

---

## Un cadran islamique problématique conservé à Sfax (Tunisie) par Fathi Jarray & Éric Mercier

---

*Nous présentons ici un cadran islamique de date incertaine (XVII-XIX<sup>e</sup> siècle), conservé à Sfax mais d'origine inconnue, qui présente de forte analogie avec les cadrans équatoriaux, il semble s'agir d'un cadran hybride, peu rigoureux qui pourrait correspondre à un essai de créer un nouveau type de cadran islamique. Cette hypothèse n'explique pas tous les éléments présents sur le cadran qui reste donc assez énigmatique.*

Il y a presque 2 ans, les Services de Sécurité de la ville de Sfax (Tunisie) ont saisi des pièces archéologiques. Ces objets ont été présentés pour avis à l'Inspection régionale du Sahel-sud du Patrimoine. L'une de ces pièces, qui semblaient présenter des indications horaires, religieuses et de calendrier, a attiré l'attention du Professeur Ammar Othman, Inspecteur régional du Patrimoine, qui a pensé à un cadran solaire ancien<sup>1</sup>. L'objet de cet article est de discuter de l'aspect purement gnomonique de ce cadran islamique (qui marque l'instant du commencement des prières canoniques de l'islam). À ce stade de la procédure judiciaire, aucune indication sur l'origine de l'instrument ne nous est disponible<sup>2</sup>. Son âge peut-être évalué par le style de l'épigraphie/graphie/écriture et de l'ornementation, il correspond à la période XVII-XIX<sup>e</sup> siècle sans qu'il soit possible d'être plus précis. Comme nous le verrons, ce cadran solaire a clairement une affinité avec les cadrans équatoriaux mais, sur un certain nombre de points fondamentaux, il s'écarte de ce type de façon très significative. Après avoir rappelé les caractéristiques du cadran équatorial et les relations entre ce type de cadran et la gnomonique islamique, nous décrirons ce cadran, nous essayerons de reconstituer les probables pièces mobiles manquantes et nous discuterons des approximations gnomoniques qui sont à la base de sa conception.

---

1. Nous remercions très sincèrement le Professeur Ammar Othman, Inspecteur régional du Patrimoine du Sahel-sud, qui nous a transmis le matériel nécessaire à cette recherche et a autorisé notre étude et sa publication.

2. Notamment, nous ignorons s'il s'agit d'un cas de tentative d'exportation illégale d'antiquités tunisiennes ou d'importation illégale d'objets originaires d'un autre pays du monde musulman.

## 1 Le cadran équatorial

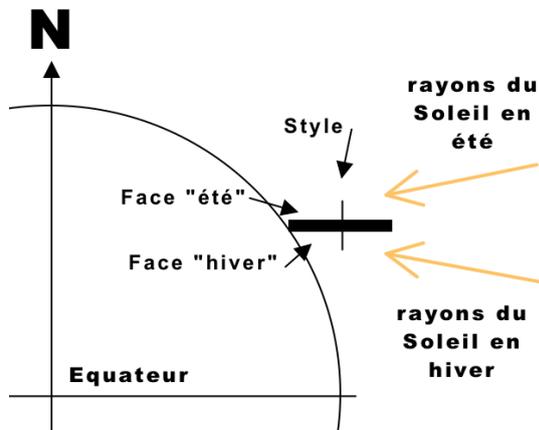


Figure 1 – Un cadran équatorial dans le référentiel terrestre.

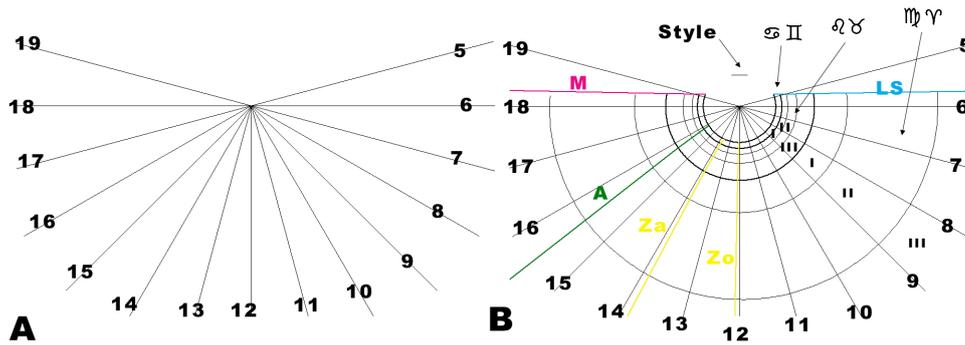
Un cadran équatorial est un cadran dont la table est parallèle au plan de l'équateur terrestre. Son style est parallèle à l'axe de la Terre, c'est-à-dire qu'il est incliné, par rapport à l'horizon local, d'un angle égal à la co-latitude du lieu. Les deux faces de la table sont éclairées successivement : de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne pour la face supérieure (dite « face été ») et le reste du temps pour la face inférieure (« face hiver »). Les jours des équinoxes, les rayons du soleil sont parallèles à la table et le cadran ne peut pas fonctionner. Les lignes horaires (en heures égales) sont équidistantes de  $15^\circ$  (fig. 2-A), ce qui le rend très facile à calculer et à réaliser. Enfin, insistons sur le fait que le cadran équatorial ne fonctionne qu'avec la direction de l'ombre ; en conséquence (1) la longueur du style est quelconque et (2) aucun calendrier ne peut être représenté sur la table.

## 2 La science arabo-musulmane et les cadrans équatoriaux

Dès que la notion de l'heure égale a pris de l'importance dans la science arabo-musulmane (vers le XIII<sup>e</sup> siècle J.C.), les gnomonistes ont intégré le calcul des cadrans équatoriaux dans leurs traités. Citons notamment Shihâb al-Dîn al-Maqsî (actif au Caire vers la fin du XIII<sup>e</sup> siècle J.C.) qui semble être le premier à les avoir étudié [King 2014, p. 722]. Mais ces cadrans équatoriaux ne furent jamais populaires dans la civilisation arabo-musulmane. On n'en connaît en effet pour l'instant que deux occurrences : (1) au XIV<sup>e</sup> siècle, intégré à des « compendium » du Proche-Orient (instruments portables), et (2) sous la forme d'un cadran fixe du XVII<sup>e</sup> siècle (celui de la mosquée Zaytûna à Tunis [Jarray et Mercier 2015]). Il est probable que la principale raison pour laquelle ce genre de cadran a été négligé par les gnomonistes musulmans est qu'il est, par principe, incapable de marquer les prières dont les heures sont variables au cours de l'année. Par ailleurs, dans l'Occident musulman (traité de Ibn al-Raqqâm al-Andalusî (XIII-XIV<sup>e</sup> siècle), [Carandell 1988] & cadran de la mosquée Zaytûna, [Jarray et Mercier 2015]), seule la face « été » est présente ; dans les deux cas la face « hiver » est « oubliée ».

Ceci dit, il est possible de tracer la table d'un cadran septentrional-incliné qui aurait la même attitude qu'un cadran équatorial. Dans ce cas, il faut fixer une longueur de style, et il est alors possible de dessiner un calendrier zodiacal (c'est-à-dire les « arcs » de déclinaison)<sup>3</sup>

3. Le nombre d'arc de déclinaison, et pour finir la durée de la période, proche de l'équinoxe, où ce cadran est inutilisable dépend, pour une table de diamètre donnée, de la longueur du style. Plus le style est long, plus la période « aveugle » est importante.



**Figure 2** – A : Tracé d'un cadran équatorial (face été). B : Tracé d'un cadran septentrional incliné ayant la même attitude qu'un cadran équatorial à la latitude ( $35^\circ$  N. dans cet exemple). Ce cadran B, calculé pour une longueur de style indiquée sur la figure, n'est éclairé que l'été (entre les équinoxes de printemps et d'automne). Un calendrier zodiacal est représenté avec chaque signe divisé en trois décades, la trace des équinoxes, théoriquement à l'infini, ne sont évidemment pas visibles. Les courbes de prières localisent : le lever du soleil (*LS* : fin de Fajr), Zuhr calculé selon la méthode « orthodoxe » (*Zo*) ou la méthode andalouse (*Za*), Asr (*A*), et Maghrib (*M*).

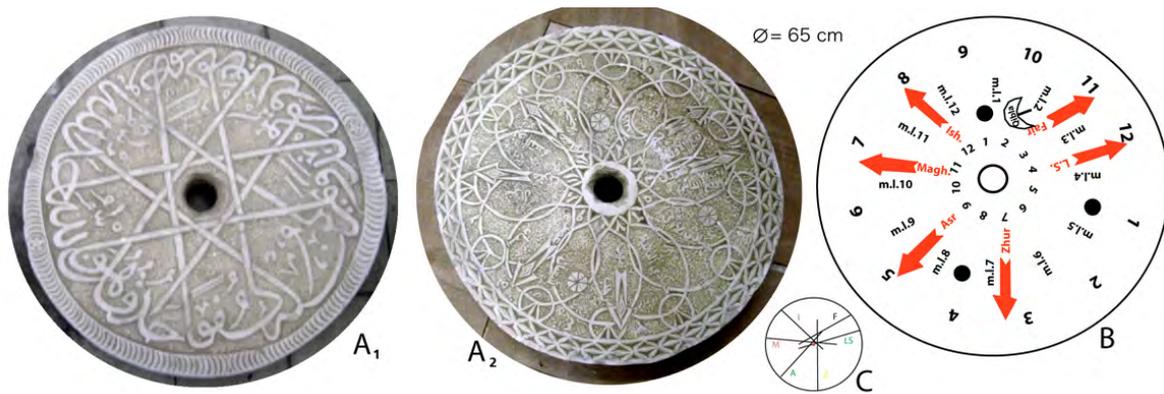
et des courbes de prières sur la table. La figure 2-B correspond à la face « été » d'un tel cadran (voir pour la méthode : [Mercier 2014a]). Les « arcs » de déclinaison sont dans ce cas des cercles qui sont parcourus par l'ombre de la pointe du style au cours de la journée. Cette construction, qui nous sera utile pour la suite de la discussion, ne semble jamais avoir été envisagée dans les manuscrits scientifiques arabo-musulmans. On remarque que dans ce type de cadran, les courbes de prière ont un aspect très rectiligne. Par ailleurs, et à l'exclusion des courbes de Zuhr, elles ne passent pas par le centre du cadran ; il ne s'agit donc pas de rayons du cercle, ce qui est une autre manière de dire que les prières ne tombent pas à la même heure égale pendant toute l'année.

### 3 Le cadran de Sfax (Tunisie)

Il s'agit d'un disque de marbre écri de 65 cm de diamètre, gravé sur une seule face qui fait partie d'une « paire » (fig. 3 page ci-contre A1 & A2) de dimension, de matériau et de style calligraphique relativement similaires. Le centre de ces deux disques est marqué par un trou traversant, d'environ 6 cm de diamètre. Un de ces disques est décoré d'une inscription coranique (sourate *al-Ikhlâs*, Le Culte, CXII), l'autre accueille les éléments du cadran solaire énigmatique qui est l'objet de cette étude. Les bordures du trou central du cadran solaire présentent des traces de frottement qui indiquent l'existence d'un mouvement de rotation (ce qui suggère l'existence de pièces mobiles actuellement manquantes).

Puis dans l'ordre centrifuge, on observe (fig. 3 page suivante) :

- un premier anneau avec les chiffres de 1 à 12.
- Le nom des cinq prières de l'islam et l'indication du lever du soleil (fin de Fajr).
- En regard de ces 6 indications, des flèches qui indiquent des directions vers l'extérieur. Remarquons dès à présent que ces flèches ne sont pas superposées à des rayons du cercle : leurs prolongations ne passent pas par le centre du cadran (fig. 3-C). Vu la position



**Figure 3** – A1 : le premier disque avec la sourate al-Ikhlâs ; A2 : le second disque avec le cadran solaire étudié (ces deux disques ne sont gravés que sur une face) ; B : indications gnomoniques et traduction de l'épigraphie (m.l. 1 à 12 = mois lunaires : voir texte) ; C : directions extrapolées de la direction des flèches du cadran qui sont censés indiquer les repères temporels des prières.

relative de ces indications, on peut conclure que c'est la définition « orthodoxe » de Zuhur qui est utilisée ici <sup>4</sup>.

- L'indication de la Qibla sous la forme d'un mihrab très stylisé.
- Trois petits disques sur lesquels apparaissent 8 secteurs (« camemberts ») situés à des distances variables du centre.
- le nom des 12 mois lunaires du calendrier musulman. Ces noms sont schématisés sur la figure 3 par les indications « m.l.1 » à « m.l.12 » qui représentent les noms suivants :

m.l. 1 = <i>Muharram</i>	m.l. 7 = <i>Rajab</i>
m.l. 2 = <i>Safar</i>	m.l. 8 = <i>Sha'bân</i>
m.l. 3 = <i>Rabî' al-awal</i>	m.l. 9 = <i>Ramadan</i>
m.l. 4 = <i>Rabî' al-thânî</i>	m.l. 10 = <i>Shawwâl</i>
m.l. 5 = <i>Jumâdà al-Ûlâ</i>	m.l. 11 = <i>Dhû al-qa'da</i>
m.l. 6 = <i>Jumâdà al-thânîya</i>	m.l. 12 = <i>Dhû al-hijja</i>

Il existe un léger décalage entre le nom de ces mois lunaires et les chiffres de l'anneau central.

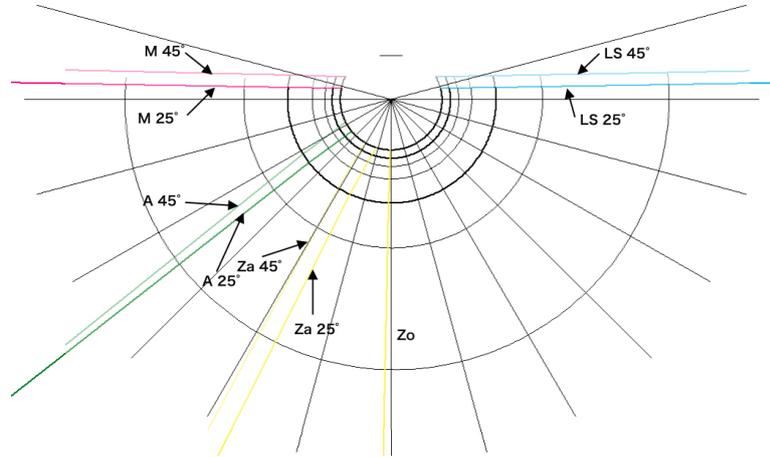
- En position extérieure, un second anneau de chiffre allant de 1 à 12 et décalé, par rapport au premier, de 4 unités.
- L'ensemble est décoré d'un motif en rosace qui admet une symétrie d'ordre 12.

## 4 Tentative d'analyse

L'analyse des éléments détaillés dans le paragraphe précédent est délicate. Comme nous le verrons, certains éléments sont clairement erronés, d'autres incompréhensibles. Seule une partie supporte une interprétation ; mais celle-ci nous conduit à admettre que des imprécisions

4. C'est-à-dire « quelques minutes après midi solaire » et non la définition andalouse « quand l'ombre d'un gnomon vertical atteint la longueur de son ombre à midi solaire plus  $\frac{1}{4}$  de sa hauteur » (voir synthèse dans [King 2014], résumé dans [Mercier 2014a])

et/ou des maladresses ont été commises par le gnomoniste. En fait, comme nous le verrons, il semble que le gnomoniste n'ait pas su, ou voulu, choisir entre réaliser un cadran équatorial ou un septentrional incliné de la co-latitude. . .



**Figure 4** – La position des lignes de prières sur un cadran septentrional incliné de la valeur de la co-latitude pour des latitudes de 25° et 45°. On constate que les tracés sont assez proches.

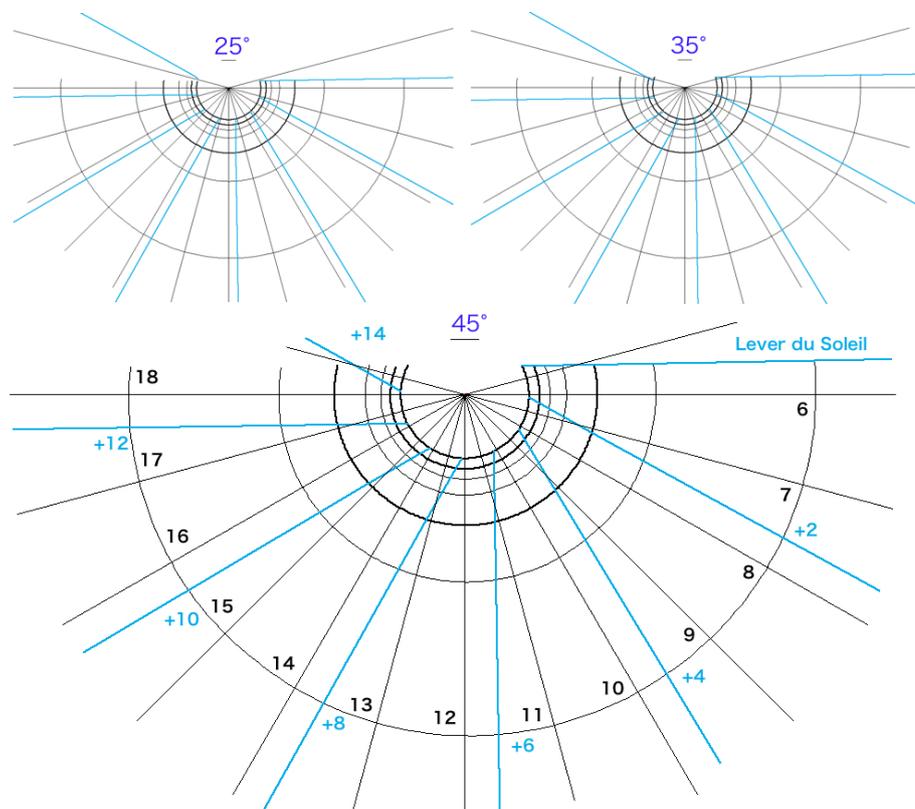
1) Il existe une analogie claire entre les courbes de prières du cadran septentrional incliné « face été » de la figure 2 page 90 et les éléments représentés en rouge sur la figure 3-B. Mais cette analogie est loin d'être parfaite :

- On note, sur le cadran, la mention, très surprenante, des prières de la nuit (*Ishâ* et *Fajr*). Il y a parfois des mentions de ces prières sur les cadrans islamiques, mais c'est toujours sous la forme de « courbes d'annonce » (exemple : *Ishâ* dans 5 heures, *Ishâ* dans 4 heures. . .) et jamais comme indication de l'instant. Ceci n'a d'ailleurs aucun sens gnomonique, car ces prières commencent toutes les deux quand le soleil est sous l'horizon, il ne peut en aucun cas, à cet instant, provoquer une ombre sur le cadran.
- Le prolongement des autres flèches du cadran (fig. 3-C) donne des droites qui n'ont pas exactement les caractéristiques prévues par la modélisation :
  - *Zuhr* ne passe pas par le centre.
  - *Asr* ne présente pas l'angle correct avec midi.
  - *Maghrib* et *LS* ne sont pas alignés.
  - *Ishâ* et *Fajr* ne devraient pas être représentés (*cf. supra*).
- Plus grave, sans doute, le fait que le gnomoniste ait choisi de ne pas représenter les lignes de prières complètes, mais de les remplacer par une flèche. Ce choix suggère que c'est la direction de l'ombre qui est significative (comme sur un cadran équatorial), alors que c'est la position de la pointe de l'ombre qui doit être utilisée (ce qui n'est pas la même chose car les lignes de prière ne sont pas des rayons).

Le dessin des cadrans équatoriaux est indépendant de la latitude, ce n'est pas le cas des cadrans avec des courbes de prière car celles-ci sont dépendantes du lieu. En théorie, le dessin des lignes de prière devrait permettre de déterminer la latitude prévue pour l'implantation du cadran. En pratique cette démarche se heurte à deux difficultés :

- Le tracé des prières est peu discriminant dans ce cas. La figure 4 montre que : même avec 20° d'écart (25 et 45° de latitude) les tracés sont très proches.

- La faible précision avec laquelle ont été dessinées les flèches qui schématisent les lignes de prière rend illusoire toute tentative de comparaison avec la modélisation



**Figure 5** – La position des heures babyloniennes composées (c.-à-d. doubles) sur un cadran septentrional incliné de la valeur de la co-latitude pour les latitudes de 25°, 35°, et 45°. On constate que l’assimilation de ces lignes à des rayons est d’autant plus juste que la latitude est faible.

2) L’anneau extérieur de chiffres pose également problème. À cet emplacement, nous sommes en droit d’attendre une échelle horaire où chaque heure correspond à un secteur angulaire de 15°. Or, c’est un secteur de 30° auquel correspond chaque chiffre. C’est-à-dire que les unités correspondraient à des « paires d’heures » (ou « heures composées<sup>5</sup> » selon l’appellation utilisée dans l’Encyclopédie de Diderot et d’Alembert<sup>6</sup>). Par ailleurs, le 0 de cette échelle horaire (c’est-à-dire le 12) coïncide avec l’indication du « Lever du Soleil ». Nous serions donc en présence d’un système horaire de type babylonien mais avec des heures composées. Mais là encore un problème se pose : l’intersection de la ligne « *LS* » avec la couronne extérieure de chiffres, n’indique le lever du Soleil qu’à une époque proche de l’équinoxe. En dehors de cette

5. Ces « heures composées » ( $1/12$  de la durée entre deux levers de Soleil) comptées à partir du lever du Soleil (babyloniennes) auraient été la règle au Proche-Orient dans l’Antiquité (Égypte, Babylone ...). Les heures temporaires ( $1/12$  de la durée du jour clair) seraient plus occidentales (notamment romaine). Nous n’avons pas trouvé de mention de l’utilisation des heures composées depuis la fin de l’Antiquité, en dehors de la Chine. Mais dans ce cas le décompte commence à 11 h du soir (la première « heure » est centrée sur minuit) [Needham et Ling, 1959].

6. Première édition (1751-1782) ; article : « Heure ».

période, la position du « 0 » (et donc du 12) est fautive, ou du moins très approximative. La figure 5 page précédente permet d'évaluer cette approximation selon 3 latitudes différentes. On y compare le tracé d'un cadran équatorial et celui d'un septentrional incliné de la co-latitude avec le système horaire particulier évoqué plus haut. On constate que le décalage entre les lignes horaires varie très fortement au cours de l'année (maximum au moment du solstice d'été), mais que le décalage global diminue fortement avec la latitude.

3) La qibla qui apparaît sur le cadran est vers le E.-N.E., ce qui est soit une nouvelle erreur, soit la signature d'une origine soudanaise ou éthiopienne au cadran ; ce qui est très peu probable vu son style décoratif.



**Figure 6** – Essai de reconstitution des hypothétiques volvelles centrales. La lumière et la flèche du disque inférieur marquent manuellement le numéro et le nom du mois lunaire en cours, et la flèche du disque supérieur marque le numéro du jour.

4) Il est très surprenant de trouver des références à un calendrier lunaire sur un cadran. La position de l'ombre du Soleil, comme de l'ombre de la Lune d'ailleurs, est totalement dé-corrélée du mois lunaire. Nous supposons donc que ces mentions de mois ne font pas partie du cadran mais relèvent d'un autre dispositif comme un calendrier perpétuel (fig. 6). Celui-ci pourrait correspondre à l'ajout, au centre du cadran, de deux volvelles qui devaient être réglée manuellement chaque jour et qui indiquaient, à l'aide de repères et/ou de lumières *ad hoc*, le mois lunaire en cours et le quantième de ce mois. C'est sur le disque supérieur que devait être fixé le style du cadran. Cette hypothèse permet, de plus, de rendre compte du diamètre important du trou central et des traces de frottement en rotation que l'on y observe.

5) Nous n'avons aucune explication concernant les « camemberts », leur signification et leur position.

## 5 Discussions et conclusions

De nombreux éléments suggèrent que l'objet étudié ici est un cadran solaire, et même, plus précisément, un cadran solaire avec des affinités « équatoriales ». En fait, nous avons

le sentiment que le gnomoniste a voulu concevoir un cadran hybride (mi-équatorial ; mi-septentrional incliné) en exploitant les avantages des deux systèmes sans se préoccuper de leurs limites et inconvénients respectifs. Le résultat est très imparfait, et la précision obtenue est bien moindre que dans les cadrans islamiques horizontaux ou verticaux. L'erreur dans ce cas peut atteindre  $\frac{3}{4}$  d'heure à 1 heure en plus et en moins ! Par ailleurs, ce cadran ne peut fonctionner que moins de 6 mois par an.

Nous n'avons pas compris la signification et le but de certains éléments gravés sur ce cadran notamment les « camemberts », mais ceux-ci peuvent être purement décoratifs. Mais quelques conclusions et début de discussions peuvent être proposés. Le cadran de Sfax est une magnifique pièce archéologique, richement et finement sculptée en bas relief. C'est aussi un instrument très intéressant sur le plan gnomonique. Il démontre qu'entre le XVII<sup>e</sup> et le XIX<sup>e</sup> siècle, un gnomoniste anonyme a voulu expérimenter et inventer un nouveau type de cadran islamique. Il s'agissait d'un cadran hybride entre un cadran équatorial (rarissime dans le monde arabo-musulman) et un cadran septentrional incliné (à priori au moins aussi rare). Un calendrier perpétuel devait compléter l'instrument. Hélas, la partie gnomonique de cette expérimentation est ratée et, au moins sur le plan de la précision des repères chronologiques des heures de prières, le résultat est bien plus mauvais que ce qui se fait à la même époque en Tunisie ou en Turquie par exemple. En voulant bénéficier des avantages des deux types de cadrans, l'auteur du cadran a surtout accumulé les inconvénients de ceux-ci. Enfin, c'est un système horaire très surprenant (heures composées babyloniennes) qui est inutilisé.

Une question historiquement importante est celle des influences à l'origine de cet essai de nouveau type de cadran islamique ; mais il est clair que nous ne disposons pas d'éléments pour répondre à cette question.



**Figure 7** – Cadran équatorial chinois (Pé-kin) daté de la première moitié de la dynastie Qing (1644-1911) [Hollenback 2004]. On remarque les deux volvelles du calendrier perpétuel central. Ici le découpage horaire est en  $\frac{1}{2}$  heures, mais dans de nombreux cadrans chinois anciens, le découpage se fait en paire d'heures [Deng 2015].

À titre anecdotique et sans vouloir suggérer la moindre filiation, signalons que les cadrans les plus proches de notre reconstitution (fig. 6 page précédente) sont des cadrans équatoriaux chinois (fig. 7) globalement contemporains du cadran étudié.

## Références

- [1] Carandell J. (1988) : *Risala fi ilm al-zilâl de Muhammad ibn al-Raqqam al-Andalusi*, 1988 Edicion, traduccion y comentario, Barcelona 1988 (323 p.).
- [2] Deng K. (2015) : « Ancient Chinese sundials », In C.L.N. Ruggles (ed.), *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, Springer Science+Business Media New York, p . 2117-2125.
- [3] Hollenback G. (2004) : *More on the qumran roundel as an equatorial sundial*, Dead Sea Discoveries 11, 3, p. 289-291.
- [4] Jarray F. & Mercier É. (2015) : *Cadrans de la Grande Mosquée al-Zaytûna*, Cadran-Info, n° 31, 16 p.
- [5] King D.A. (2014) : « In synchrony with the heavens », volume 1 : *The call of the Muezzin*, Brill edt, 930 p. (première édition : 2005).
- [6] Mercier É. (2014) : *Cadrans islamiques anciens de Tunisie*, Cadran-info, n° 29, p. 53-65.
- [7] Mercier É. (2014) : *Qibla des cadrans islamiques de Tunisie*, Cadran-info, n° 30, p. 66-72.
- [8] Needham J.N., Ling W., (1959) : « Science and civilisation in China », volume 3 : *Mathematics and Sciences of the heavens and the Earth*, 998 p., Cambridge University Press.

