Monastir).

Le cadran est gravé sur une plaque de marbre blanc-grisâtre de 10 cm d'épaisseur et de dimension 90 cm x 56 cm (fig. 4). Dans le coin SW, une longue inscription commémorative est gravée; en voici la traduction :

1/ *Louange à Dieu Qui a orienté les raisons à témoigner son excellente existence par ses merveilleuses créations. Il l'a exhorté à raisonner et à contempler*

2/ *ses inventions mystérieuses et le bon ordre de ses innovations, dans tous ses œuvres magnifiques et ses réalisations glorieuses, sur sa terre et ses cieux. (Dieu) le très Haut dis :*

3/ **Dans la création des cieux et de la terre, dans l'opposition de la nuit et du jour, dans le vaisseau voguant sur la mer avec le profit que cela vaut aux hommes,*

4/ *en l'eau qu'Allah fait descendre du ciel par laquelle Il fait revivre la terre après sa mort, dans ce qu'il fait pulluler de toute bête, dans l'envol des vents et des nuages*

soumis, entre le ciel et la terre, (en tout cela) sont certes des signes pour un peuple qui

5/ *raisonne** (Cor. II, 164, trad. Blachère). *Bénédictions et paix sur l'émérité de tous les prophètes, l'éminent dans la circonférence des saints, notre seigneur Muhammad, celui que les soleils de*

6/ *sa loi divine nous ont éclairé, et les lunes de ses Compagnons sont apparues et sont servis à nous comme des étoiles pour nous guider dans l'égarement, Nous l'avons utilisés comme des phares pour suivre le chemin droit.*

7/ *Par lesquels nous avons aboutis les rangs élevés, et en les suivant nous nous sommes débarrassés des péchés. En outre, l'artisan (de ce cadran) Ahmad ben Muhammad al-'Umarî dis :*

8/ *celui qui a été à l'origine de sa réalisation est orienté par Dieu au bienfait et à la droiture Abû-l-Hasan 'Alî b. Yûsuf Murâd, il l'a fait pour la détermination des moments*

9/ *des prières. Son chronogramme : « il aura une rétribution de son Maître (Dieu), qui élève au rangs »*

10/ *L'année 1188 (lundi 14 mars 1774-vendredi 3 mars 1775)*

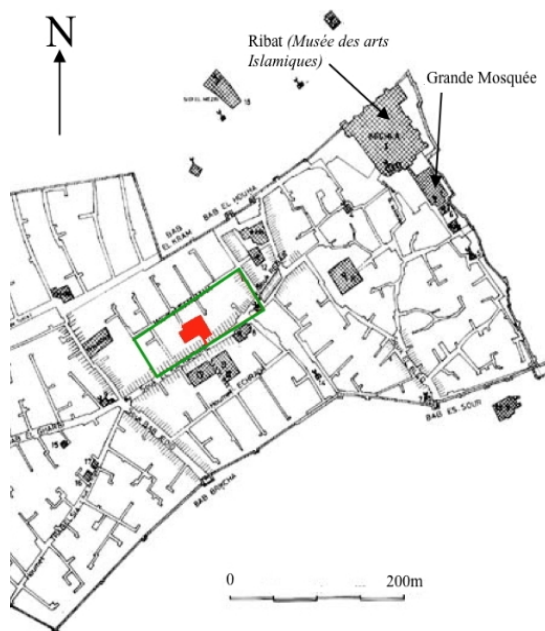


Fig. 3 - Carte partielle de Monastir au XIXe siècle avec, en rouge, la localisation de la mosquée hanafite (d'après M'Halla 1995). Le cadre en vert indique la position de la célèbre Mosquée Bourguiba construite en 1963 après de gros travaux de «rénovation» urbaine.

figure 5. Dans le coin NW du cadran solaire on observe un petit tableau (fig. 6) dont la signification était restée mystérieuse.

2) L'appendice gnomonique

C'est la fonction et l'usage de ce tableau que nous allons essayer d'établir ici. Ce tableau se présente comme un ensemble de 4 colonnes graduées avec quelques chiffres (fig. 6). Entre les colonnes, quatre mentions donnent quelques éléments sur la nature des données retranscrites dans les colonnes. Ces indications épigraphiques sont traduites dans la figure 7. Ces indications ont, pour certaines, un sens très obscur. On ne dispose qu'aucun mode d'emploi qui permettrait de comprendre la signification du tableau et son usage. Après de nombreuses interrogations et autant d'essais, nous pensons pouvoir proposer quelques éléments qui peuvent constituer une tentative d'explication.



Fig. 6 - Détail du tableau étudié dans cet article, certaines indications épigraphiques sont très dégradées et illisibles.

3) Analyse de la troisième colonne

La mention de la 3^{ème} colonne (en partant de la droite) ; « la moitié de l'Arc », évoque une mention épigraphique déjà rencontré sur un cadran tunisien : la méridienne horizontale (1876) de la mosquée de la Kasba à Tunis, ou l'Arc indique la trajectoire du Soleil (Jarray et Mercier 2015b). Cette mention évoque également la notion d'« arc semi-diurne » (durée entre le lever du soleil et son passage au méridien) très utilisée dans l'astronomie musulmane médiévale.

Il apparaît que les valeurs de 72 (inscrite à la base de la colonne) et 108 (valeur évaluée grâce au nombre de graduation pour le haut de la colonne) correspondent aux deux valeurs extrêmes de la moitié de la durée du jour à Monastir exprimé en « drej »⁴ qui est l'unité temporelle utilisée sur les cadrans de l'époque moderne de Tunisie (type B). Ces valeurs extrêmes correspondent aux deux solstices. A l'équinoxe la valeur serait de 90

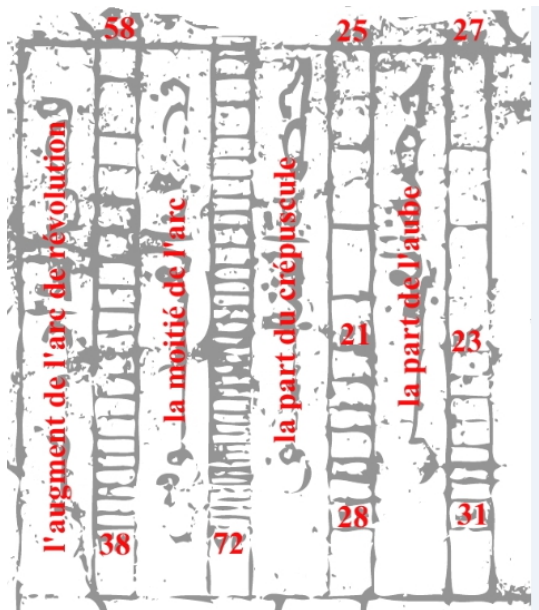


Fig. 7 - Traduction des mentions épigraphiques actuellement lisibles.

⁴ « drej » = degré, soit 1/15 de l'heure, c'est à dire 4 minutes. Cette unité est l'unité de base de la division traditionnelle de l'heure en fractions de 20 et 4 minutes. Actuellement en langage populaire drej signifie 5 minutes, c'était déjà le cas au milieu du XXe siècle (Legendre (1958) qui, curieusement vu l'objet de son étude, n'évoque que la signification contemporaine). Le système traditionnel a été abandonné sur les cadrans au milieu du XIX^è comme en témoigne la date (1845) du premier cadran de type C, au sens de Jarray 2011, type justement caractérisé par la division de l'heure en fractions de 30, 15 et 5 minutes).

(soit 6 heures). Il est à noter que la position de cette graduation 90, c'est à dire la position des équinoxes, n'est pas au milieu de la colonne.

Par ailleurs, on constate que les positions, sur la colonne 3, des solstices et des équinoxes, sont exactement celles d'une méridienne horizontale calculée pour Monastir. De plus la ligne E-W qui semble limiter, vers le bas, la «zone» réservée au tableau sur le cadran correspond précisément à la position où devrait être implanté le gnomon droit d'une telle méridienne (fig. 8).

Fig. 8 - Comparaison entre la troisième colonne du tableau et le tracé d'une méridienne horizontale calculée pour Monastir. Le chiffre sans parenthèses est lu sur le tableau (voir figure M4) les chiffres entre parenthèses déduits du nombre de graduation. ►

On peut donc conclure : (1) la colonne 3 est une méridienne horizontale dont le gnomon vertical doit être positionné sur la ligne E-W susmentionnée et (2) ce n'est pas la demi-durée du jour qui est indiquée, mais la demi-durée de la nuit (le chiffre le plus petit correspond au Solstice d'Eté), cette colonne indique donc l'« arc semi-nocturne».

Comme il n'y a aucune implantation de gnomon visible sur la ligne E-W, il est probable que le muwaqqit de la mosquée utilisait un gnomon mobile pour établir, à midi, la durée de la nuit (fig. 9).

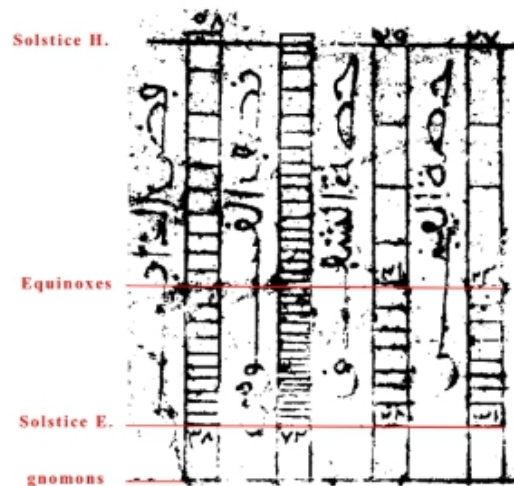
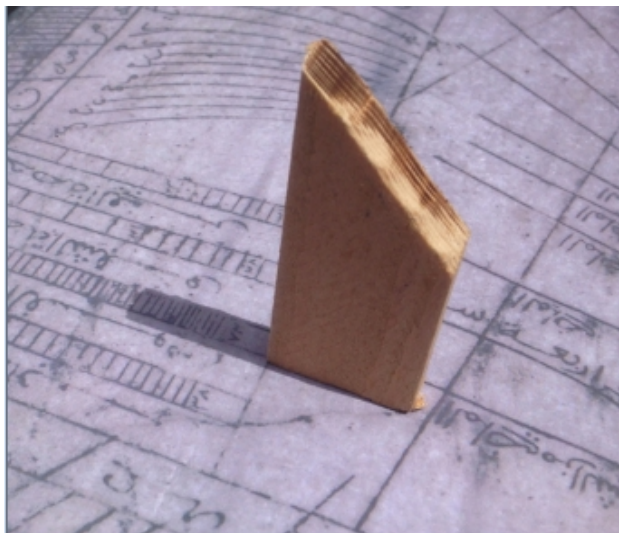
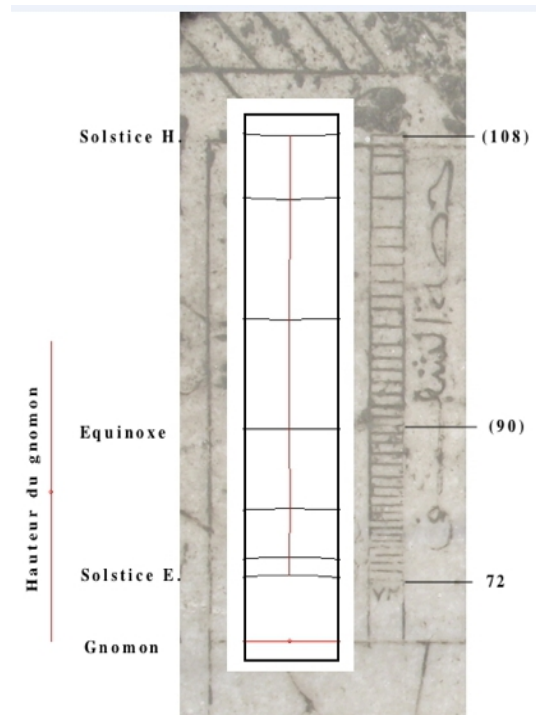


Fig. 9 - Tentative de reconstitution du gnomon mobile donnant, à midi, la demi-durée de la nuit en drej (4 minutes) et interprétation des colonnes du tableau en terme de méridiennes donnant, à midi solaire, des indications variées.

4) Les première et seconde colonnes

En fonction de ce qui précède, et vu l'épigraphe, on peut raisonnablement supposer que les première et seconde colonnes indiquent la durée de l'intervalle entre respectivement (1) Fajr et le lever du Soleil, et (2) Maghrib et Isha, c'est à dire la durée de l'aube et du crépuscule.

Pour pouvoir vérifier les valeurs inscrites sur le tableau, il faut calculer les heures de Fajr et Isha. Or, les méthodes de calcul de ces deux prières ont fortement variées au cours de l'histoire, et en fonction du pays concerné. La question est de connaître la hauteur (négative) du Soleil qui a servi de référence.

L'analyse du cadran lui-même va nous fournir la solution. En effet les courbes Fajr+4 et Isha-4 (respectivement + 4 heures et - 4 heures) y sont gravées à l'intérieur des «sous-cadrans» représentant les heures italiques et babyloniennes. On constate par ailleurs que les courbes relatives à Fajr et Isha ne sont pas parfaitement symétriques illustrant le fait que traditionnellement dans la civilisation arabo-musulmane, l'aube est considérée comme durer plus longtemps que le crépuscule.

Le calage de la position des courbes relatives à Fajr et Isha, par une série d'essais-erreurs lors de la modélisation du cadran (fig. 5) a permis d'établir que les hauteurs du Soleil de référence étaient respectivement :

$$\text{Fajr} : -20^\circ \quad \& \quad \text{Isha} : -18^\circ$$

Le calcul (fig. 10), avec les valeurs de hauteur du Soleil ainsi établies, donnent des durées (en drej) de l'aube et du crépuscule aux solstices, très proches de ce qui est inscrit sur le tableau du cadran. Le calcul montre par ailleurs (fig. 11) que la durée minimale de l'aube et du crépuscule, s'observe à des moments assez proches des équinoxes. C'est aussi ce que l'on retrouve sur les indications du tableau (fig. 7 et 10). Ainsi, par exemple, selon la colonne 1 du tableau, l'aube dure 31 drej au Solstice d'Été, passe par un minimum à 23 drej, puis remonte à 27 drej au Solstice d'Hiver. On trouve une situation similaire pour le crépuscule.

Traduction des intitulés de colonnes	l'augme-nt de l'arc de révo-lution		la moitié de l'arc		la part du crépuscule		la part de l'aube	
	Heure de début de Asr		Moitié de la durée de la nuit		Durée du crépuscule du soir		Durée du crépuscule du matin	
Interprétation	Calcul	Lecture	Calcul	Lecture	Calcul	Lecture	Calcul	Lecture
Solstice d'Hiver	57	58	108	(108)	23	25	26	27
Equinoxes	52	(48)	90	(90)	17	21	17	23
Solstice d'Été	38	38	71	72	28	28	32	31

Fig. 10 - Comparaison entre les valeurs lues (chiffres gras) ou déduites (chiffres entre parenthèses) sur le tableau (en noir) et le résultat des calculs (en vert). L'unité de temps est partout le drej (4 minutes). Avec ce tableau, on peut retrouver l'heure des 5 prières.

La position de ces minima, sur le tableau du cadran, correspond aux équinoxes ce qui n'est pas rigoureusement exact, mais constitue une approximation acceptable (voir figure 11). Les colonnes 1 et 2 sont donc, comme la colonne 3, des méridiennes mais indiquant cette fois-ci les durées de l'aube et du crépuscule (fig. 10). On notera pour finir que les minimums indiqués sur le tableau sont sensiblement différents de ceux calculées (23 et 21 au lieu de, respectivement : 17 et 17 soit des erreurs de respectivement 24 et 16 minutes d'erreur).

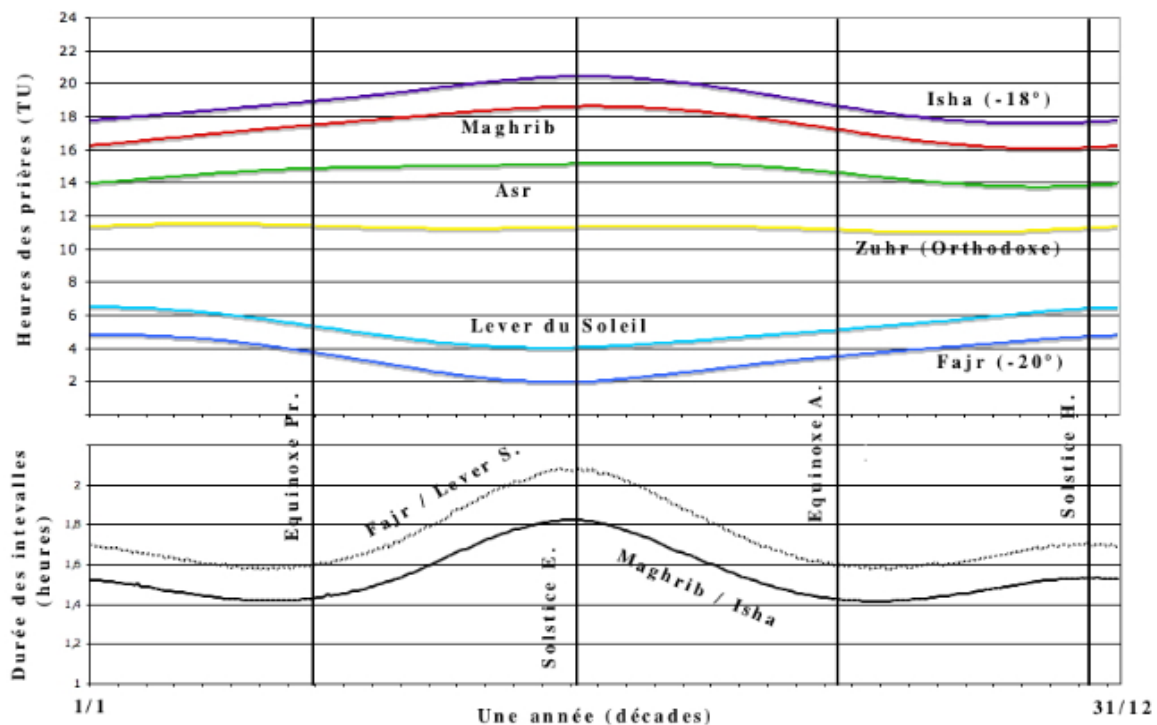


Fig. 11 - Evolution, au cours d'une année, de l'heure des prières (en TU) et de la durée de l'aube et du crépuscule (calculs avec Fajr : -20° et Isha : -18°)

5) La quatrième colonne

L'inscription épigraphique en regard de la quatrième colonne est assez problématique. La transcription en est : «*Faddhle al-dâier*» et sa traduction pourrait être «reste de l'arc (chose arrondie)». Nous avons trouvé dans l'ouvrage de Sédillot (1841) sur l'oeuvre de Aboul Hhas-san Ali⁵ la traduction suivante pour ce terme (p. 261): «*augment de l'arc de révolution*»; avec, en note infrapaginale, la précision suivante: «... *Nous aurions pu nous servir du terme d'argument, au lieu de celui d'augment, parce que l'élément dont il s'agit ne sert jamais que pour en trouver un autre.....*». L'étude détaillée du texte réalisée par Delambre (1819) permet de déduire que, l'«*augment de l'arc de révolution*» d'un instant (t) est égal :

- * à l'excès de l'arc semi-diurne sur la période lever => (t), si (t) est un instant du matin
- * à l'excès de la période lever => (t) sur l'arc semi-diurne, si (t) est un instant de l'après-midi

En termes plus simples: l'«*augment de l'arc de révolution*» est la valeur absolue de l'angle horaire entre le soleil au temps (t) et le méridien. A midi, quand on est capable de lire la valeur de ce paramètre sur le tableau, la distance du soleil au méridien est égal à 0, ce n'est donc pas la valeur de ce paramètre à l'instant de la mesure qui est indiqué sur cette colonne. Il s'agit donc, là encore, de lire à midi la durée d'un intervalle de temps qui, cette fois-ci, commence quand le soleil est au méridien (midi). On constate que, précisément, l'intervalle de

⁵ connu aussi sous le nom de *Al Marrakaschi*

temps entre midi et Asr, tel que l'on peut le calculer, correspond bien aux indications de la colonne (fig. 10). Nous supposons donc que cette colonne indique l'«*augment de l'arc de révolution*» au moment du début de Asr soit, plus simplement, l'heure de Asr.

B) Le cadran de la Grande Mosquée de Sousse

1) La mosquée et son cadran

La Grande Mosquée de Sousse (fig. 12) se trouve dans la partie Nord-est de la ville au Sud-est du *ribât*. Sa fondation remonte à l'époque *aghlabite* et son plan est de type classique. Construite en grand appareil et constituant une des fortifications de la ville, elle a connu plusieurs interventions au cours de son histoire sans que soit altérée sa configuration d'origine (Lézine 1963, 1971; Golvin 1974; Rammah 1982, Mahfoudh 2003). Quant à ce cadran, il a été fixé originellement au centre du patio avant d'être déplacé à son emplacement actuel au-dessus de la galerie orientale dans les années soixante du siècle dernier.



Fig. 12- La Grande Mosquée de Sousse vue de Ribat, la flèche indique l'emplacement du cadran solaire sur le portique.

2) Analyse gnomonique du cadran

Ce cadran, a été construit 5 à 6 ans après celui de la mosquée Hanafite de Monastir et à quelques kilomètres de distance seulement. Il est gravé sur une plaque de marbre blanc (50 cm x 50 cm). L'inscription commémorative indique:

- 1/ 1195 (jeudi 28 décembre 1780-dimanche 16 décembre 1781)
- 2/ *Ceci (le cadran) est l'œuvre du serviteur -qui a besoin de Son Dieu, l'Eternel- et espère son pardon,*
- 3/ *al-'Umarî Ahmad. (Ceci a été fait) pour la latitude de Sousse.*

Ils diffèrent par l'organisation de l'espace intérieur. Le gnomoniste a regroupé ici les différents sous-cadrans en un seul qui est en relation avec un gnomon vertical unique. Ce gnomon sert également de «guide-fil» pour le gnomon polaire du bandeau horaire (fig. 13).

Mais ce qui est surtout à remarquer est la baisse de qualité de la réalisation gnomonique.

- les informations concernant Fajr et Isha, présentes à Monastir, sont ici absentes.

- le tracé de Asr apparait fautif. On peut même se demander si la discrète ligne Nord-Sud qui dessine une corde à l'arc de Asr, n'est pas une tentative tardive de corriger le tracé (comparer avec la modélisation, (fig.14).

- le tracé des droites «Lever de Soleil +9h » et «Maghrib - 9h » est également fautif (comparer l'inclinaison de ces droites avec la modélisation, Fig.14).

Enfin, caractéristique assez exceptionnelle en Tunisie, il n'y a pas d'indication de Qibla sur ce cadran !



Fig. 13- Le cadran de la Grande Mosquée de Sousse (convention de couleur et principe : voir Mercier 2014a).

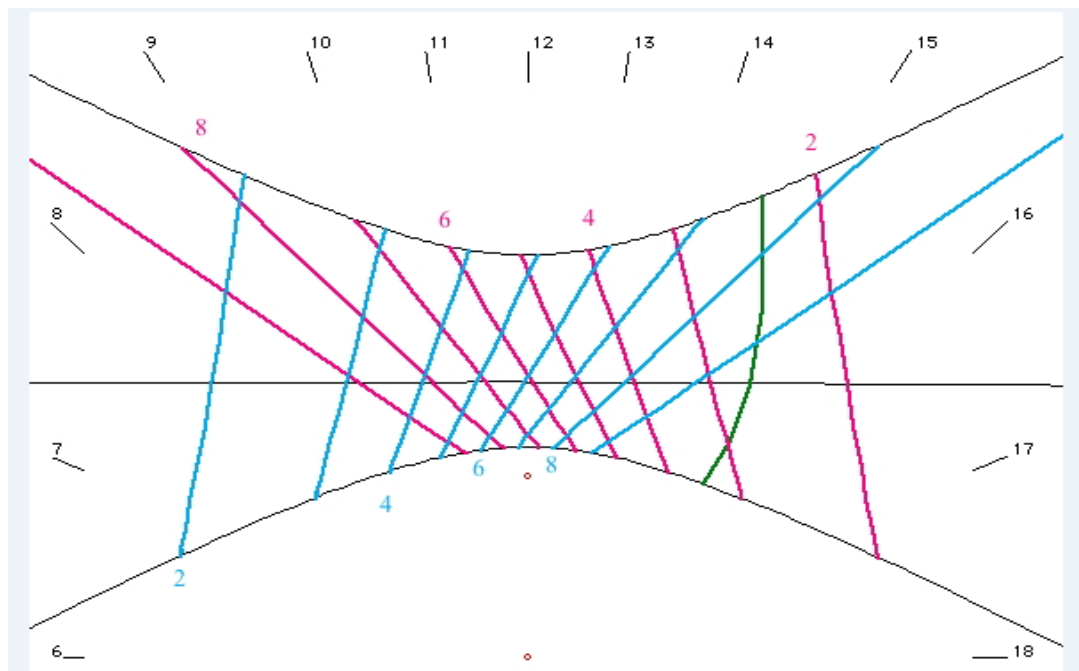


Fig. 14 - Modélisation du cadran de la grande mosquée de Sousse

C) Le cadran de la Grande Mosquée de Tébourba

1) La mosquée et son cadran

Cette mosquée se trouve actuellement presque au centre de cette bourgade andalouse dont elle surplombe la place principale. Elle date du début du XVII^e siècle et présente un plan classique composé d'une salle de prière et d'un patio. Le monument actuel est le résultat de

plusieurs interventions de rénovation et d'adjonction, parmi lesquelles l'ajout de ce cadran solaire au pied du minaret situé dans la partie nord de la cour (Saadaoui 2000).

2) Analyse gnomonique du cadran

Ce cadran, est installé au pied du minaret, coté Sud. Il fut construit 5 ans après celui de Sousse, lui ressemble beaucoup. Il s'agit d'une plaque de marbre blanc (46 cm x 37 cm). L'inscription commémorative est la suivante :

- 1/ *Au nom de Dieu, Bénédiction sur notre seigneur Muhammad*
- 2/ *Le pauvre serviteur (de Dieu) Ahmad al-'Umarî. L'année 1200 (vendredi 4 novembre 1785- lundi 23 octobre 1786)*

On note l'absence, sur le bandeau horaire, des heures antérieures à 6h du matin et postérieures à 6h du soir (fig. 15). Par ailleurs le tracé des heures italiques et babyloniennes (y compris «Lever de Soleil +9h » et «Maghrib - 9h ») est exact. Enfin le tracé de Asr est également de bien meilleure qualité. Par ailleurs on remarque que les annonces de Asr sont espacées de 4 minutes (1 drej) ce qui est exceptionnel sur les cadrans tunisiens, les annonces sont en effet généralement espacées de 20 minutes. Par ailleurs, comme précédemment, aucune référence n'est faite aux prières de la nuit (Fajr et Isha). Notons également que ce cadran, contrairement au précédent, possède une indication de Qibla.



Fig. 15- Le cadran solaire de la grande mosquée de Tébourba.

D) Le cadran de la Grande Mosquée de Bizerte

1) La mosquée et son cadran

La Grande Mosquée de Bizerte (fig. 16) occupe un emplacement stratégique dans la ville. Elle est bordée de l'est par le quai du vieux port et de l'Ouest par la rue d'al-Znâydiyya (les Armuriers). Le monument d'origine remonte à l'époque médiévale tardive, mais il a connu une rénovation presque totale à partir du XVII^e siècle et le rajout de certains éléments architecturaux dont cet instrument de mesure du temps (Bouayta non daté, 1992; Hbaieb 2009) .



Fig. 16 - Vue ancienne de la Grande Mosquée de Bizerte et de son minaret de tradition ottomane. ►

2) Analyse gnomonique du cadran

Ce cadran est gravé sur une plaque de marbre blanc-jaunâtre de 50 cm x 50 cm (fig. 17). Il est situé au dessus du portique Nord du patio. L'inscription commémorative est fortement endommagée, on peut néanmoins y lire :

- 1/ *Ce cadran horizontal béni a été mis en place,*
- 2/ *par le serviteur qui a besoin*
- 3/ *de son Dieu, Ahmad*
- 4/ *al-'Umarî, en l'année 1203 (jeudi 2 octobre 1788-dimanche 20 septembre 1789)*

Fig. 17 - Le cadran de la Grande Mosquée de Bizerte ►

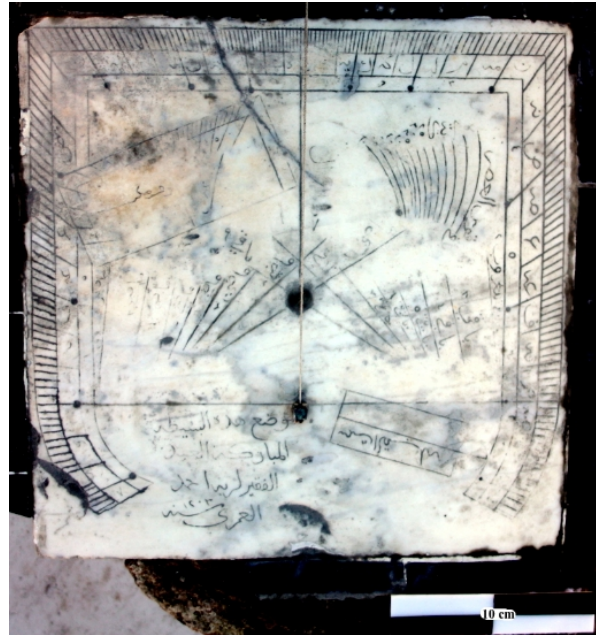
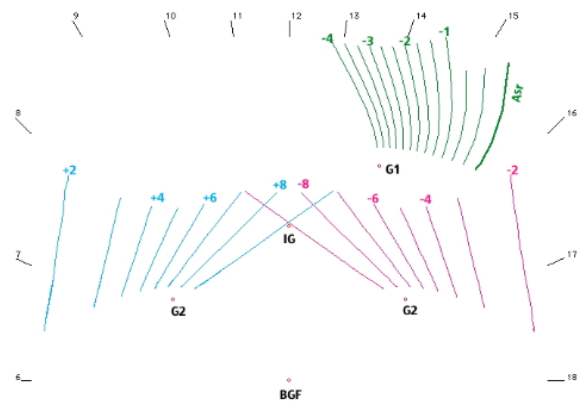


Fig. 18 - Modélisation du cadran solaire (convention de couleur et principe: voir Mercier 2014a). En bordure les heures égales; en haut à droite: Asr en 12 courbes d'alerte espacées de 20 minutes; en bas à gauche: les droites des heures babyloniennes (2 à 9 h après le lever du soleil); en bas à droite: les droites des heures italiques (numérotées 9 à 2 h avant le coucher du soleil, il s'agit de l'annonce de Maghrib). ►



Ce cadran fut réalisé 3 ans après celui de Tébourba. Les figures 18 et 19 illustrent la modélisation de ce cadran et un schéma de principe. On note, là encore, l'absence de référence aux prières de la nuit (Fajr et Isha).

Par contre l'organisation en «sous-cadran», comme à Monastir, a ici été choisie. Il est probable que ce choix découle de la volonté du gnomoniste de laisser de la place disponible au Nord-Ouest, pour une appendice gnomonique supplémentaire: un cadran donnant l'heure de La Mecque.

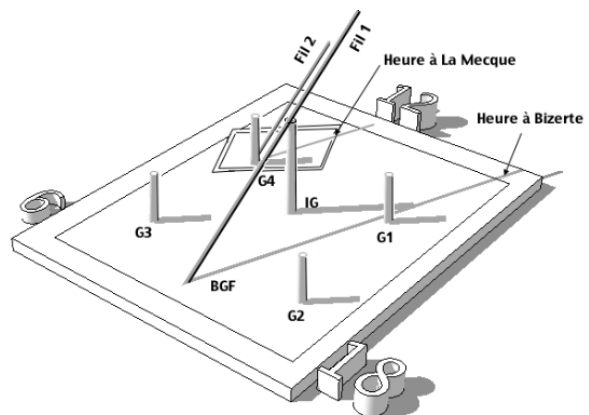


Fig. 19 - Schéma de principe du projet déduit du tracé. ►

La comparaison de la modélisation avec le tracé des trois «sous-cadrans» de prière montre que ces derniers ont été très correctement calculés et réalisés. Chacun des trois «sous-cadrans» devraient être associées à un gnomon vertical. On reconnaît, sur la figure 19, les gnomons G1, G2 et G3 dont les implantations sont indiqués sur la figure 18 et qui sont chacun relatifs à un «sous cadran» de prières. On note également le point d'accrochage du fil (BGF) et un piquet (IG) sans fonction gnomonique directe, mais qui sert, lors de l'installation du cadran, à «guider» le fil 1 et notamment à régler son inclinaison.

Ce qui est remarquable, et à dire vrai, très surprenant, c'est que la table de marbre du cadran ne conserve aucune trace des gnomons G1, G2 et G3 qui n'ont, de façon certaine, jamais été implantés ! On pourrait supposer que la Muwaqqit de l'époque utilisait un gnomon mobile (comme pour les mini-méridiennes de Monastir), mais le cadran ne possède aucun repère permettant le positionnement provisoire d'un tel dispositif mobile. Tout se passe plutôt comme si ce cadran n'était pas fini et que seule la partie horaire (bandeau extérieur et fil polaire) avait été mise en service.

Comme les «sous-cadrans» qui viennent d'être évoqués apparaissent comme correctement calculés et dessinés, on peut penser que c'est lors de la réalisation de l'appendice (heure de La Mecque) qu'est apparu un problème avant qu'il soit complètement terminé. Ce problème a entraîné l'abandon du projet, ou, au moins, l'abandon de plusieurs fonctions importantes.

3) L'appendice gnomonique: un cadran donnant l'heure de La Mecque

L'appendice, situé dans le quart Nord Ouest du cadran, indique, selon l'indication épigraphique elle-même, l'heure de La Mecque. Une telle indication ne correspond à aucune nécessité du rite musulman, par contre elle peut permettre de déterminer la Qibla. En effet, les 28 Mai et 16 juillet, à l'instant du midi solaire de La Mecque, le soleil est au Zenith de cette ville, si bien que, en tout lieu de la Terre, l'azimut du Soleil matérialise, à cet instant, la Qibla ... d'où l'intérêt de connaître le midi de la Mecque.

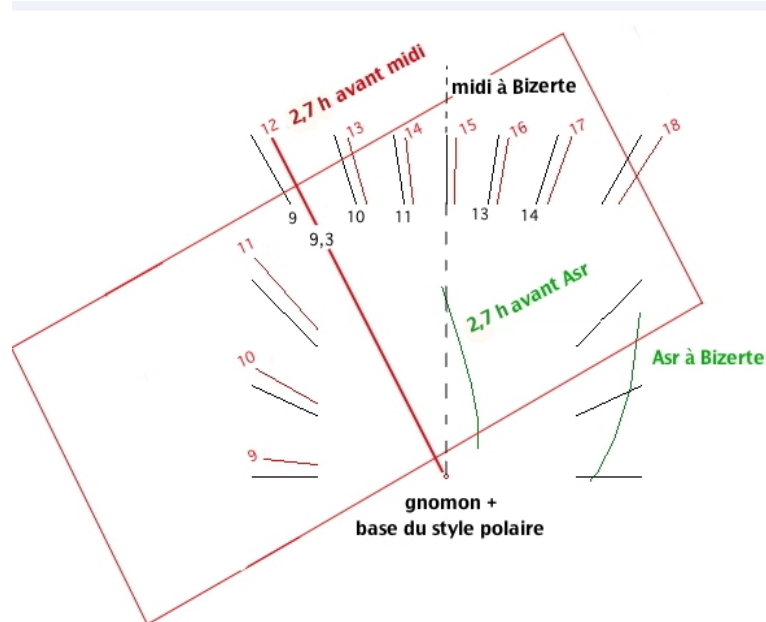


Fig. 20 - Principe du tracé d'un cadran donnant l'heure de La Mecque en un lieu situé à 2,7h (2h 42') de décalage horaire avec la Mecque (explications: voir texte).

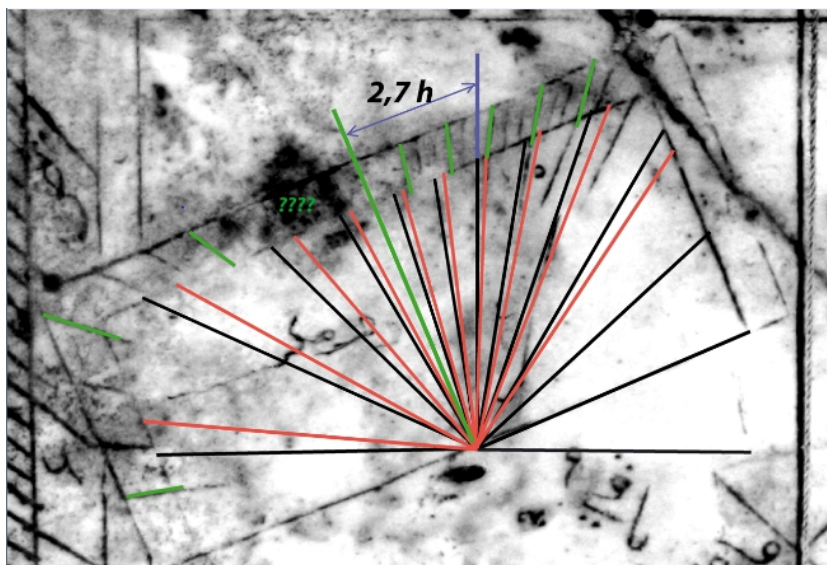


Fig. 21 - Vérification des tracés de l'appendice gnomonique de Bizerte. En vert, sur le bandeau extérieur, les indications horaires observables sur le cadran appendice (indiquant l'heure de La Mecque). En vert vif, le tracé de Asr. En noir: le résultat de la modélisation des heures égales à Bizerte (trait gras = midi est orienté parallèlement au méridien du grand cadran). D'après les indications du cadran lui-même, le décalage horaire est de 2,7h. En rouge, le même réseau de droite horaire que le réseau noir, mais avec un décalage de 2,7 h (qui indiquent donc les heures entières à La Mecque).

Voyons tout d'abord le principe d'un cadran situé à un endroit quelconque du globe (ici: B) et qui indique l'heure du autre point (ici : LM).

Un tel cadran est un cadran calculé pour B, avec, des lignes horaires calculées pour B. La seule modification, par rapport à un cadran standard pour B, réside dans le choix des lignes horaires et surtout dans leur numérotation. Le paramètre critique est le décalage horaire, c'est à dire la différence de longitude, entre les deux points. Dans le cas présent, l'analyse du petit cadran en question montre que le gnomoniste a considéré que midi avait lieu à la Mecque 2,7 h plus tôt qu'à Bizerte (soit 2h 42' ou encore 40,5° de différence de longitude⁶)

Pour illustrer la réalisation pratique du cadran, on se référera à la figure 20. On considère tout d'abord un cadran calculé pour Bizerte (traits et chiffres noirs) avec un gnomon polaire implanté au point de convergence des lignes horaires (fil n°2 de la figure 19). Puis on trace des lignes horaires, en rouge, décalées de 2,7 h . Ce tracé en rouge, avec le gnomon filaire initial, constitue le cadran qui indique l'heure à la Mecque. On peut ensuite dessiner un rectangle qui admet la ligne de 12h rouge comme axe de symétrie, ce qui donne l'illusion (!) que ce cadran est symétrique autour de 12h (ce qui est bien sûr faux).

Si l'on implante un gnomon droit au point d'implantation du fil (G4 de la figure 19), on peut calculer et dessiner les courbes de prières, notamment Asr à Bizerte, et la courbe d'annonce à -2,7 h qui est une approximation de Asr à la Mecque.

Voyons maintenant comment cette procédure a été appliquée dans le cas du cadran étudié. La figure 21 correspond à la superposition de la photo du cadran avec les lignes horaires rouges et noires de la figure 20. On constate que le tracé réel du cadran (en vert) s'éloigne fortement du tracé calculé. La conséquence est que le décalage entre les valeurs lues sur le cadran appendice et les valeurs lues sur le cadran principal varient selon le moment de la journée.

⁶ Ce chiffre, à la fois différent de celui que l'on trouve dans les manuscrits anciens et des données actuelles sera rediscuté plus loin.

à 6 h du matin à Bizerte, on aurait lu 8,25 h à La Mecque soit une différence de 2,25 h
à midi à Bizerte, on aurait lu 14,7 h à La Mecque soit une différence de 2,7 h
à 14 h à Bizerte, on aurait lu 17,2 h à La Mecque soit une différence de 3,2 h

Ce qui, évidemment, n'a aucun sens et n'aurait pas manqué d'interpeller tout utilisateur de l'instrument. Par ailleurs, on note que le tracé de Asr à la Mecque est fort éloigné de ce que la modélisation prévoit.

Nous pensons que c'est au cours de la gravure de ce cadran que Ahmad al-'Umarî s'est rendu compte de ses erreurs, et qu'il a décidé d'abandonner ou, au minimum, de simplifier son œuvre (sans implanter les gnomons G1, G2, G3, G4)

4) Remarque sur le calcul de la Qibla

Pour prier, les musulmans doivent s'orienter vers La Mecque. La détermination de la Qibla (direction de La Mecque) a donc toujours été un enjeu important. Le calcul scientifique de la Qibla a été mis au point dès le IXe par les savants musulmans (synthèse dans King 2014) en utilisant les règles de la trigonométrie sphérique établies à cette occasion. En dépit de cette découverte, les architectes ont continué à orienter les Mosquées selon les principes de l'astronomie populaire (lever d'une étoile particulière, direction des vents dominants...). En Tunisie, il semble qu'il n'existe aucune mosquée correctement orientée avant le début du XXe siècle (Mercier 2014b). Pourtant, et toujours en Tunisie, dès le début du XVIIe siècle les gnomonistes indiquent sur leurs cadrans une orientation correcte de la Qibla (Mercier 2014b, Jar-ray & Mercier *en préparation*).

Le cadran de Bizerte, qui associe une indication de la Qibla et une valeur de la différence de longitude entre La Mecque et Bizerte, constitue une occasion unique d'explorer les méthodes de calcul de la Qibla utilisés par les gnomonistes tunisiens.

Actuellement, on évalue la Qibla à 113° à Bizerte. Le cadran, avec son Mirhab' de grande taille permet de mesurer précisément la valeur de 107°. Cette proximité de résultat ne doit pas faire illusion car de nombreux paramètres interviennent.

Maintenant, comme à l'époque de la réalisation du cadran, calculer la direction de la Qibla d'un lieu donné, nécessite de connaître les coordonnées géographiques du lieu et celles de La Mecque. Or au XVIIIe siècle, les coordonnées géographiques étaient imprécises et fluctuantes.

Par ailleurs, les savants musulmans de l'époque avaient à leur disposition deux méthodes de calcul :

- la méthode rigoureuse (par trigonométrie sphérique) assez lourde sur le plan mathématique :

$$(1) \quad Q = \cotg \left(\frac{\cos \Delta L \sin \Phi - \cos \Phi \tan \Phi_M}{\sin \Delta L} \right)$$

avec ΔL = différence de longitude; Φ = latitude du lieu ; Φ_M = latitude de La Mecque

- la méthode approchée purement graphique (fig. 22), qui est beaucoup plus simple. Elle a été proposée dès le IXe siècle par al Battani. Sa précision est d'autant plus grande que l'on est proche de la Mecque. Selon King (2014), cette seconde méthode fut, pendant très longtemps, la plus usitée. La formule équivalente est :

$$(2) \quad Q = \arctg (\sin \Delta L / \sin \Delta \Phi) \quad \text{avec } \Delta \Phi = \text{différence de latitude}$$

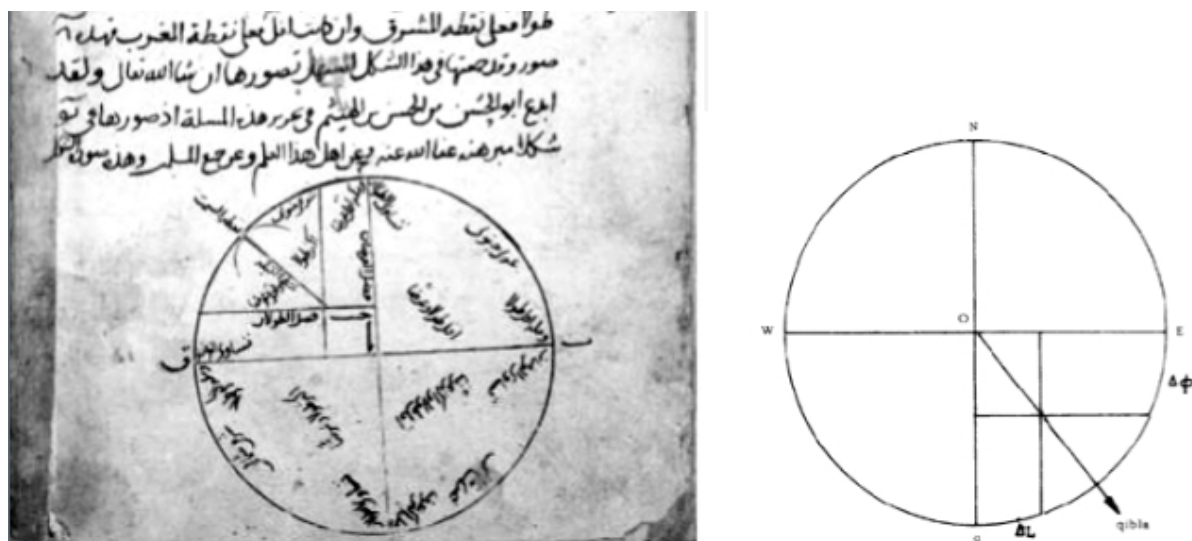


Fig. 22 - La méthode graphique (approchée) de calcul de la Qibla de al-Battani.
Extrait d'un manuscrit du XIII-XIVe siècle (King 2014 p. 60) et schéma de la méthode
selon les conventions actuelles (Nord en haut) (King 1987).

On peut considérer comme acquis :

- le fait que le gnomoniste considérait que le ΔL est égal à $40,5^\circ$
- le fait qu'il localisait La Mecque à 22° de latitude Nord (c'est la valeur systématiquement admise dans les manuscrits anciens, y compris Ptolémée : Kennedy & Kennedy(1987))
- le fait qu'il a utilisé une des deux méthodes à sa disposition: soit la méthode exacte (1) , soit la méthode graphique approchée de al-Battani (2)

Pour trouver $Q = 107^\circ$ avec ces éléments, il faut, avec la méthode exacte, considérer que $\Phi = 41,5^\circ$ (soit la latitude de Rome); et avec la méthode approchée admettre que $\Phi = 33^\circ$ ce qui est beaucoup plus réaliste.

Nous allons comparer ces données géographiques avec les données géographiques tirées des manuscrits musulmans tels qu'ils sont synthétisés dans Kennedy & Kennedy (1987). Le système de coordonnées musulman est directement hérité de celui de Ptolémée (IIe siècle après JC). Selon cet auteur, le méridien d'origine (0°) est à 90° à l'Ouest du centre du monde habité matérialisé par la ville d'Arîne en Inde. Pour des raisons qui restent à établir le méridien 90° des arabes ne passe pas exactement à Arîne, même s'il est systématiquement fait référence à ce terme («couple d'Arîne») pour désigner le méridien 90° . De plus, les géographes musulmans n'ont cessé, par leur mesure, de diminuer la taille du monde habité en renvoyant *de facto* le méridien 0° en pleine mer, alors qu'il passait par les îles Canaries dans le système de Ptolémée (ce méridien 0° devient alors le «méridien de l'eau» , Comès 1988). Par ailleurs, pendant toute la civilisation arabo-musulmane, il a existé deux systèmes de méridiens décalés de 10° (systèmes A et C de Kennedy & Kennedy (1987)). Soulignons enfin que les manuscrits étant recopiés les uns les autres sans citation des sources, l'âge d'un manuscrit donné ne reflète pas forcément l'âge des connaissances géographiques qui y sont indiquées.

Bizerte				La Mecque				Type	réf.
longitude		latitude		longitude		latitude			
°	'	°	'	°	'	°	'		
30	30	36	30	67	0	21	0	A	al Zayyat (1058)
31	0	33	30	67	21	21	31	A	ibn Said al Maghribi (1286)
30	50	33	35	67	21	21	31	A	Abul Fida (1331)
40	58	36	30	77	0	21	0	C	al-Marrakusi (1250)
9	52	37	18	39	49	21	26		XX-XXIè siècle

Fig. 23 - Les coordonnées de Bizerte et La Mecque selon les manuscrits citant Bizerte (compilé d'après Kennedy & Kennedy (1987)).

On dispose de quatre manuscrits (sur les 74 synthétisés par Kennedy & Kennedy (1987)) qui donnent des coordonnées de la ville de Bizerte (et de La Mecque qui est toujours indiquée) (fig. 23).

On note qu'un seul est dans le système C (avec La Mecque à 77° de longitude), les 3 autres sont dans le système A. Mais à chaque fois le ΔL est proche de 36,5°, ce qui constitue un progrès par rapport aux conceptions de Ptolémée qui fixait pour ΔL entre Carthage et La Mecque à 39,5° (valeur moderne 30°). La valeur déduite du cadran pour ΔL , c'est à dire 40,5° apparaît donc élevée et suggère la caractère «primitif» de cette donnée, c'est à dire datant d'avant les corrections faites par les géographes arabes de la période médiévale.

La mesure de la latitude d'une ville est facile et nécessite une simple mesure nocturne à l'astrolabe. Dans les manuscrits anciens, cette valeur est très souvent correcte. On est donc surpris de trouver dans les manuscrits deux valeurs de latitude qui s'éloignent fortement de la valeur «moderne». En fait, les valeurs «basses» sont probablement à mettre en relation avec une erreur de Ptolémée qui fixait la latitude de Carthage à 32,4° (au lieu de 36,5°)⁷.

La valeur de Φ déduite du cadran ($\Phi = 33^\circ$) apparaît donc, la encore, comme «primitive» c'est à dire datant d'avant les corrections faites par les savants arabes de la période médiévale (la valeur de $\Phi = 41,5^\circ$ n'est bien entendu pas recevable).

On est donc amené à conclure que Ahmad al-'Umarî a indiqué une valeur de la Qibla qui semble très proche de la valeur «exacte». Mais cette convergence est fortuite, en effet, il semble bien qu'il ait utilisé des coordonnées proches de celles de Ptolémée sans tenir compte des progrès effectués pendant la période médiévale. Par ailleurs, pour son calcul, il a utilisé la méthode approchée d'al Battani.

E) Le cadran de la grande mosquée de Hachan (=Hashân)

1) La mosquée et son cadran

Cette mosquée se trouve à Hûmat al-Hashân sur la route reliant Mellîta à Hûmat al-Sûq. Il s'agit d'un complexe architectural qui couvre presque 4000m² et composé d'une salle de prières, d'un patio, des latrines et de plusieurs chambres de services (El Mrabet 2002). Sa *mizwala* est actuellement placée sur un support construit dans la partie Nord-est du patio. La

⁷ Sur les erreurs de coordonnées géographiques de Ptolémée qui concernent la Tunisie, voir la remarquable mise au point de Saada (2016).

plaque est fragmentée en 6 morceaux dont un est situé au niveau de la période de l'après midi a complètement disparu.

2) Analyse gnomonique du cadran

Ce cadran, gravé sur une plaque de marbre blanc cristallin de 50cm x 50 cm, apparaît comme fort simple (fig. 24). Son inscription commémorative est la suivante :

- 1/ *La mise en place de ce cadran horizontal béni*
- 2/ *fut ordonnée par le puissant notre seigneur Ahmad b. 'Ayyâd*
- 3/ *Gouverneur de l'île. Son rédacteur le serviteur de Dieu*
- 4/ *Ahmad al-'Umarî en l'année 1205 (vendredi 10 septembre 1790- mardi 30 août 1791)*

Le caractère rayonnant des fissures suggère qu'en plus de la boucle du gnomon polaire, il y avait un gnomon guide-fil au centre du cadran. L'existence d'une courbe de Asr est donc probable. Mais en dehors de cette courbe hypothétique, la partie religieuse du cadran est vide, et notamment on n'observe pas le réseau des heures italiques et babyloniennes qui était présent sur les autres cadrans étudiés.

Fig. 24 - Le cadran de la Grande Mosquée de Hachan (Ile de Jerba).



III Discussions et conclusion

Cette revue chronologique des instruments signés «Ahmad al-'Umarî» ne met pas en évidence d'évolution continue. Le cadran le plus ancien est de loin le plus remarquable sur le plan gnomonique et il est suivi par des réalisations parfois franchement fautives. Comme nous l'avons déjà signalé en introduction, nous pensons que deux gnomonistes quasi-homonymes se partagent la paternité des 5 cadrans que nous venons de présenter. Ces cadrans présentent une certaine unité mais aussi des différences très marquées. C'est ce que nous nous proposons d'exposer maintenant à l'appui de notre hypothèse.

A) *Un point commun : le mode de calcul de Zhur*

Aucun des cinq cadrans étudiés ici, ne fait référence au Zhur «andalou», ce qui suggère qu'il retient le zhur «orthodoxe». Ceci n'est pas exceptionnel dans la gnomonique Tunisienne, ainsi Barakât Ben Muhammad al-Zarîf al-Husaynî al-Idrîsî (le premier gnomoniste de l'époque moderne) semble avoir fait le même choix. Mais inversement de nombreux cadrans

tunisiens (jusqu'au début du XXe siècle) retiennent la méthode de calcul andalouse⁸. C'est également le cas de la totalité (100%) des astrolabes construits dans l'occident musulman (Mercier 2015). Le choix précoce du Zhur orthodoxe que l'on observe sur nos 5 cadrans a sans doute une signification religieuse, peut-être liée au rite hanafite (?).

B) Les différences

Beaucoup de choses opposent le cadran de Monastir aux quatre autres plus récents : la taille de la plaque de marbre, la précision du tracé des courbes de prière, l'originalité scientifique, le type de message fourni par l'inscription commémorative, etc.... Une fois que l'on a fait cette constatation d'autres éléments, qui en première analyse étaient passés inaperçus, attirent l'attention. C'est notamment le cas d'une subtile différence dans le nom du gnomoniste : le premier indique un élément de filiation (fils de Mohammed)

- sur le cadran de Monastir : *Ahmad ben Muhammad al-'Umarî*
- sur les quatre autres : *Ahmad al-'Umarî*

Sur cinq cadrans, la graphie, que ce soit pour l'inscription commémorative ou pour le reste de devises/indications de l'assemblage, est exécutée avec la technique de gravure en creux. Mais on note une nette différence dans le type de l'écriture entre, d'une part le cadran de Monastir, et d'autre part, les quatre autres.

-le cadran de Monastir est gravé en écriture maghrébine qui est très classique sur les épigraphies depuis l'époque médiévale. Cette graphie s'est diffusée surtout dans les régions intérieures au cours de l'époque moderne; elle est relativement rigide et se caractérise par sa ligne de base rigoureuse.

- Les cadrans de Sousse, de Bizerte, de Tebourba et de Djerba sont exécutés en *naskhî* tunisien, écriture souple utilisée et propagée sur les différents supports essentiellement sur les inscriptions depuis la fin de l'époque médiévale et durant toute l'époque moderne.

Les recherches menées sur les cadrans solaires de Tunisie ont clairement montré que chaque gnomoniste usait d'une technique d'exécution et d'une écriture bien particulière dans la gravure de ses œuvres. Les éléments précédents constituent donc un argument majeur en faveur de notre hypothèse de deux auteurs différents.

C) Conclusions

Au vu des éléments précédents, il nous semble que l'hypothèse selon laquelle c'est à deux gnomonistes différents qu'il faut attribuer les cadrans étudiés dans cet article, est la meilleure pour expliquer l'évolution paradoxale de la qualité de ces instruments dans le temps.

Nous avons donc décrit 5 cadrans créés sur la période 1774-1791 et signé de *Ahmad al-'Umarî*, mais ce serait deux gnomonistes qui se partageraient la paternité de ces instruments :

⁸ Dans le domaine maghrébo-andalou ancien, on a considéré que Zuhr devait commencer quand l'ombre d'un gnomon vertical (de longueur G) atteignait la longueur de son ombre à midi solaire (Hm) plus $\frac{1}{4}$ de sa hauteur (soit : ombre = Hm + 0,25 G). Cette règle fut énoncée pour la première fois par al Biruni au X^e siècle en Afghanistan/Ouzbékistan. La manière dont elle a pu se répandre dans l'occident musulman pour finir par être considérée comme une règle typiquement « andalouse » (en fait maghrébo-andalouse) demeure un mystère.

1) *Ahmad ben Muhammad al-'Umarî* qui a réalisé le cadran de la mosquée hanafite de Monastir. Il s'agit d'un cadran remarquable qui propose une solution innovante pour anticiper, dès midi, la valeur des intervalles de temps entre les prières du reste de la journée et de la nuit suivante.

2) *Ahmad al-'Umarî*, auteur de quatre autres cadrans plus tardifs et de qualité nettement inférieure. Un de ses instruments, inachevé et en parti erroné (cadran de la Grande mosquée de Bizerte), mérite une attention particulière car il nous permet de caractériser la méthode et les paramètres utilisés par les gnomonistes tunisiens de la période moderne pour calculer la Qibla qui est quasi-systématiquement indiquée sur les cadrans de cette époque.

Références bibliographiques :

Biémont E. (2006) : *Astronomie en Terres d'Islam*, Burellier éd. 172 p.

Blachère R. (1966) : *Le Coran*, Paris.

Bouayta H. (non daté) : « al-Jâmi' al-Kabîr bi-Binzart », *Actes du colloque : "Bizerte à travers l'histoire"* (années 1987, 1988, 1989,1990), 2^e éditions, Sans date, p. 92-102,

Bouayta H. (1992) «La Grande Mosquée de Bizerte : la tradition hafside et l'apport turc », *IBLA*, N°170, 1992, p. 225-233.

Comès M. (1998), «The meridian of water in the tables of geographical coordinates of al-Andalus et North Africa », *The formation of al-Andalus*, vol. 2, p. 381-391, éd. Ashgate, Farnham.

Delambre M. (1819) : *L'astronomie du moyen-âge*, Courcier edt, Paris

El Mrabet R. (2002), *Corpus des mosquées de Jerba*, INP, Tunis, 2002.

Golvin L. (1974) :, *Essai sur l'architecture religieuse musulmane*, tome 3, Paris ;

Hbaieb M.A. (2009), *Bizerte et sa région : étude de géographie historique*, sous la direction de M. Chapoutot et Pierre Guichard, Univ. Lyon 2, février 2009.

Jarray F. (2011) : «Les cadrans solaires islamique de Tunisie : essai de typologie préliminaire», *Safranbolu Saat Kulesi ve Zaman Ölçerler Sempozyumu*, Karabük Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Turquie, p. 155-200.

Jarray F. (2012) : «De l'horologium, solarium antique à la mizwala islamique : de l'adoption à l'adaptation», *Africa Romana XIX*, Université de Sassari, Sardaigne, Italie, p. 2355-2380.

Jarray F. (2015a) : *Mesurer le temps en Tunisie à travers l'histoire*. Cité des Sciences de Tunis, 229 p.

Jarray F. (2015b), «Le métier de gnomoniste d'après la collection des *mizwala*-s de Tunisie », *Métiers, savoir faire et vie professionnelle dans la Méditerranée d'après les sources archéologiques*, Actes du deuxième colloque international de l'Institut Supérieur des Métiers du Patrimoine, Tunis, p. 167-180.

- Jarray F. & Mercier E. (2015a) : Cadran de la Grande Mosquée al-Zaytûna, Cadran-Info, 31, p. 53-68.
- Jarray F. & Mercier E. (2015b) : Les méridiennes de Tunis, XVIII et XIX^e siècle, Le gnomoniste, XXII, 3, 4-16
- Kennedy E. S. & Kennedy M. H. (1987) : *Geographical coordinates of localities from Islamic sources*, Frankfurt am Main : Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften an der Johann Wolfgang Goethe-Universität, 709 p.
- King D.A. (1987) : *Islamic Astronomical Instruments*, London : Variorum,
- King D.A. (2014a) : *World-maps for finding the direction and distance to Mecca* ; Brill ed., 638 p. (première édition : 1999).
- King D.A. (2014b) : *In synchrony with the heavens* , volume 1 : *The call of the Muezzin* ; Brill éd, 930 p. (première édition : 2005).
- Legendre M. (1958) : *Survivance des mesures traditionnelles en Tunisie*; PUF, 90 p.
- Lézine A. (1963) : *Sousse : les monuments islamiques*, Paris ;
- Lézine A. (1971), *Deux villes de l'Ifriquiya : Sousse et Tunis*, Paris;
- Mahfoudh F. (2003) : *Architecture et urbanisme en Ifriqiya médiévale*, Tunis.
- Mercier E. (2014a) : Cadran islamique anciens de Tunisie, Cadran-info 29. 53-65
- Mercier E. (2014b) : Qibla des cadrans islamiques de Tunisie, Cadran-info, Cadran-info, 30, p. 66-72
- M'Halla M. M. (1995) : *Monastir au 19^e siècle. A propos de la ville et de l'urbanisme arabomusulman*; Africa n°13, p 243-260
- Rammah M.(1982) : *Sûsa mina al-fath al-islâmî ilâ majî'al-Muwahidûn : dirâsa târîkhiyya wa mi'mâriyya wa athariyya*, 2 tomes, D.R.A., sous la direction de I. Shabbûh, Tunis, 1982, p. 256-301
- Saada A. (2016) : *Reconstitution de l'espace tunisien de Ptolémée et de B. Sylvano (1511)*. e-Perimetron, Vol. 11, No.1, p. 1-12
- Saadaoui A. (1999) : *Inscriptions arabes et turques dans les mosquées tunisiennes de l'époque ottomane*; Africa 17, 128-151
- Saadaoui A. (2000), «Villes et villages andalous de Tunisie, aménagement, urbanisme et architecture », *R. H. M.*, 97-98, 2000, p. 97-125.

