

UN
NOUVEAU CADRAN SOLAIRE MUSULMAN
SYSTÈME CODDE-ARVANITAKI⁽¹⁾

PAR

G. ARVANITAKI.

M. Codde de Marseille publia en 1890, dans le *Bulletin de la Société astronomique de France*, un cadran solaire de son invention, dont j'ai pris connaissance par un article de M. D. Roguet publié dans le même *Bulletin*⁽²⁾. Cet instrument m'a fait impression par son originalité, sa simplicité et son élégance. J'ai donc essayé d'appliquer à cet instrument ma théorie de l'heure arabe⁽³⁾.

Le cadran de Codde (fig. 1) se compose d'une sphère divisée en 24 fuseaux horaires et d'un indice en forme d'une demi-couronne large et mince, que l'observateur peut faire tourner autour de l'axe de la sphère, qui reste immobile. En réalité, cette demi-couronne est un demi-méridien. Une fois l'instrument bien orienté, c'est-à-dire, son méridien de XII^h porté à coïncider avec celui du lieu, et sa latitude réglée, c'est-à-dire son axe porté à coïncider avec celui du monde, l'observateur n'a qu'à mener la couronne à coïncider avec le cercle de déclinaison du soleil. Lorsque l'ombre de la couronne sur la sphère prend le minimum de son épaisseur, il indique l'heure — en temps vrai — sur l'équateur de la sphère, où les heures sont gravées et numérotées. C'est à cet effet, que l'inventeur a donné une grande largeur à la couronne en même temps qu'une très fine épaisseur.

⁽¹⁾ Communication présentée en séance du 20 mai 1940.

⁽²⁾ *Bull. Soc. astron. de France*, Paris, avril 1890 et 1912, p. 462, fig. 203. Codde né en 1850 était un opticien à Marseille, en même temps qu'un amateur passionné d'astronomie. Il fut fondateur et président de la Soc. Astron. «Flammarion» de Marseille et jouissait d'une grande considération comme observateur consciencieux. Il mourut en 1912.

⁽³⁾ G. ARVANITAKI, *Chronométrie musulmane*, Athènes 1934. En deux parties. Ouvrage couronné par l'Académie d'Athènes.

Pour appliquer la théorie de l'heure arabe à cet ingénieux instrument, des modifications ont été inévitables.

Il a été ajouté sur le prolongement du plan de l'équateur une bande α (fig. 2) large de quelques centimètres et longue

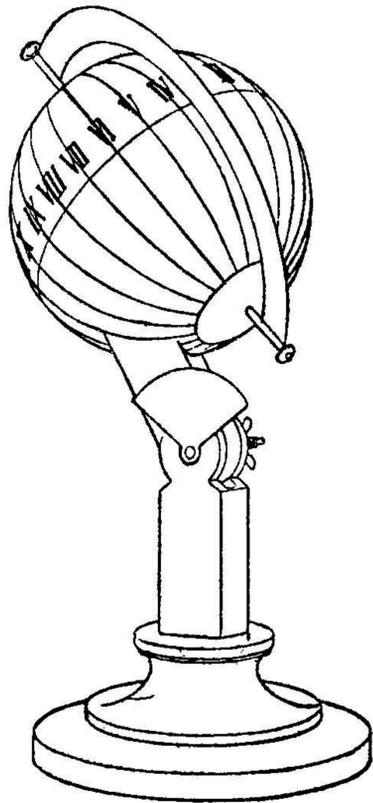


Fig. 1.

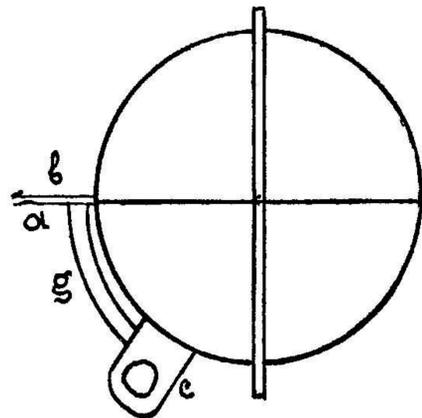


Fig. 2.

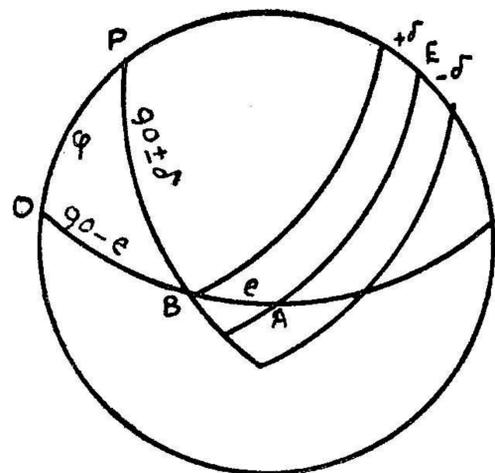


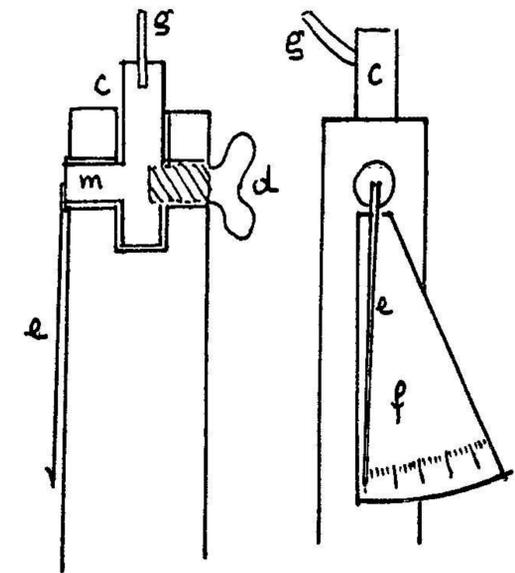
Fig. 3.

un peu plus que le double de l'amplitude du soleil couchant à la plus grande des latitudes pour lesquelles l'instrument est destiné⁽¹⁾.

⁽¹⁾ On appelle *amplitude* (fig. 3) AB l'arc de l'horizon compris entre l'équateur et le parallèle de l'astre. Elle est donnée par le triangle POB par la formule : $\sin E = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$. Comme il s'agit du soleil, dont les parallèles du jour les plus éloignés de l'Équateur sont les tropiques dont $\delta = \pm 23^\circ 38'$ et que l'instrument est destiné à l'Égypte nous avons dressé la Table I. En France on appelle *ortive* l'amplitude orientale et *occuse* l'amplitude occidentale; elles sont septentrionales pour $+\delta$ et méridionales pour $-\delta$. La formule montre que φ augmentant E augmente aussi, puisque $\cos \varphi$ diminue.

L'équateur de la sphère sépare celle-ci en deux hémisphères, dont l'un, celui du sud, est immobile, tandis que l'autre peut tourner autour de son axe d'un angle égal à la longueur de la bande α . Celle-ci porte une araignée⁽¹⁾ de divisions, dont nous parlerons bientôt, et son milieu doit coïncider, les jours des équinoxes, avec le croisement de l'équateur avec le contre-méridien de XII^h. En ce point précisément l'hémisphère boréal porte une aiguille b au prolongement du rayon de ce point et de longueur égale à la largeur de la bande α .

L'hémisphère austral est soudé, entre le pôle sud et l'équateur, mais plus près du premier, à une partie de colonne c , dont l'extrémité inférieure arrondie et percée d'un trou s'engage dans le reste de la colonne coupé en forme de π renversé (fig. 4) où il est retenu par le vis d ; c'est ce qu'on appelle en général un *genou*. Il sert à donner à l'axe de la sphère l'inclinaison



Figs. 4-5.

voulue. Ce mouvement de la sphère se fait dans le plan du méridien de XII^h et a pour but de faire coïncider l'axe de la sphère avec celui du monde.

L'extrémité de c engagée comme un coin dans le \sqsubset porte au prolongement de la vis d une proéminence m sur laquelle est fixée l'aiguille e qui se meut devant le cadran f pour le règlement de la latitude (fig. 5). Sur la pièce c aboutit la tige courbée g qui sert d'appui à la bande α (fig. 2).

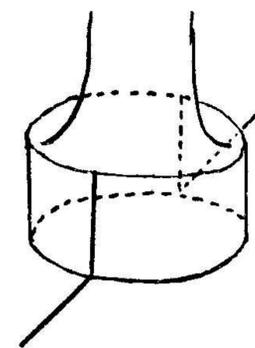


Fig. 6.

Le pied de l'instrument, qui depuis le genou est en métal massif pour être lourd, porte à sa base (fig. 6) ronde deux incisions diamétralement

⁽¹⁾ Les mathématiciens alexandrins ont appelé ainsi le réseau des lignes croisées tracées sur les cadrans solaires concaves.

opposées, qui marquent avec le centre de la sphère le plan du méridien de XII^h. Ces deux lignes gravées sur l'épaisseur de la base du pied doivent

être portées à coïncider avec la méridienne du lieu tracée sur la table ou le piédestal sur lequel on installe l'instrument.

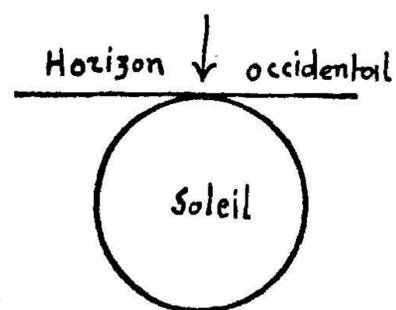


Fig. 7.

Pour justifier les modifications précitées il est nécessaire de résumer cette théorie de l'heure arabe.

Il est 12^h lorsque l'horizon occidental est supérieurement tangent au disque solaire déjà couché (fig. 7). Il s'en suit que seuls les lieux qui se trouvent à un moment donné sur le terminateur TT' de la Terre (fig. 8)

ont coucher en même temps, ou plus exactement, les lieux sis sur la moitié occidentale du terminateur ont coucher en même temps et ceux sis sur sa partie orientale ont lever du soleil en même temps ; mais tandis que les premiers ont 12^h du soir, les deuxièmes n'ont 12^h du matin, que seulement aux jours des équinoxes.

Le plan du terminateur est perpendiculaire à la ligne *cs* qui joint les centres de la Terre et du Soleil, et, comme la déclinaison δ de celui-ci oscille entre $+ 23^{\circ}28'$ et $- 23^{\circ}28'$, le plan du terminateur oscille également sur l'équatoriale AA' comme sur charnière (fig. 9).

Projetons (fig. 10) sur le plan de l'équateur terrestre quelques parallèles (V) de latitudes et quelques positions du terminateur, au moment du passage du soleil au méridien, c'est-à-dire à midi vrai. Ces positions correspondent à des valeurs déterminées de δ , ou, ce qui revient au même, à des dates déterminées de l'année, et plus précisément à deux dates.

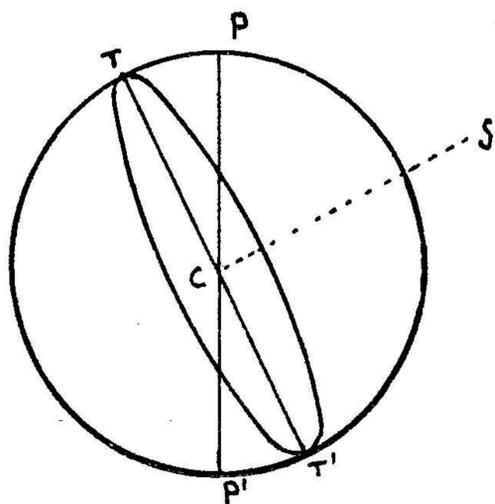


Fig. 8.

Les parallèles de latitude se projettent en circonférences concentriques à celle de l'équateur et de rayon $\cos\phi$, et les positions du terminateur se projettent en ellipses, dont l'équatoriale AA' est le grand axe commun, tandis que le petit-axe de chacune est égal à $\sin\delta$ sur la méridienne. Les points d'intersection de ces circonférences avec ces ellipses seront les projections des points d'intersection des cercles de latitude avec les positions du terminateur, points qui marquent le coucher à cette latitude et à la date de cette valeur de δ .

Si donc nous considérons (fig. 11) le plan de l'équateur terrestre comme le cadran d'une horloge européenne, qui donne le temps vrai,

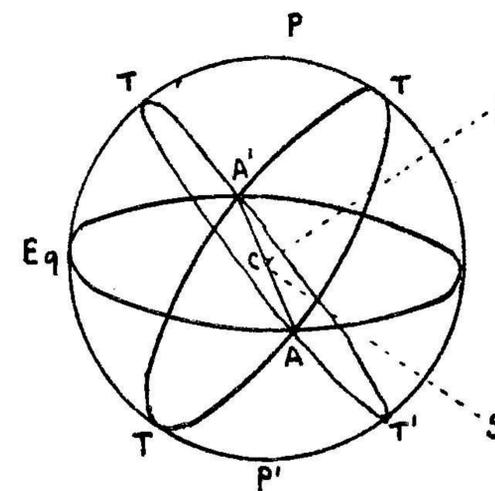


Fig. 9.

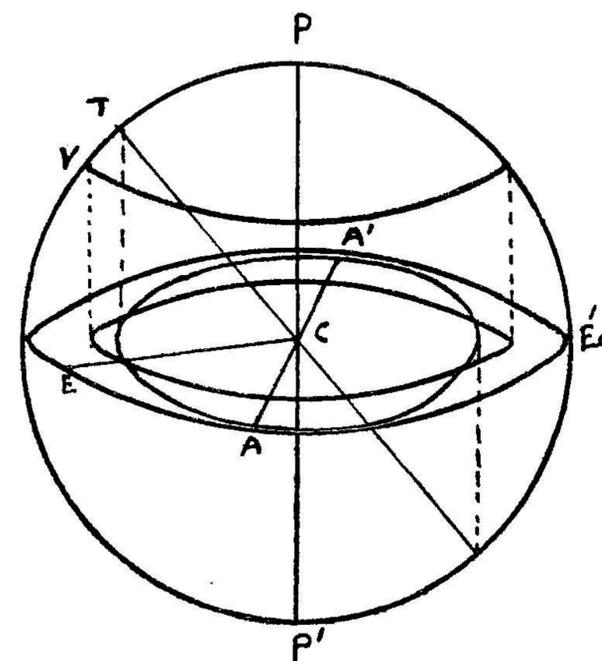


Fig. 10.

et divisé en 24 heures, la place des heures XII de midi et de minuit (ou XXIV^h) sera aux extrémités sud et nord de la méridienne, et celle des heures VI du matin et VI du soir (XVIII^h) sera aux extrémités est et ouest de l'équatoriale AA'. Les méridiens qui passent par les points d'intersection des cercles de latitude et des positions du terminateur, déterminent sur l'équateur la place de l'heure 12 arabe du coucher à l'ouest et de 12^h du matin à l'est. Au

même point de l'équateur doivent aboutir les rayons de l'équateur qui passent par les croisements de leurs projections. L'angle central C

(fig. 12) formé par la branche occidentale CA de l'équatoriale et le rayon susdit est donné par le triangle TPV', dont nous avons : TP=δ,

puisque TCP=SCI, PV'=90-φ et angle TPV'=90-C. La formule $tg\,c = tga \cos B$, donne : $tg\,d = tg\,(90-\varphi) \cos(90-C)$ d'où :

$$\sin C = \frac{tg\,\delta}{ctg\,\varphi} \dots (1)$$

A cette valeur de C il faut apporter trois corrections : 1) celle de la réfraction atmosphérique à l'horizon, qui relève l'étoile et par conséquent retarde l'instant du coucher; sa valeur est en moyenne de 33'48"; 2) celle du passage ou demi-diamètre

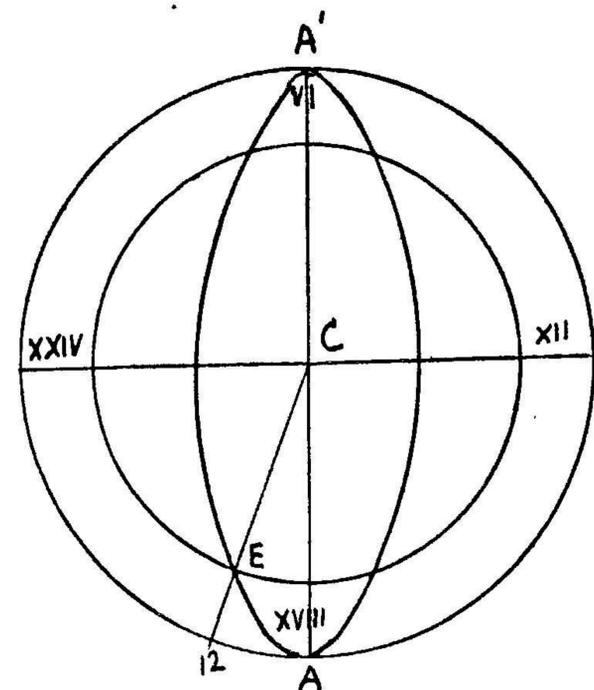


Fig. 11.

supérieur du disque solaire, car la formule qui donne le temps du

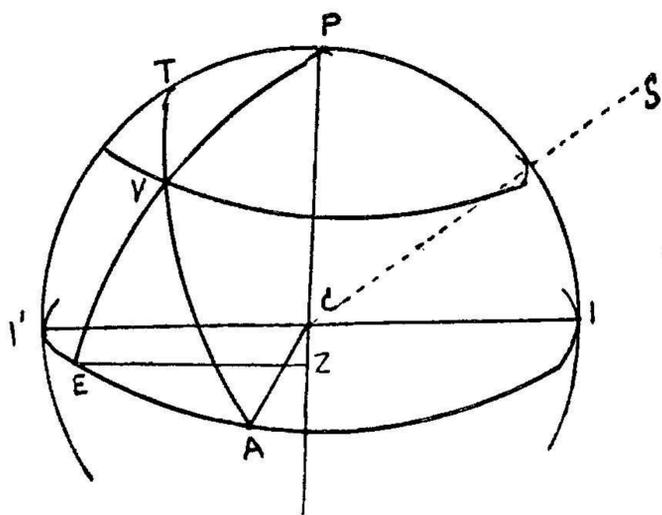


Fig. 12.

coucher se rapporte au centre du disque; sa valeur moyenne est de 15'46"; leur somme est donc de 49'34"; 3) cet arc est mesuré sur

la verticale (fig. 13) tandis que nous nous intéressons du déplacement de l'astre sur son parallèle. La valeur de ce déplacement sur l'horizon est donnée par la formule :

$$\sin E' = \frac{tg\,49'34''}{tg\,(90-\varphi)}$$

Ainsi E' représente l'ensemble des trois corrections.

Le méridien du midi ne doit pas coïncider sur les deux hémisphères, celui de l'hémisphère austral devant coïncider avec le méridien du lieu, tandis que celui de l'hémisphère boréal doit être déplacé vers l'ouest de 50' à peu près.

La Table I donne la valeur de E' pour les villes qui intéressent aux Égyptiens :

VILLES.	φ	E ⁽¹⁾	2 E	E'
Khartoum.....	15° 36' 0"	24° 4' 0"	48° 8'	14'
La Mekke.....	21 28 30	25 20 0	50 40	19
Assouan.....	24 2 0	25 51 0	51 42	22
Le Caire.....	30 4 0	27 20 30	54 41	28

La Table II donne pour les mêmes villes la valeur de l'angle C corrigé de E' qui est additive pour les valeurs positives de δ et soustractives pour ses valeurs négatives :

DATES.		+ δ	KHARTOUM.	LA MEKKE.	ASSOUAN.	LE CAIRE.
3 avr.	10 sept ...	5°	1° 38'	2° 17'	2° 36'	3° 22'
16 »	28 août ...	10	3 3	4 17	4 52	6 20
1 mai	12 » ...	15	4 41	6 22	7 13	9 13
20 »	24 juillet ..	20	6 4	8 33	9 42	12 38
21 juin		23 28'	7 12	10 9	12 31	12 2
		- δ				
6 oct.	8 mars ...	5°	1° 10	1° 39	1° 52'	2° 26'
19 »	23 fév. ...	10	1 35	3 39	4 8	5 24
3 nov.	8 » ...	15	4 3	5 44	6 29	8 27
22 »	17 janv... ..	20	5 36	7 55	8 58	11 42
22 déc.		23 28'	6 44	9 31	10 47	14 6

(1) Cf. note 1, p. 186.

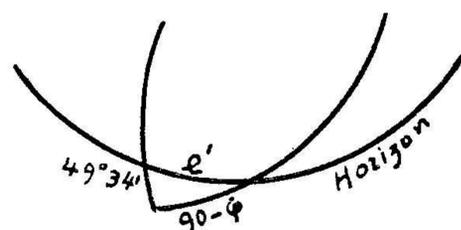


Fig. 13.

Pour tracer l'araignée sur la bande α nous portons sur elle autant d'arcs concentriques à l'équateur de l'instrument que nous comptons de villes de latitude connue à servir. Le rayon de ces arcs sera d'autant plus grand que la latitude est plus petite. La ligne de leur milieu sera le prolongement de l'équatoriale AA'. La formule (1) montre que C est indépendant du rayon de la sphère. Les valeurs de C seront portées sur chacun de ces arcs depuis l'équatoriale, à gauche (vers le nord) celles qui sont positives et à droite (vers le sud) celles négatives. Mais comme ces valeurs sont très petites l'emploi du rapporteur est incommode ; nous préférons donc nous servir de la règle et de l'équerre. A cet effet, au lieu de l'angle C nous prenons les coordonnées (fig. 12) EZ, CZ du point E, qui marque la place de 12^h arabe du coucher. On a :

$$CZ = R \cos C \text{ et } EZ = R \sin C.$$

Comme l'hémisphère austral reste immobile rien n'empêche d'avoir aussi l'heure européenne ; nous inscrivons tout près de l'équateur les heures européennes, comme elles sont inscrites sur l'ancien cadran de Codde.

G. ARVANITAKI.