



Cadrans de la Grande Mosquée al-Zaytûna

Fathi Jarray & Eric Mercier

A l'époque de sa création, au début du XVIIe, l'ensemble gnomonique (inédit) de la Mosquée al-Zaytûna à Tunis était très novateur à l'échelle du monde arabe : il contient (1) le plus ancien cadran polaire fixe, et (2) le seul cadran équatorial fixe. Par rapport aux cadrans tunisiens, on y trouve : (3) la plus ancienne représentation préservée des heures égales, (4) la plus ancienne représentation d'une Qibla conforme au calcul scientifique, (5) le premier essai de calendrier solaire, (6) les plus anciennes courbes d'annonce anticipée de prières (incluant certaines prières nocturnes). Cet ensemble constitue donc un monument exceptionnel, de très grande importance historique.

I Introduction

La principale Mosquée de Tunis, la Mosquée al-Zaytûna, ou Zitouna¹, accueille un ensemble de cadrans solaires du début du XVIIe siècle, inédit et tout à fait exceptionnel. Il contient notamment le plus ancien cadran polaire fixe du monde arabe et son seul cadran équatorial fixe. Par ailleurs, cet ensemble introduit plusieurs innovations importantes absentes jusque-là sur les cadrans de Tunisie et du Maghreb (heures égales ; qibla établie scientifiquement ; calendrier solaire ; courbes d'annonce de prières, dont des prières nocturnes). Après avoir présenté rapidement l'histoire et l'importance de la mosquée al-Zaytûna dans la vie intellectuelle de l'Occident musulman depuis le haut moyen âge, nous décrirons les deux blocs de marbre sur lesquels sont gravés les trois cadrans solaires, et nous donnerons quelques éléments sur l'auteur du bloc le plus original.

II La Grande mosquée al-Zaytûna²

Sans rentrer dans la polémique relative à la date de sa fondation, de toute façon antérieure au milieu du VIIIe siècle ap. J.C, la grande mosquée al-Zaytûna reste l'un des plus majestueux édifices religieux médiévaux de la Tunisie. Occupant le centre de la ville de Tunis et entouré des souks et de divers édifices d'utilité publique (Fig.1), ce monument est un symbole du malékisme. Malgré l'introduction du rite hanafite à partir de la fin du XVIe siècle, il a gardé sa valeur emblématique au cœur de la ville de Tunis, et ce, malgré la fondation de plusieurs autres mosquées durant les époques médiévale et moderne.

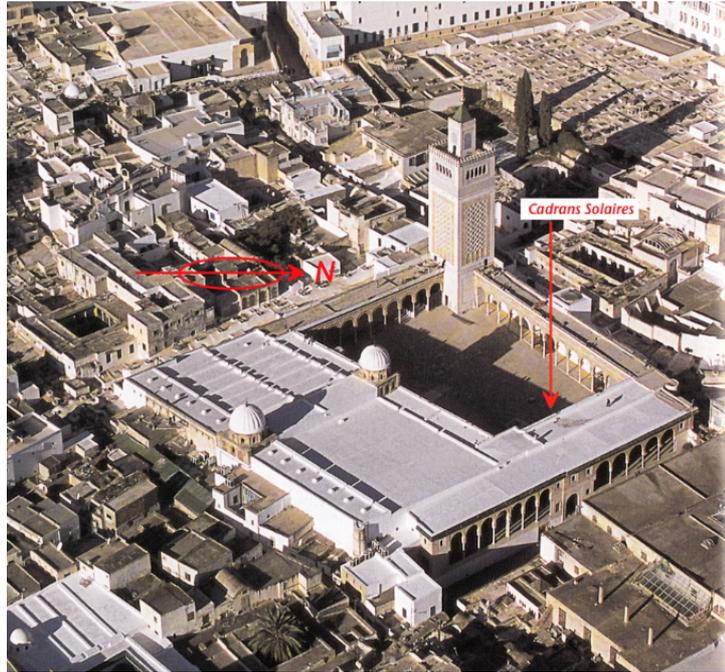
Le nom de cette mosquée est lié à la plus célèbre et ancienne Université de l'Ifriqiya: l'Université al-Zaytûna dont la réputation a gagné tout le monde musulman.

¹. Les transcriptions de l'écriture arabe sont fluctuantes selon les auteurs.

². Sur ce monument, voir: Marçais (G.), *L'architecture musulmane d'Occident*, Paris, 1954 ; Golvin (Lucien), *Essai sur l'architecture religieuse musulmane*, vol. III, Paris, 1974 ; Ben Achour (Mohammed Aziz), *Jâmi' al-Zaytûna, al-ma'lamu wa rijâluhu*, CERES production, Tunis, 1991 ; Daoulatli (Abdelaziz), *al-Zaytûna, Ashrat qurûn mina al-fann al-mi'mârî al-tûnisî*, Tunis, 1996 et Mahfoudh (F.), *Architecture et urbanisme en Ifriqiya médiévale ; proposition pour une nouvelle approche*, 2003, p. 173-184.

Cette Université était installée dans les murs de la mosquée, et la Tunisie lui doit une grande partie de son élite intellectuelle depuis le haut moyen âge.

Fig. 1: Vue aérienne de la Mosquée al-Zaytûna et localisation de l'ensemble gnomonique. ►



Depuis l'époque médiévale tardive et durant la domination des Ottomans, cette fonction d'enseignement fût renforcée par la construction de plusieurs madrasas³ entourant cet édifice (madrasa al-Shammâ'iyya de l'époque hafside, madrasa d'al-Murâdiyya ou madrasas de

l'époque husaynîte : al-Nakhla, al-Bâshiyya et al-Slîmaniyya...).

A l'instar de toutes les mosquées de l'Islam, celle d'al-Zaytûna avait son personnel régulier avec : des simples agents de maintenance et de surveillance, comme les *waqqâd-s* (allumeurs des lampes à huile) ; et du personnel aux compétences et aux tâches relatives aux prières et aux activités pieuses, tels les muezzins, les *muwaqqit-s* (gnomonistes), les *qurrâ-s* (lecteurs), *waqîl al-ahbâs* (gérant des fondations pieuses), *mudarris* (instituteurs)... Les fonctions suprêmes, à savoir la fonction d'imâm des cinq prières et celui du prêche du vendredi, ont été pendant longtemps un sujet de rivalité entre les grandes familles tunisoises.

De plan rectangulaire irrégulier, la mosquée al-Zaytûna est constituée de deux espaces architecturaux : (1) une salle de prières, composée de 15 nefes et 7 travées, qui occupe presque la moitié Sud de l'édifice et qui, outre la coupole surmontant le mihrab, est couverte en bois posé sur des arcs et des colonnes majoritairement récupérés des sites antiques; (2) et un patio qui s'étale sur le reste de l'espace. Celui-ci est entouré de portique avec une coupole au-dessus de la porte axiale amenant à la salle des prières, et est flanqué du minaret situé dans l'angle Nord-Ouest. La cour abrite quelques réservoirs d'eau, et l'ensemble gnomonique, sujet de cet article.

Cette mosquée, et compte-tenu de son importance historique, a connu plusieurs adjonctions et interventions, et on peut dire que toutes les dynasties et les gouverneurs, depuis sa fondation jusqu'à l'époque contemporaine, y ont laissé leur marque. De toutes les interventions menées à l'époque ottomane, celles du XVIIe siècle sont les plus importantes avec, notamment, l'ajout de la galerie orientale extérieure, la construction du minaret *muradite*, la restauration de la coupole du mihrâb, la rénovation des plafonds etc.

³ La madrasa ou médersa, est le terme arabe désignant une école... Ce terme peut aussi désigner spécifiquement une université théologique musulmane, ce qui est le cas ici.

C'est à cette époque que le monument fut doté d'un ensemble gnomonique très original composé de trois cadrans solaires gravés sur deux blocs de marbre (Fig. 2).

Fig. 2 : Vue des cadrans solaires, à gauche (Sud) la plaque du cadran horizontal et à droite le prisme des cadrans polaire et équatorial. ►



III Inscriptions commémoratives et chronologie

Il existe deux inscriptions commémoratives sur les deux blocs de marbre. Les vestiges de la première inscription gravée en creux, à faible profondeur et en graphie maghrébine tunisienne,

apparaissent au niveau du coin Nord-Ouest du cadran horizontal. Ils sont malheureusement très érodés et ne peuvent fournir que des éléments préliminaires d'une datation relative.

Il est fort probable que la mise en place de ce cadran a eu lieu dans le cadre des travaux d'aménagement ayant eu lieu dans la Grande Mosquée al-Zaytûna au milieu du XVIIe siècle. Les titres employés et la filiation évoquée dans la dédicace sont relatifs à la famille al-Bakrî qui a occupé l'imamat de la Grande Mosquée al-Zaytûna durant 193 ans de 1034/1624-5 à 1227/1812. La filiation couvre quatre générations mais la dédicace correspond probablement au quatrie *imâm* de la famille al-Bakrî de 'Alî b. Abî-Bakr al-Bakrî⁴. Cette hypothèse est confirmée ainsi par la configuration et l'assemblage des courbes et des tracés, ressemblant beaucoup aux autres cadrans du milieu du XVIIe siècle.

En ce qui concerne le prisme (cadran polaire et équatorial), l'inscription commémorative occupe la partie gauche de la face nord (cadran équatorial) et elle est composée de neuf lignes gravées en creux à faible profondeur en écriture maghrébine tunisienne.

Cette inscription mentionne que ce bloc a été réalisé par Barakât Ben Muhammad al-Zarîf al-Husaynî al-Idrîsî et fut assisté par Muhmmad al-Qassâr dont la famille, d'origine andalouse, sera très impliquée dans les affaires de la Grande Mosquée durant le XVIIIe siècle⁵. Selon son texte, cette inscription a été ajoutée par le commanditaire du cadran horizontal qui a voulu commémorer la mise en place du prisme par Tâj al-‘Ârifîn al-Bakrî en 1041 H (Juillet 1631 à Juillet 1632 J.C). Cette datation apparaît en chronogramme.

La chronologie qui découle de ces inscriptions est donc la suivante :

Première étape : construction et mise en place du prisme (sans inscription commémorative) en 1041 H.

⁴. Snûsî M., *Musâmarât al-zarîf bi-husni al-ta‘rif*, première partie, Tunis, 1983, p. 115.

⁵. Jarray F. (2007), *Inscriptions des monuments de la régence de Tunis à l'époque ottomane : Étude épigraphique et historique*, 5 volumes, Thèse Doctorat de l'Université, sous la direction cotutelle de S. ORY et M. REMADI-CHAPOUTOT, Université de Provence, Tome I, volume 1, p. 79-80.

Deuxième étape : quelques années plus tard (moins de vingt ans d'après ce que l'on connaît de la filiation de la famille des commanditaires), réalisation et mise en place du cadran horizontal, avec son inscription et ajout de l'inscription sur la face nord du prisme.

Notons également que, outre la forme du support, rencontrée pour la première fois en Tunisie et dans tout le Monde musulman, le texte épigraphique du prisme enrichi la liste des dénominations utilisées pour ce type des instruments de mesure de temps par un nouveau terme «al-Mirsâd» : l'observatoire. Ce terme est ici employé pour la première fois, que ce soit dans les traités de gnomonique ou dans les inscriptions de cadrans solaires, pour désigner ce type d'instrument.

IV Le gnomoniste du prisme

L'auteur du prisme (cadrans polaire et équatorial), qui, nous le verrons, est l'élément le plus original de l'ensemble, est donc al-Nâdhir Barakât ben Muhammad al-Zarîf al-Husaynî al-Idrîsî. Ce gnomoniste était très célèbre à son époque et fut l'auteur de l'important cadran solaire de la mosquée de Yûsuf Dey datant de 1025/1616-17⁶, sur lequel il a introduit, pour la première fois en Tunisie, des nouvelles unités de mesure de temps : heure égale divisée en 60, 20 et 4 minutes qui se substitue à l'heure temporaire, principale unité de mesure du temps employée sur les cadrans de l'époque médiévale. Nous verrons que ce système est également représenté sur le cadran horizontal de l'ensemble étudié ici.

Notre gnomoniste est également mentionné, sur un document de *waqf*⁷ daté du XVIIIe siècle, en tant que *muwaqqit*⁸ de cette même mosquée Yûsuf Dey, avec un salaire de deux (2) *nâsirî-s*⁹ par jour ce qui est très important par rapport aux autres fonctions de cette mosquée très récemment bâtie.

Un autre acte de *waqf* de la Grande Mosquée al-Zaytûna mentionne qu'il occupait une boutique (*Hânût*) située au grand souk de Bâb al-Banât à Tunis. Il est fort probable qu'il s'agissait de l'atelier où il exerçait ses activités de gnomoniste.

Outre ses œuvres de gnomonique, cet érudit est l'auteur de plusieurs tables astronomiques ayant servi longtemps comme manuels de conception des instruments et de traités de référence pour résoudre les questions astronomiques et religieuses telles celles relatives à la *qibla* et aux moments des prières. Plusieurs de ses tables ont été reprises dans des traités de gnomonique des siècles ultérieurs.

V Etude gnomonique des différents cadrans

1) Le cadran polaire et le cadran équatorial

Le prisme sur lequel sont gravés ces deux cadrans (Fig. 2) est posé sur un élément de marbre probablement d'origine romaine. Le prisme est en marbre blanc, ses faces supérieures sont des rectangles de 56 x 21,5 cm. Ce bloc de marbre est actuellement parcouru par deux

⁶. Malheureusement, ce cadran a disparu aujourd'hui et nous ne disposons qu'une photo d'un fragment de son support.

⁷. *Waqf*, est, dans le droit islamique, une donation faite à perpétuité par un particulier à une œuvre d'utilité publique, pieuse ou charitable. Le bien donné en usufruit est dès lors placé sous séquestre et devient inaliénable.

⁸. Astronome / scientifique chargé de fixer les heures des prières

⁹. C'est l'unité monétaire de l'époque, voir Fenina A., *Les monnaies de la Régence de Tunis sous les Husaynides*, Tunis 2003.

profondes fractures verticales. Il s'agit, incontestablement, de la partie la plus intéressante de l'ensemble gnomonique.

Comme nous le verrons, il regroupe deux cadrans exceptionnels : ce qui semble être le cadran polaire fixe le plus ancien du monde arabo-musulman (seul un autre est connu ; Ben Eli et Michel 1965, cf *infra*), et le seul cadran équatorial fixe. Actuellement ce prisme n'est pas positionné de façon correcte, il est

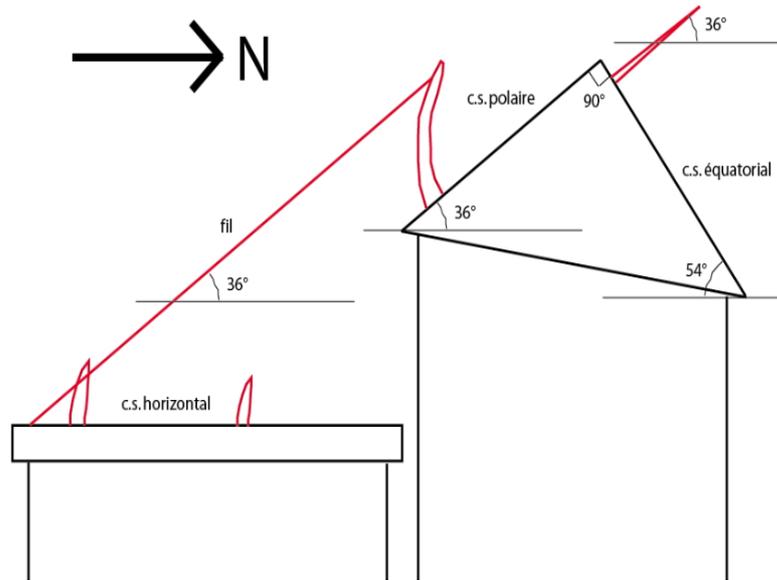


Fig. 3 : Reconstitution (vue latérale) de l'ensemble gnomonique de la mosquée al-Zaytûna. Les gnomons sont en rouge. Actuellement le prisme des cadrans polaire et équatorial n'est pas dans une position correcte et certains gnomons ont disparu.

de degrés, si bien que ces deux faces inclinées sont proches de 45° au lieu de 36° et 54° pour, respectivement, les cadrans polaire et équatorial (Fig.3).

1-A) La face Sud : le cadran polaire

On y observe (Fig. 4, 5 et 6) des lignes horaires parallèles espacées de 20 minutes (d'heures égales) et numérotées en chiffres, la courbe de la prière du *'Asr* et 3 courbes, en relation avec celle du *Maghrib* (3 et non 2 comme indiqué par erreur dans Mercier 2014a, sur la base d'une photo de mauvaise qualité).



Fig. 4 : Vue verticale du prisme de marbre avec, sur ses deux faces supérieures, les cadrans polaire et équatorial. Ce dernier accueille l'inscription commémorative.



Fig. 5 : Le cadran polaire vue de face

Son gnomon est courbe (en forme de corne de vache), si bien que son extrémité est précisément au-dessus de la droite d'équinoxe. En plus de cette droite, on observe des courbes qui évoquent les arcs du zodiaque, il y en a 4 de chaque côté, ce qui fait deux de trop !¹⁰ et constitue la première anomalie visible sur ce cadran. Il y a donc un arc excédentaire de chaque côté de l'équinoxe. Des essais de

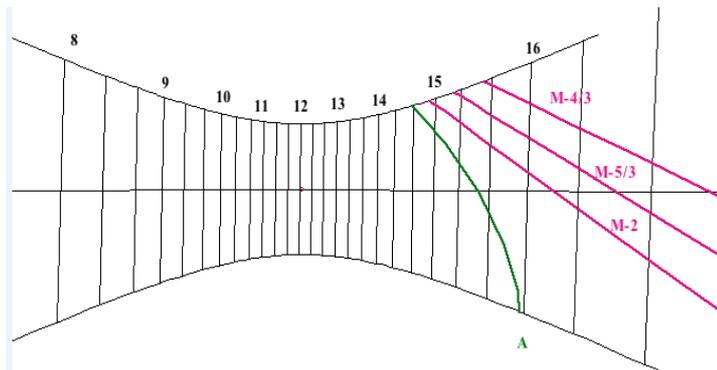


Fig. 6 : Modélisation du cadran polaire (pour les conventions et le code couleur : voir Mercier 2014). A= Asr ; M= Maghrib avec quelques courbes d'annonce espacée de 40'.

modélisation suggèrent que ce sont les courbes les plus à l'extérieur qui sont de trop et qu'elles ont été calculées pour une déclinaison de $\pm 30^\circ$. En fait tout se passe comme si le gnomoniste avait d'abord calculé la position des arcs de déclinaison $\pm 10^\circ$, $\pm 20^\circ$ et $\pm 30^\circ$, puis les avait dessinés sur son épure avant de tracer les arcs du zodiaque en assimilant les plus proches de part et d'autre de l'équinoxe à l'arc de $\pm 10^\circ$, les suivants à $\pm 20^\circ$ et en dessinant les derniers par interpolation entre $\pm 20^\circ$ et $\pm 30^\circ$ (Fig. 7). Puis, qu'il est passé à la phase de la gravure sans avoir effacé les traces de sa construction, notamment les arcs $\pm 30^\circ$ qui se sont retrouvés reproduits sur le marbre.

Cette hypothèse suppose que le gnomoniste n'utilisait pas de tables numériques pré-calculées pour la latitude de Tunis, mais qu'il était capable de calculer lui-même le cadran, ce

¹⁰. Le zodiaque que l'on connaît en occident est directement issu de celui utilisé dans le monde arabo-musulman (Ferrari 2011, chapitre 10 par exemple) qui vient lui-même de traditions plus ancienne.

qui est tout à fait possible, vu ce que l'on sait par ailleurs de lui¹¹.

Remarquons que l'on possède de nombreuses tables numériques datant du IXe au XVIIIe siècles à partir desquelles les gnomonistes arabes dessinaient les cadrans, par contre, on n'a que très peu d'informations sur la manière dont ces tables étaient calculées, parfois avec un degré de précision tout à fait remarquable.... Ce qui précède constitue peut être une trace archéologique rare et intéressante des méthodes de calcul utilisées par les gnomonistes arabes (?).

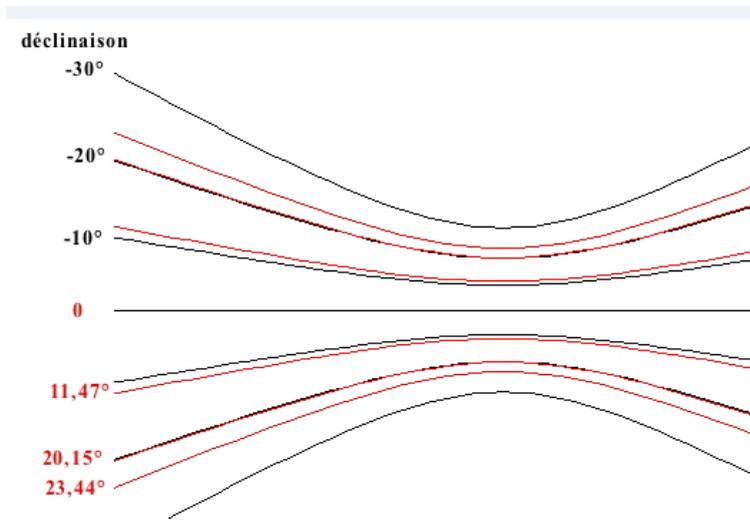


Fig. 7 : Position, sur un cadran polaire, des arcs de déclinaison +/- 10°, +/-20° et +/-30° (en noir) et des arcs du Zodiaque (en rouge). On remarque que les arcs 10° et 20° sont très proches d'arcs du zodiaque, par contre l'arc 30° dépasse largement le Solstice.

Une seconde anomalie existe sur ce cadran, elle concerne l'épigraphie et plus spécialement les noms qui se trouvent en regard des arcs de déclinaison (Fig.8).

| Arcs du Cadran polaire | Déclinaison échelle décimale (épure du cadran) (°) | Déclinaison des arcs du Zodiaque (assimilés à des arcs de l'épure ou intrapolés) (°) | Mentions épigraphiques |
|------------------------|--|--|---|
| Arc -4 | -30 | | ligne de début de (<i>illisible</i>) & Balance |
| Arc -3 | | -23,44 | |
| Arc -2 | -20 | « équivalence » -20,15 | ligne de début de Sagittaire & Verseau |
| Arc -1 | -10 | « équivalence » -11,47 | ligne de début de Scorpion & (<i>illisible</i>) |
| Droite d'équinoxe | 0 | « équivalence » 0 | les deux équinoxes |
| Arc 1 | 10 | « équivalence » 11,47 | ligne de début de Taureau & Vierge |
| Arc 2 | 20 | « équivalence » 20,15 | ligne de début de (<i>illisible</i>) & (<i>illisible</i>) |
| Arc 3 | | 23,44 | |
| Arc 4 | 30 | | ligne de début de (<i>illisible</i>) & Bélier |

Fig. 8 : Tableau des caractéristiques et des mentions épigraphiques des différents arcs de déclinaison du cadran polaire

On remarque, entre autres, que les «paires» de signes de zodiaque ne sont pas classiques. Dans le cas classique (fig.9 A), les arcs du zodiaque limitent la zone de balayage de l'ombre du gnomon dans une certaine plage de déclinaison. Comme il y a deux «mois zodiacaux» (deux signes) qui ont la même plage de déclinaison, on indique sur l'espace entre deux arcs le nom des deux signes qui se retrouvent systématiquement associés (fig.9 A). Bien que ce ne soit pas très usité, on peut aussi choisir d'indiquer le nom du signe sur la trajectoire de l'ombre le premier jour de ce «mois zodiacal» (fig.9 B); dans ce cas, les «paires» de signes

¹¹. Voir sa biographie plus haut.

zodiacaux ne sont plus les mêmes¹². Manifestement c'est ce genre de représentation qu'à voulu utiliser notre gnomoniste al-Nâdhir Barakât : en effet, en dehors du fait qu'il est à chaque fois clairement spécifié "ligne du début...", les deux « paires » complètes actuellement lisibles sur son cadran sont les mêmes que ceux de la fig. 9B¹³. Mais, et c'est cela qui constitue la seconde anomalie, les signes qui, dans ce type de représentation, devraient correspondre aux équinoxes (Balance et Bélier), sont renvoyés au delà des arcs les plus externes ; la droite d'équinoxe est, quant à elle, marquée par la simple mention "les deux équinoxes".

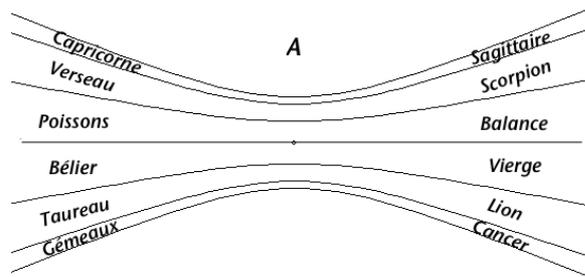


Fig. 9 A : les domaines de balayage de la pointe de l'ombre du gnomon d'un cadran selon le « mois zodiacal » (représentation classique, de tradition européenne, du calendrier zodiacal).

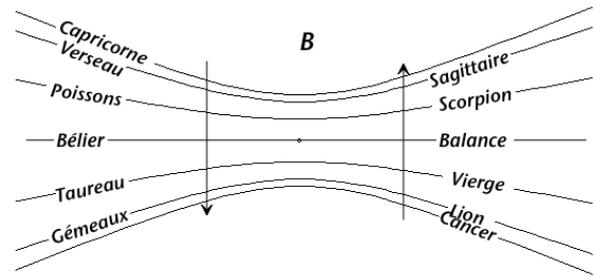


Fig. 9 B : trajectoire du balayage de la pointe de l'ombre le premier jour de chaque « mois zodiacal » (représentation du calendrier zodiacal que l'on trouve sur de rares cadrans musulmans : cf. texte) ; il s'agit de l'arc de déclinaison de chaque début de mois zodiacal. Les « paires » de signes sont différentes, par exemple : dans un cas le Scorpion est associé au Verseau, dans l'autre aux Poissons.

A ce stade, il n'est pas possible de déterminer si c'est le gnomoniste ou l'éventuel graveur qui a commis l'erreur,

l'étude des traités de al-Nâdhir Barakât ben Muhammad nous renseignerait sans doute. Toujours est-il que ce cadran constitue un premier essai d'introduire un calendrier solaire sur les cadrans de Tunisie ... contrairement à l'introduction des heures égales ou des courbes d'annonce de prières, cet essai n'aura pas de suites significatives avant longtemps, les imperfections que l'on relève expliquent peut-être cet échec.

1-B) La face Nord : face « été » du cadran équatorial.

Ce cadran est gravé sur le même prisme que le cadran polaire, il n'a donc qu'une seule face, et celle-ci correspond à la face «été» (fig.4) d'un cadran équatorial. Son style a disparu, mais le point d'implantation est visible. Le pourtour de ce cadran est gradué en trois bandeaux :

- Bandeau extérieur : un trait marquant tous les degrés soit 4 minutes,
- Bandeau médian : un trait marquant tous les 5 degrés soit 20 minutes numérotées en chronogramme,
- Bandeau intérieur : un trait marquant tous les 15 degrés soit 60 minutes.

¹². C'est le premier jour du signe donné et le dernier jour du signe «jumeau» qui ont la même déclinaison ... celle-ci étant extrêmement proche de la déclinaison du premier jour du signe suivant, ce type de représentation engendre des «paires» de même déclinaison déphasées par rapport aux paires classiques (fig.9A et B),

¹³. Il est à remarquer que les rares cadrans islamiques qui présentent un calendrier solaire zodiacal, possèdent des arcs de déclinaison référencés de la même façon que sur la figure 9-B, avec donc les mêmes « paires » ; c'est le cas du cadran horizontal de la mosquée d'Ibn Tûlûn au Caire (fin du XIII^e siècle ; voir Janin et King 1977, et Ferrari 2011, p. 384) et du cadran vertical de la mosquée Yeni à Istanbul (1671) (Çam 1990, p. 83)

Il s'agit, chronologiquement, du second cadran en Tunisie, après celui de la mosquée de Yûsuf Dey, daté de 1025/1616-17, du même auteur, mais actuellement perdu, sur lequel figurent des nouvelles subdivisions de 60, 20 et 4 minutes en association avec les courbes et les tracés relatifs aux devoirs religieux.

Ces lignes horaires (ou plus exactement leurs amorces) sont équi-angulaires (15°) ce qui caractérise les cadrans équatoriaux. Le gnomon de la partie horaire des cadrans horizontaux de Tunisie est habituellement constitué d'un fil incliné par rapport à la table horizontale du cadran. Ici la table est inclinée par rapport à l'horizontal et le gnomon lui est perpendiculaire. Par ailleurs, il n'existe pas de mur ou de tablier au Nord du cadran pour fixer la seconde extrémité du gnomon, le cadranier a donc dû utiliser une tige rigide, hélas disparue.

Sur le plan gnomonique, on note que la ligne horaire de 11 h (en heure égale) est la seule qui possède un tracé complet (jusqu'à la base du gnomon). La signification de cette ligne est indiquée par *khatt al-ta'hîb*, préparatif pour le moment où les fidèles se retrouvent à la Mosquée pour le sermon du Vendredi qui remplace la prière de *Zuhr* ce jour-ci. C'est la seule indication liturgique qui apparaît sur ce cadran, les heures de prières sont absentes. Il est vrai que les cadrans équatoriaux, qui ont des affinités avec les cadrans d'azimut et qui indiquent des heures égales, sont particulièrement mal adaptés à cet usage.

2) Le cadran horizontal (Fig. 10) :

Ce cadran est placé sur un support construit en pierres de grès ocre haut de 1,20 m situé dans la partie Est du patio de la mosquée. C'est une plaque en marbre blanc-grisâtre d'une épaisseur de 6 cm et de forme rectangulaire (87 cm x 47 cm) aménagée horizontalement. Sa surface écrite est fortement érodée ce qui a fait disparaître la partie majeure de ses cryptogrammes et de son inscription commémorative (phénomène de



Fig. 10 : Photographie du cadran horizontal.

dissolution/recristallisation du calcaire dû à l'eau de pluie qui stagne sur la surface horizontale).

Comme pour de nombreux cadrans tunisiens postérieurs (Jarray 2011, Mercier 2014a), on peut diviser ce cadran en deux sous-cadrans autonomes relevant de deux styles de gnomons différents.

En bordure, l'assemblage de ce cadran est composé de 3 bandeaux gravés sur le pourtour de la plaque :

- Bandeau extérieur : un trait marquant les degrés de rotation apparente du Soleil, soit 4 minutes,
- Bandeau médian : un trait marquant tous les 5 degrés, soit 20 minutes numérotées en chronogramme,
- Bandeau intérieur : un trait marquant tous les 15 degrés, soit 60 minutes (1 heure égale).

Ce cadran extérieur est relatif à une ficelle porte-ombre, inclinée de la valeur de la latitude locale, et dont l'implantation de la boucle est toujours en place (fig.10).

Dans la partie centrale, on note certains éléments classiques comme le tracé du méridien (*al-zawâl*) relative au gnomon filaire et l'indication de la *qibla* (en forme de *mihrâb*), avec une valeur précise proche de N112° ; il s'agit d'ailleurs de la plus ancienne représentation d'une *qibla* scientifiquement précise¹⁴ sur un cadran Tunisien (Mercier 2014b). On remarque ici qu'il n'y a aucune trace d'un dispositif visant à positionner le gnomon filaire selon l'angle polaire. Cela confirme que le cadran horizontal a été conçu, dès son origine, pour être intégré dans un ensemble comprenant le cadran polaire sur lequel est fixée l'autre extrémité du fil.

L'essentiel de la surface intérieure est occupé par quatre cadrans islamiques (indiquant des heures en relation avec les prières) relatifs à autant de gnomons verticaux ; ceux qui sont en position méridionale sont légèrement plus grands (6 cm environ) que les deux autres (5 cm environ) (fig. 11).

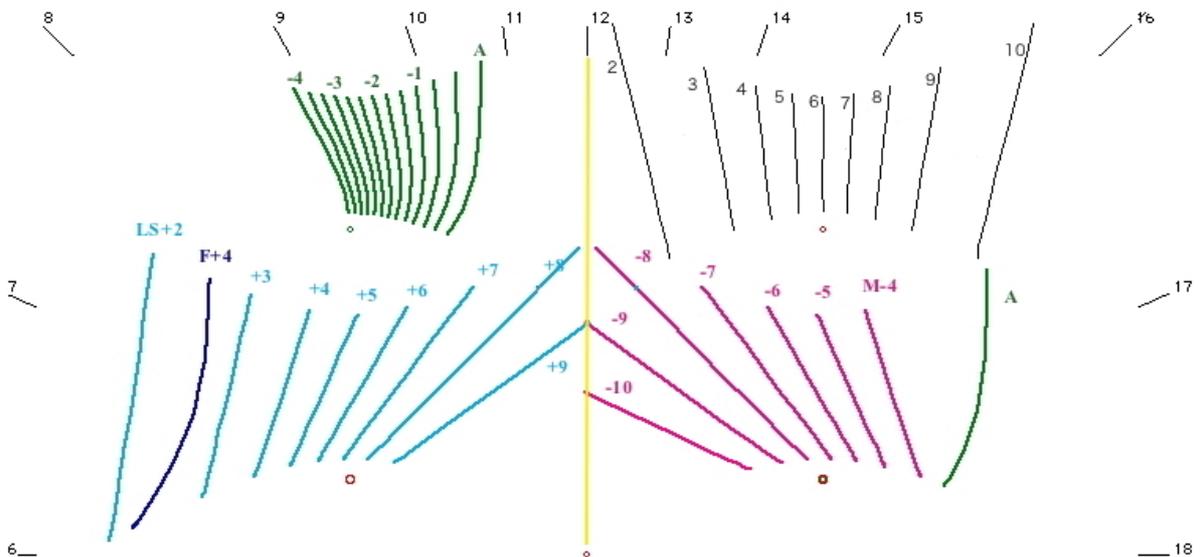


Fig. 11 : Modélisation du cadran horizontal (pour les conventions et le code couleur : voir Mercier 2014a).

A= Asr avec des courbes d'annonce espacées de 20° ; LS= Lever du Soleil ; F= Fajr ; M= Maghrib.

Le cadran NE, en noir, correspond à un cadran en Heures Temporaires. Le trait Jaune marque le passage du méridien de l'ombre du gnomon filaire, il correspond aussi à quelques minutes avant le Zuhr « orthodoxe ».

¹⁴ C'est-à-dire « Qibla correcte » au sens de la littérature internationale : Bobine (1990, 2008) King (1995, 1997, 2014 a) ... (voir Mercier 2014b), c'est à dire calculée selon les principes de la trigonométrie sphérique et non par les règles de l'astronomie populaire.

- Le cadran au NW, comprend des courbes relatives à ‘*Asr*’ avec de nombreuses annonces espacées de 20 minutes.

- Le cadran au NE, correspond à un cadran en heures temporaires. Ce type d’heure est systématiquement utilisé sur les plus anciens cadrans tunisiens (Jarray 2012a ; 2012b). L’existence de ces heures sur un cadran du XVIIe siècle, alors que les heures égales sont représentés en bordure du cadran, marque la période de transition entre l’ancien style de mesure du temps de l’époque médiévale (emploi de l’heure temporaire) et le nouveau basé sur les heures égales. Rappelons que ce nouveau style fut introduit en Tunisie quelques années plus tôt, sur le cadran de la Mosquée de Yûsuf Dey réalisé par Barakât Ben Muhammad al-Zarîf al-Husaynî al-Idrîsî.

- Le cadran au SW correspond à des lignes relatives au lever du Soleil et à *Fajr*.

- Celui au SE correspond à des lignes relatives à *Maghrib* et une courbe de ‘*Asr*’.

L’absence d’homogénéité, dans le choix des lignes entre ces deux cadrans méridionaux, est à remarquer (moins de courbes pour annoncer le coucher du Soleil (*Maghrib*) que le lever). Dans le même esprit, on s’attendrait à trouver dans le cadran SE une courbe relative à ‘*Isha*’ en symétrie de *Fajr*, ce n’est pas le cas ; ‘*Isha*’ absent. Par rapport aux cadrans tunisiens plus anciens ou plus moderne, une autre absence est à signaler : le *Zuhr* calculé selon la règle andalouse¹⁵. Une telle absence est inhabituelle. On remarquera qu’ici, comme à Beja (Mercier 2014a), autre exemple où *Zuhr* calculé selon la règle andalouse manque, la droite 12h (méridien) est nettement soulignée. Cela suggère peut être (?), dans les deux cas, une prise en compte précoce du *Zuhr* « orthodoxe » (caractérisé par le début de l’allongement de l’ombre de midi, soit quelques minutes après le passage du Soleil au droit du méridien). Par ailleurs, ce cadran est le plus ancien, en Tunisie, qui présente des courbes d’annonce anticipées de l’heure de la prière incluant certaines prières nocturnes.

VI Le contexte scientifique de ces cadrans

1) Sources écrites

Le cadran polaire est un cadran universel (indépendant de la latitude) qui est orienté vers le Sud, dans le plan contenant l’axe des pôles. Un cadran horizontal à l’équateur présente par exemple cette orientation. Dès le IXe siècle J.C, les gnomonistes arabes¹⁶, étaient capables de calculer le dessin d’un cadran horizontal à l’équateur (en heures temporaires). Mais il est probable qu’à cette époque la démarche intellectuelle consistant à translater ce cadran parallèlement à lui-même, vers d’autres latitudes, pour exploiter son caractère universel, n’ait pas été faite. Ce n’est pas vraiment surprenant car le caractère universel du cadran polaire n’est effectif qu’avec des heures «égales», la démarche intellectuelle mentionnée ne pouvaient donc apparaître que vers le XIIIe siècle J.C, au début la généralisation des heures égales¹⁷.

¹⁵ En Andalousie musulmane et dans le Maghreb ancien la prière Zhur était définie par une règle originale : l’ombre d’un gnomon au moment de cette prière est égale à l’ombre de midi + 1/4 de la hauteur du gnomon . Cette règle « andalouse » amène Zhur juste avant la seconde heure temporaire de l’après midi, alors que la règle « orthodoxe » la situe juste après midi solaire (King 2014) .

¹⁶ Notamment Habash al-Hasib, actif à Bagdad dans la première moitié du IXe siècle J.C.

¹⁷ Au moins au Moyen-Orient et en Europe. En ce qui concerne le Maghreb, cette introduction, nous l’avons signalé, ne semble dater que du XVIIe siècle.

Le cadran équatorial constitue un autre type de cadran universel. C’est un cadran qui est parallèle au plan de l’équateur, il est simple à calculer, mais il ne peut caractériser que les heures égales. Il est donc illusoire de vouloir en trouver des traces avant le XIIIe siècle JC.

Effectivement, c’est Shihab al-Din al-Maqsî (actif au Caire vers la fin du XIIIe siècle J.C) qui le premier a étudié ces cadrans. Il a notamment compilé une série de tables pour leur construction et insisté sur leur caractère universel (King 2014, p. 722).

Un siècle plus tard, on trouve des cadrans équatoriaux et polaires sur les «compendium» arabes (Fig.12). Il s’agit d’instruments portables, ayant des fonctions et un usage non totalement élucidés, mais qui peuvent servir, au minimum, de cadrans portatifs orientables à l’aide d’une boussole. Ils ont été réalisés au XIVE siècle JC, à Damas et au Caire, par différents gnomonistes (Ibn Sam’ûn, Ibn al Shâtîr, al-Klalîfî...) (Janin et King 1997). La période de fabrication et l’usage de ces compendium semble très réduite dans le temps car dès le siècle suivant «le plus illustre astronome d’Egypte ne savait décrire ni l’instrument ni son usage» (Janin et King 1997).

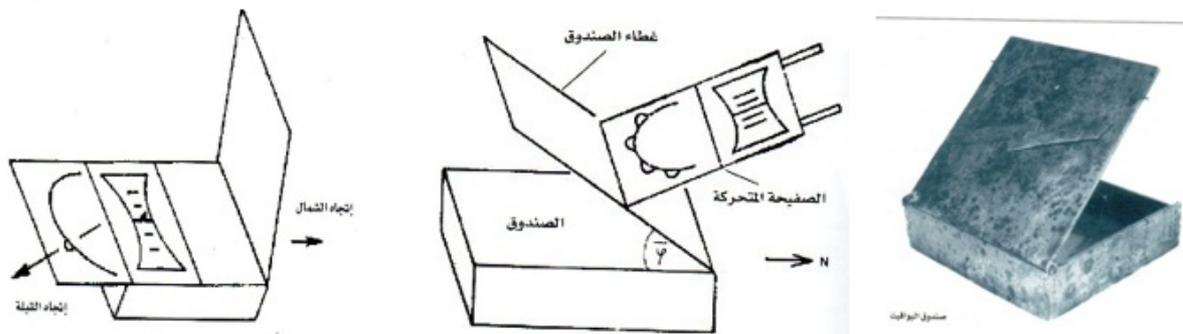


Fig. 12 : Un compendium du XIVE siècle (Illustration de <http://sanjakdar-chaarani.com>, d’après des figures originales de Janin et King 1987)

Si l’on s’intéresse particulièrement au Maghreb : Al-Marrâkushî (XIIIe siècle) (Sédillot 1834), traite du cadran horizontal calculé à l’équateur (cadran polaire), mais il semble assez clair que son caractère universel lui échappe, car quand il essaye¹⁸ d’y ajouter la courbe du ‘*Asr*’, c’est clairement cette courbe valable à l’équateur qu’il envisage seule. Un autre auteur : Ibn al-Raqqâm al-Andalusî¹⁹ (fin du XIIIe siècle J.C, début du XIVE), dont le mémoire est considéré par King (1999) comme le plus important ouvrage



Fig. 13 : Le « chapitre » sur les cadrans équatoriaux de Al-Raqqam (Carandell 1988)

¹⁸ «essaye» : car dans ce calcul graphique, cet auteur commet une erreur : voir discussion complète dans Charrette (2003 p. 173)

¹⁹ Connu également comme Ibn al-Raqqam al-Tunisî.

maghrébin traitant des cadrans solaires, analyse le cadran équatorial mais ne fait aucune allusion au cadran polaire (Carandell, 1988). Comme le souligne Carandell (1988), l'analyse du cadran équatorial qui est faite dans cet ouvrage est assez partielle. En effet, en absolu, un cadran polaire standard est constitué de deux faces, une éclairée l'été et l'autre l'hiver. Par ailleurs la face été doit comprendre des indications horaires antérieures à 6h du matin et postérieures à 18h car le Soleil brille pendant une période supérieure à 12h pendant cette partie de l'année. Inversement en hiver, le jour clair est plus court que 12h et un demi-cercle est suffisant. Dans son ouvrage Ibn al-Raqqâm, n'envisage d'une part : que la partie «été» du cadran équatorial ; et d'autre part : il dessine cette face comme si le jour clair ne dépassait pas une durée de 12h (dessin en demi-cercle) (Fig. 13).

2) Cadrans fixes

En dépit de ce contexte scientifique très riche, et avant la présente étude, il n'était connu dans le monde arabo-musulman, aucun cadran équatorial «fixe»²⁰ et un seul cadran polaire «fixe». Ce dernier, daté de 1786 J.C (soit très tardivement par rapport aux manuscrits pré-cités), est installé à la Mosquée d'Acre (Saint Jean d'Acre) (fig. 14). Il fut décrit, pour la première fois, par Ben Eli et Michel (1965) dans un article un peu étrange qui évoque beaucoup de choses, mais



Fig. 14 : Le cadran polaire de Acre (1786 JC)

disserte très peu sur son sujet (le cadran polaire) ; il ne signale pas, par exemple, qu'en plus des indications horaires (une ligne horaire toute les 20 minutes), ce cadran possède une courbe de prière ('*Asr*).

VII Discussion et conclusion

L'ensemble gnomonique de la Mosquée al-Zaytûna constitue la plus ancienne représentation préservée des heures égales sur un cadran tunisien, c'est aussi la première fois en Tunisie, qu'une *qibla* précise (établie scientifiquement), que des courbes d'annonce de prières, y compris nocturnes, et qu'un essai de calendrier solaire sont représentés. Par ailleurs, il contient (1) le plus ancien des deux cadrans polaires fixes et (2) le seul cadran équatorial fixe connu dans le monde arabe. Au XVIIe siècle, date de fabrication de ces cadrans, les gnomonistes arabes étaient capables, depuis de nombreux siècles, de dessiner des cadrans polaires et équatoriaux. Mais manifestement cela ne faisait pas partie de leur tradition. Par ailleurs, à cette époque, la science arabe était déjà rentrée dans sa phase de déclin depuis 3 ou

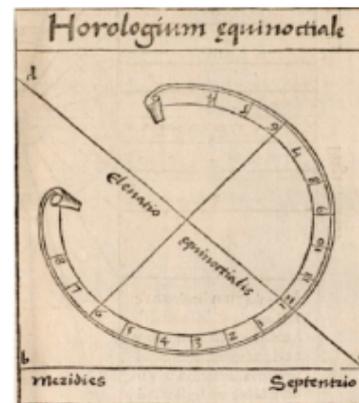
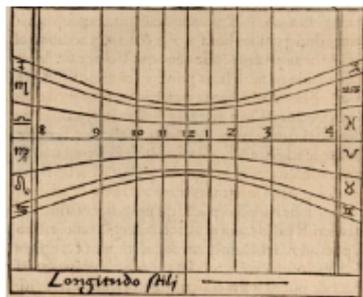
²⁰ Il existe, sur des mosquées de l'empire Ottoman oriental (Turquie, Syrie), des cadrans fixes qui ont un tracé de cadrans équatoriaux en demi-cercle et qui sont datés du XVIe au XVIIIe siècle. Mais ils sont verticaux et ils ont un style horizontal : ce sont en fait des cadrans de type « canonial » (Ferrari 2011, p. 492 à 498). Leur existence au cœur d'un Empire aussi attaché au contrôle scientifique des horaires de pratiques religieuses est étrange...

4 siècles. Inversement la science européenne était fleurissante et le sens du flux scientifique s'était nettement inversé²¹ depuis l'époque où les scientifiques européens puisaient l'essentiel de leurs connaissances dans les manuscrits arabes (Saliba 2007). Au XVIIe siècle, en Europe, il existait de nombreux exemples de cadrans polaires et équatoriaux fixes et surtout une abondante littérature à ce sujet (Fig. 15). On peut légitimement se poser la question de savoir si une influence européenne, ou ottomane, ne pourrait pas être à l'origine du cadran d'al-Zaytûna. Ce type de question se pose systématiquement quand on envisage les inventions ou découvertes « tardives » des scientifiques musulmans. C'est par exemple le cas des « indicateurs portables à qibla » particulièrement sophistiqués, datant du XVIIe siècle (voir discussion dans Hogendijk 2010 et King 2014 b).

Dans le cas qui nous intéresse ici, on constate que l'ensemble des sources potentielles européennes contemporaines du cadran de la mosquée al-Zaytûna, et qui traitent du cadran équatorial, dessinent systématiquement sur la face supérieure (été) de celui-ci, des lignes horaires antérieures à 6h du matin et postérieures à 18h (Fig.15). Ce n'est pas le cas, nous l'avons vu, dans les sources maghrébines anciennes (notamment Ibn al-Raqqâm, Fig.13). En d'autres termes, le cadran équatorial de la mosquée al-Zaytûna semble plus proche du dessin d'Ibn al-Raqqâm (XIII-XIVe siècle) que des sources potentielles européennes qui lui sont (globalement) contemporaine.

En ce qui concerne le cadran polaire, nous l'avons vu, une méthode de dessin originale semble avoir été utilisée. Dans ce cas également, aucune influence européenne directe n'est décelable²². Par ailleurs, la spécificité du calendrier (utilisation du premier jour du mois zodiacal, comme au XIIIe siècle à la Mosquée d'Ibn Tûlûn au Caire...) va dans le même sens.

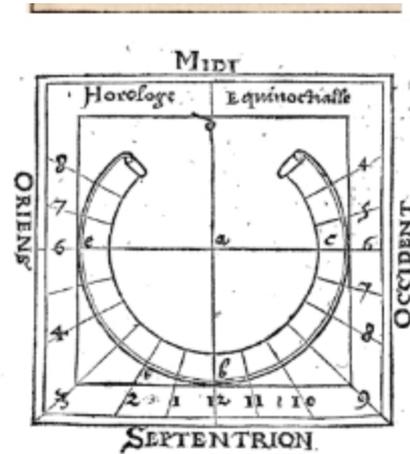
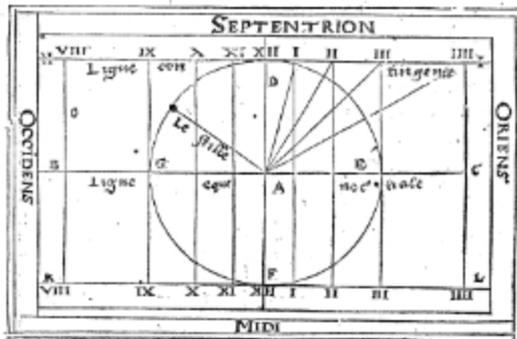
Münster 1531



²¹ Dès le XVIe siècle, les ambassadeurs européens offraient fréquemment des horloges ou des objets astronomiques (mappemonde, cadrans portatifs...) aux monarques musulmans. Une fabrication spécifique de cadrans portatifs en ivoire avec indications en arabe, est connue à Nuremberg dès le début du XVIe siècle (Gouk, 1988). Par ailleurs la littérature européenne était au moins en partie accessible aux savants musulmans : on connaît par exemple, des astrolabes iraniens du XVIIe siècle, basés sur des tables européennes de coordonnées d'étoiles (King 2014 b).

²² Les seules références européennes, que nous ayons trouvées, qui envisagent des arcs diurnes avec des déclinaisons supérieures à celles des solstices correspondent aux travaux de théoriciens, comme Davies (1834) et Schoy (1912 & 1923), qui se servent de tels cadrans « irréalistes » que pour établir la *nature mathématique* de, respectivement, les lignes d'heures temporaires et des lignes de prières musulmanes.

Bullant 1608



Bobynet 1654

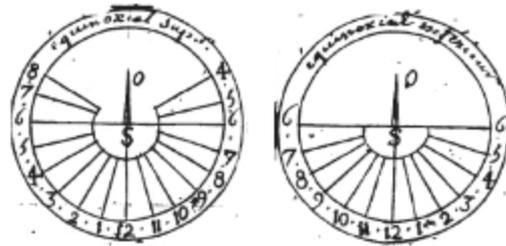
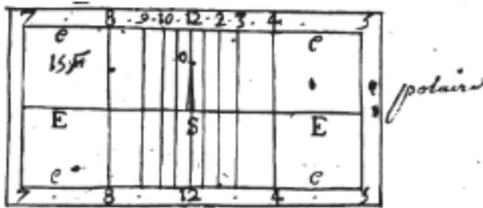


Fig. 15 : Illustration de quelques références européennes globalement contemporaines des cadrans étudiés pour un cadran polaire et un cadran équatorial.

Dans l'état actuel du dossier, il semble bien que les cadrans de la mosquée al-Zaytûna se placent dans une lignée tardive, mais directement issue de la science musulmane, plutôt que dans une re-appropriation de la science européenne. Il s'agit donc d'un monument particulièrement précieux, joyau du patrimoine historique et scientifique Tunisien, qui mériterait une mise en valeur et une protection renforcée.

REFERENCES

- Ben Achour M.A. (1991) : Jâmi' al-Zaytûna, al-ma'lamu wa rijâluhu, CERES production, Tunis.
- Ben-Eli, A. & Michel, H. (1965) : Un cadran solaire remarquable ; Ciel et Terre, Vol. 81, p. 214-216.
- Çam N. (1990) : Osmanli Güneş Saatleri, Kültür Bakanlığı, 200p.
- Carandell J. (1988): Risala fi ilm al-zilal de Muhammad ibn al-Raqqam al-Andalusi. 1988 Edicion, traduccion y comentario por Joan Carandell. Barcelona 1988 (323pp).
- Charrette F. (2003): Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria. BRILL edts.
- Daoulati A. (1996) : al-Zaytûna, Ashrat qurûn mina al-fann al-mi'mârî al-tûnisî, Tunis
- Daoulati A (2010) : La Mosquée Zitouna, Tunis, The Zitouna Mosque. Editions du patrimoine, 215 p. (traduction en Français et anglais de l'ouvrage de 1996)
- Davies T. S. (1834) : An Inquiry into the Geometrical Character of the Hour-Lines upon the Antique Sun-Dials., Volume XII, p.77-122. Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Une traduction en français est disponible dans Cadran-Info n°21 suivi de commentaires et d'analyses dans le n°23 par D. Collin.

- Fenina A. (2016) : *Les monnaies de la Régence de Tunis sous les H'usaynides*, Tunis 2003.
- Ferrari G. (2011) : Le meridiane dell'antico islam, édition à compte d'auteur 536 p
- Golvin L. (1974) : Essai sur l'architecture religieuse musulmane, vol. III, Paris, 1974.
- Gouk P. (1988) : The ivory sundials of Nuremberg 1500-1700, Whipple Museum of the History of Science.
- Hogendijk J.P. (2010) : Three instruments for finding the direction and distance to Mecca: European cartography or Islamic astronomy? in: Proceedings of a Colloquium on Islamic Astronomy, Istanbul, IRCICA, May 7.
- Janin & King (1978) : "Le cadran solaire de la Mosquée d'Ibn Tulun au Caire," *Journal of the History of Arabic Science*, 2, pp. 331-357. [Reproduit in King D. (1987) *Islamic Astronomical Instruments*, London: Variorum, 1987]
- Janin L. & King D.A. (1987) : Ibn al-Shatir's Sanduq al Yawaqit ; An astronomical « Compedium ». in King D. (1987) *Islamic Astronomical Instruments*, London: Variorum, 1987, étude XII,
- Jarray F. (2007) : Inscriptions des monuments de la régence de Tunis à l'époque ottomane : Étude épigraphique et historique, 5 volumes, Thèse Doctorat de l'Université, sous la direction cotutelle de S. Ory et M. Remadi-Chapoutot, Université de Provence.
- 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'horologuim, solarium antique à la *mizwala* islamique : de l'adoption à l'adaptation », *Africa. Romana*, XIX, Université de Sassari, Sardaigne, p. 2355-2380.
- Jarray F. (2013) : «Notes préliminaires sur deux *mizwala*-s méconnues de la ville de Kairouan », Kairouan et sa région: nouvelles recherches d'archéologie et de patrimoine, Actes du 3^e Colloque international du Département d'Archéologie de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Kairouan, p. 391-399.
- King D.A (1999) : "On the history of astronomy in the medieval Maghrib", in *Études Philosophiques et Sociologiques Dédiées à Jamal ed-Dine Alaoui*, Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Publications de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Dhar El Mahraz - Fès, N° Spécial 14 (Département de Philosophie, Sociologie et Psychologie), Fez, 1998 [published 1999], pp. 27-61
- King D.A. (2014 b): World-maps for finding the direction and distance to Mecca; Brill edt, 638 p. (première édition: 1999).
- King D.A. (2014) : In synchrony with the heavens , volume 1 : The call of the Muezzin ; Brill edt, 930 p. (première édition : 2005)
- Mahfoudh F. (2003) : Architecture et urbanisme en Ifriqiya médiévale ; proposition pour une nouvelle approche, p. 173-184.
- Marçais G. (1954) : L'architecture musulmane d'Occident, Paris, 1954.
- Mercier E. (2014a) : Cadrans islamiques anciens de Tunisie, *Cadran-info*, 29, p. 53-65
- Mercier E. (2014b) : Qibla des cadrans islamiques de Tunisie, *Cadran-info*, *Cadran-info*, 30, p. 66-72
- Saliba G. (2007) : *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*, MIT press.
- Schoy K. (1912) : Die arabische Sonnenuhr im Dienste der islamischen Religionsübung. *Naturwissenschaftliche Wochenschrift, Organ der Deutschen Gesellschaft für volkstümliche Naturkunde in Berlin*, n.f. XI. Bd., 6.
- Schoy K. (1923) : Die Gnomonik der Araber, Verein Wissensch. Verleger, Berlin,
- Sédillot, J. J. (trad.) (1834). *Traité des instruments astronomiques des Arabes*. 2 Vols. Paris.
- Snûsî M. (1983) : *Musâmarât al-zarîf bi-husni al-ta'rif*, première partie, Tunis.

