BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE
de l'INGÉNIEUR ET DU PHYSICIEN

Beaucoup de Science,
mais en vue des Applications!

ASTRONOMIE
THÉORIQUE
ET
PRATIQUE

PAR

H. BOUASSE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE TOULOUSE

DEUXIÈME ÉDITION

PARIS
LIBRAIRIE DELAGRAVE
15, RUE SOUFFLOT, 15
1921

CHAPITRE V

CADRANS SOLAIRES. — CALENDRIERS

Cadrans solaires.

138. Définition. Cadrans équatoriaux et polaires.

1° — Le *cadran solaire* est un instrument donnant l'*heure vraie* par la position de l'ombre d'une tige *parallèle à l'axe du monde*. En cela il diffère du *gnomon* dont le style est vertical. La tige produit à travers la lumière solaire un mince plan d'ombre qui matérialise les cercles horaires dans lesquels se trouve successivement le Soleil. Construire un cadran solaire consiste à choisir un plan P de projection sur lequel on détermine les traces des plans horaires qui sont à 1, 2, 3, 4,... heures du méridien, c'est-à-dire qui font avec le méridien des angles de 15°, 30°, 45°..., de part et d'autre de ce plan.

Pour un angle horaire donné, la déclinaison du Soleil influe sur la longueur de l'ombre : elle ne modifie pas sa position. Le cadran solaire fournit donc (aussi exactement que le permet la netteté des ombres) l'heure solaire *vraie* pour tous les jours de l'année : il ne peut être suppléé par les horloges qui indiquent le temps moyen.

A la vérité les cadrans solaires ne donnent pas l'heure; en effet s'il est loisible de compter les angles horaires *en temps*, à raison de 15° à l'heure, la vitesse angulaire du Soleil ne restant pas absolument constante, l'ombre ne met pas toujours le même temps à balayer le même nombre de degrés.

Il est donc bien entendu que les cadrans solaires déterminent uniquement l'angle que fait avec le méridien le plan horaire dans lequel se trouve actuellement le Soleil. On énonce cet angle en temps, mais on n'oubliera pas qu'en toute rigueur ce temps demande une correction pour être pris dans le sens usuel du mot. Du reste la correction est inutile à la précision ordinaire des cadrans solaires.

2° — Cadrans équatoriaux ou équinoxiaux.

Ce sont les cadrans les plus simples : le plan de projection P est normal au style, conséquemment parallèle à l'équateur. Les droites horaires sont angulairement équidistantes; elles font des angles de 15, 30,... degrés de part et d'autre de la trace du méridien. Le cadran doit avoir deux faces; elles servent l'une ou l'autre suivant que le Soleil est dans l'hémisphère boréal ou dans l'hémisphère austral. Lors des équinoxes le cadran devient inutilisable, le Soleil n'en éclairant nettement ni l'une ni l'autre face. Comparez aux armilles, § 127.

3° — Cadrans polaires.

Le plan de projection PP est perpendiculaire au méridien et parallèle à la ligne des pôles.

Le style T, parallèle au plan PP en est à la distance δ.

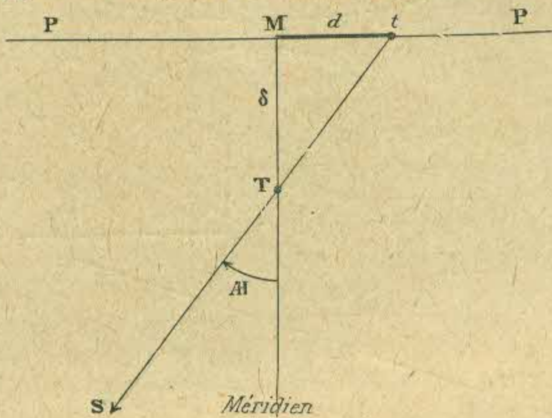

Fig. 114.

Vu la distance du Soleil à la Terre, on peut admettre qu'il tourne autour de T. Les traces t des plans horaires Tt menés par le style sont des droites parallèles.

Leur distance d à la trace M du méridien (droite de midi) est :

$$d = \delta . \operatorname{tg} Æ.$$

139. Longueur des ombres dans le cas général.

1° — Déterminer la courbe décrite journellement sur le plan P par l'ombre Q' d'un point Q du style, et ses variations au cours d'une année, est un excellent exercice qui amène le débutant à préciser ses idées.

La déclinaison pouvant être considérée comme invariable pendant un jour, les droites qui vont du point Q au centre du Soleil forment un cône de révolution dont le demi-angle au sommet est le complément de la déclinaison actuelle D. D'où résulte que la courbe diurne décrite par le point Q′ est toujours une section conique, intersection du cône par le plan P.

Elle varie d'un jour à l'autre.

Le cône se réduit à un plan aux équinoxes ($D = 0$).

2° — Cadrans équatoriaux et polaires.

Dans le cadran solaire *équatorial*, le plan P est normal à l'axe du

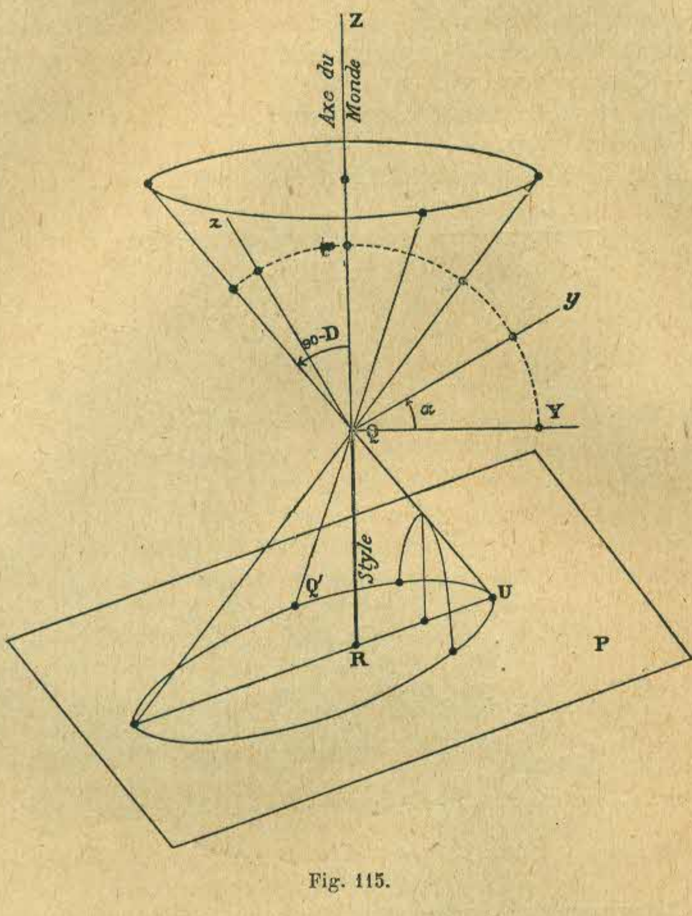

Fig. 115.

cône; la trajectoire diurne de l'ombre Q′ est un arc de cercle de rayon ρ :

$$\rho = \delta \operatorname{cotg} D ;$$

δ est la longueur $\overline{QR}$ du style (fig. 115).

ρ devient infini aux équinoxes.

Dans le cadran solaire *polaire*, le plan P est parallèle à l'axe du cône : la trajectoire diurne est une hyperbole qui se réduit à une droite horizontale aux équinoxes.

Sur le plan P prenons cette droite pour axe des x; prenons la trace du méridien $z\mathrm{O}y$ pour axe des y. Soit Δ la distance $\overline{\mathrm{QO}}$ du point Q qui porte ombre au plan P ($x\mathrm{O}y$) de projection.

On vérifie aisément que l'hyperbole a pour équation :

$$y^2 - x^2 \operatorname{tg}^2 \mathrm{D} = \operatorname{tg}^2 \mathrm{D}.$$

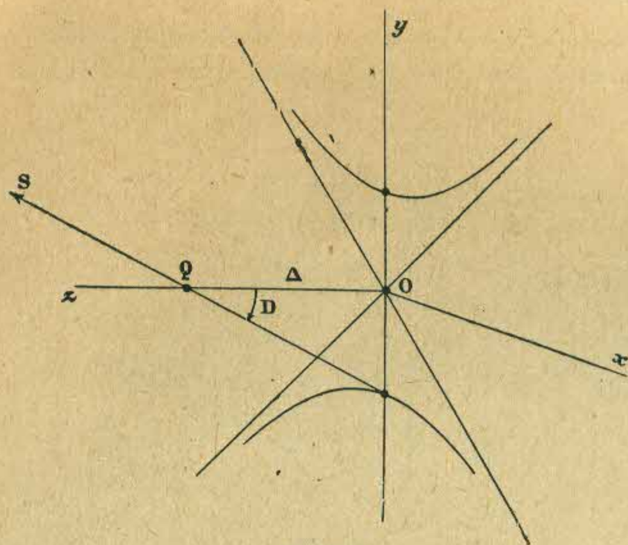

Fig. 116.

On obtient les deux branches de la même hyperbole pour $\pm$ D; l'un correspond à $+$ D, l'autre à $-$ D.

3° — Équation du cône et de ses sections planes.

Utilisons les figures 115 et 117.

Le cône d'axe QZ et de demi-angle au sommet 90 — D, a pour équation :

$$\mathrm{Y}^2 + x^2 = \operatorname{cotg}^2 \mathrm{D}.\ \mathrm{Z}^2.$$

Changeons le système d'axes YQZ en le système $y\mathrm{Q}z$ qui fait avec lui l'angle α.

On a : $\mathrm{Y} = y \cos\alpha - z \sin\alpha, \qquad \mathrm{Z} = y \sin\alpha + z \cos\alpha.$

L'équation du cône devient :

$$(y \cos\alpha - z \sin\alpha)^2 + x^2 = \operatorname{cotg}^2 \mathrm{D}\ (y \sin\alpha + z \cos\alpha)^2.$$

On veut l'intersection par un plan parallèle à $y\mathrm{Q}x'$ tel que sa distance à $y\mathrm{Q}x$ mesurée suivant l'axe du monde égale la longueur δ du style. On prend le pied R du style pour nouvelle origine des coordonnées.

Il faut poser $\overline{\mathrm{QU}} = z = -\delta \cos\alpha$, et remplacer y par $y - \delta \sin\alpha$.

L'équation de l'intersection est :

$$y^2 \cos^2\alpha + x^2 = \cot g^2 D\,(y \sin\alpha - \delta)^2.$$

Dans les cas traités ci-dessus on a :

Cadran équatorial	$\alpha = 0$,	$y^2 + x^2 = \delta^2 \cot g^2 D$.
Cadran polaire	$\alpha = 90^\circ$,	$x^2 \operatorname{tg}^2 D = (y - \delta)^2$.

Cette dernière équation représente évidemment deux droites puisque nous coupons le cône par un plan passant par son axe; pour obtenir

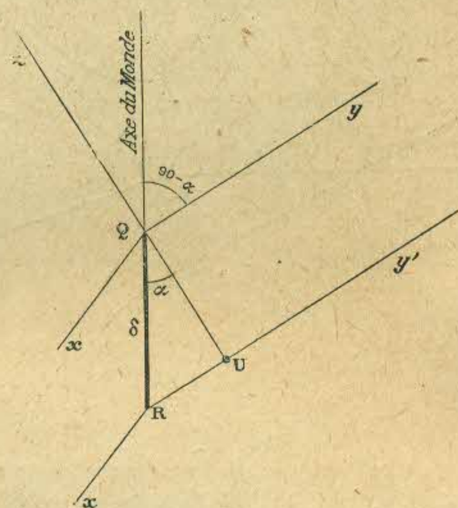

Fig. 117.

l'hyperbole convenable, il faut couper par un plan parallèle à l'axe du cône (voir plus haut). Le lecteür remarquera que les termes du second degré sont identiques dans cette équation et dans celle trouvée plus haut, ce qui est évident *a priori*.

140. Cadrans horizontaux.

1° — La figure 118 montre l'horizon, le style CS.

Le tableau est pris pour méridien.

Dans le triangle rectangle SNA, on a :

$$\operatorname{tg}\alpha = \sin\lambda .\ \operatorname{tg}Æ, \qquad (1)$$

qui donne l'angle α de la méridienne CN avec les traces CA des plans horaires, en fonction des angles horaires Æ, par suite en fonction de ce que nous appelons l'heure solaire vraie; λ est la latitude du lieu (hauteur du pôle au-dessus de l'horizon).

La formule (1) se construit aisément (fig. 119).

Sur la méridienne $\overline{CN}$, prenons deux longueurs $\overline{CN}$, $\overline{ON}$, telles qu'on ait :

$$\overline{ON} = \overline{CN}.\ \sin\lambda.$$

Joignons C et O à un point quelconque A de la perpendiculaire TNT

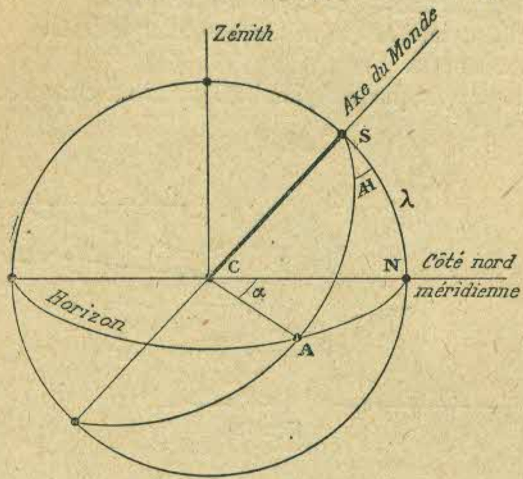

Fig. 118.

menée sur CN ; les angles α et AH sont évidemment reliés par la formule (1).

Pour trouver les droites qui correspondent aux diverses heures, on

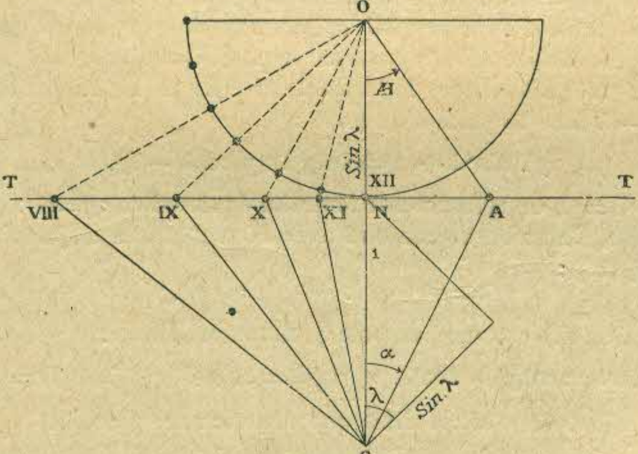

Fig. 119.

divise le cercle de centre O et de rayon $\overline{ON}$ en 24 parties, on mène les rayons correspondants, enfin on joint le point C à leurs points d'intersection avec TT.

Pour plus de solidité, on utilise parfois une lame métallique fixée normalement sur le point du cadran dans le méridien (fig. 120). L'angle λ est égal à la latitude.

2° — L'étude de la trajectoire Q′ de l'ombre d'un point Q du style nous ramène au gnomon (§ 99) : il est clair qu'elle ne dépend pas de la disection du style; elle est la même que le style soit vertical ou dirigé suivant l'axe du monde.

Nous devons couper par un plan horizontal un cône d'axe parallèle à

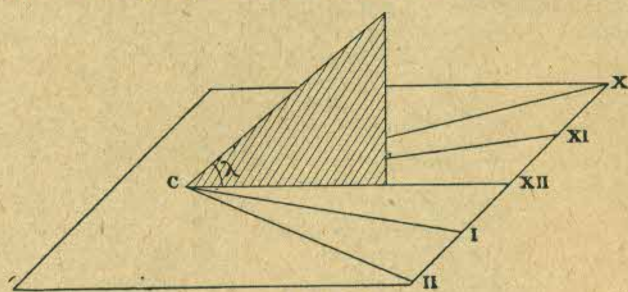

Fig. 120.

l'axe du monde et dont le demi-angle au sommet est le complément de la déclinaison.

A l'équinoxe, le cône s'évanouit en un plan : la trajectoire est une droite.

Posons $\overline{CQ} = \delta$; c'est la distance au point C du point Q dont on cherche l'ombre. Prenons CN comme axe des y; comme axe des x, prenons une horizontale passant par le point C et située dans le premier vertical. L'équation de la trajectoire diurne s'obtient en posant $\alpha = 90 - \lambda$ dans l'équation du § 139 :

$$y^2 . \sin^2 \lambda + x^2 = \cot g^2 D \,(y \cos \lambda - \delta)^2. \tag{1}$$

Pour $D = 0$, on retombe sur la droite équinoxiale : $y = \delta : \cos \lambda$.

Au pôle, l'horizon se confond avec l'équateur, la trajectoire est un cercle (§ 138) :

$$\lambda = 90°, \qquad x^2 + y^2 = \delta^2 \cot g^2 D.$$

La trajectoire est une parabole quand la condition :

$$\sin^2 \lambda = \cot g^2 D . \cos^2 \lambda, \qquad tg^2 \lambda = \cot g^2 D, \qquad \lambda_0 + D = 90°,$$

est satisfaite. Ce n'est possible que dans la zone glaciale.

Pour $\lambda < \lambda_0$, la courbe est une hyperbole; c'est une ellipse pour $\lambda > \lambda_0$.

En définitive dans les zones tempérées les arcs diurnes sont toujours des hyperboles.

A midi vrai la longueur de l'ombre est :

$$x = 0, \qquad y = \frac{\delta \cos D}{\cos(\lambda - D)} \tag{2}$$

141. Cadrans verticaux.

Je n'étudierai pas le cas général des cadrans solaires qui est de nul intérêt ; je me borne à supposer le mur de projection *vertical*, ce qui est le cas usuel.

Appelons β l'angle que fait le mur avec le méridien. On a :

$$\operatorname{cotg}\alpha . \cos\lambda = -\cos\beta . \sin\lambda + \sin\beta . \operatorname{cotg}\mathit{AH}. \qquad (2)$$

1° — Premier vertical.

Le mur se confond avec le premier vertical. On a $\beta = 90°$.

La formule (2) devient :

$$\operatorname{tg}\alpha = \cos\lambda . \operatorname{tg}\mathit{AH}. \qquad (3)$$

C'est la formule (1) où λ est remplacé par son complément (ce qui

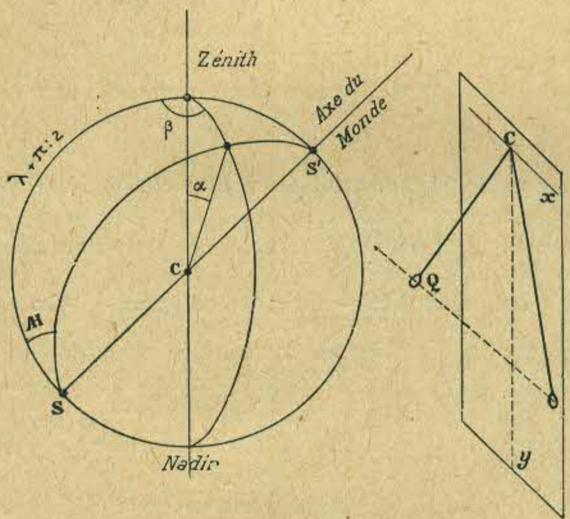

Fig. 121.

est évident *a priori*). La construction précédemment donnée peut encore servir. Les droites horaires sont symétriquement placées par rapport à la verticale (qui dans tous les cas correspond à midi).

La droite de 6 heures est horizontale.

L'heure ne peut être marquée que si le Soleil est en avant du mur, c'est-à-dire se trouve entre le premier vertical et le méridien. Il sert entre 6 heures du matin et 6 heures du soir à l'équinoxe, c'est-à-dire pendant 12 heures. Entre l'équinoxe de printemps et l'équinoxe d'été, le temps utile est plus petit ; il se réduit à 9 heures pour Paris au solstice d'été. En hiver le Soleil éclaire le mur tout le temps qu'il est au-dessus de l'horizon.

Dans les traités de *Gnomonique*, fort en honneur il y a deux siècles, les auteurs distinguent le cadran *méridional* (le mur est exposé au midi) du cadran *septentrional* (le mur est exposé au nord); un cadran n'indiquant que les premières et dernières heures du jour *en été seulement*, n'est pas d'une grande utilité.

Prenons pour axe des y, la verticale dirigée vers le bas et pour axe des x l'horizontale passant par le pied C du style.

La trajectoire de l'ombre d'un point Q au style tel que $\overline{CQ} = \delta$ s'obtient en faisant $\alpha = \lambda$ dans l'équation du § 138 :

$$y^2 \cos^2 \lambda + x^2 = \operatorname{cotg}^2 D \, (y \sin \lambda - \delta)^2.$$

La droite équinoxiale est $y = \delta : \sin \lambda$.

La longueur de l'ombre à midi est :

$$y = \frac{\delta \cos D}{\sin (\lambda - D)}.$$

Elle devient infinie pour $\lambda = D$, quand le Soleil passe au zénith du lieu d'observation.

La méridienne de temps moyen se trace comme il sera expliqué plus loin.

2° — Méridien.

Dans un second cas intéressant, le mur se confond avec le méridien : le cadran est dit *oriental* ou *occidental*.

Faisons $\beta = 0$; la formule (2) semble ne plus rien donner; elle se réduit à :

$$\operatorname{cotg} \alpha . \cos \lambda = - \sin \lambda ; \qquad \operatorname{cotg} \alpha = - \operatorname{tg} \lambda ;$$

$\mathcal{H}$ a disparu; la direction α, invariable, est parallèle à l'axe du monde. Effectivement la construction est impossible quand le style est *dans* le mur; elle redevient possible et intéressante quand le style est fixé *parallèlement* au mur, à une distance *non nulle* Δ.

Considérons le cas du cadran *oriental*.

En vertu des principes généraux, nous avons à déterminer les intersections du plan vertical P avec des plans passant par une parallèle à P.

Soit CS la projection verticale du style; c'est l'ombre du style pour six heures du matin. D'une manière générale on aura :

$$\overline{CA} = \Delta . \operatorname{tg} \mathcal{H} ;$$

l'angle horaire est compté à partir de six heures du matin.

Pour construire les droites horaires, on utilise le cercle OC du rayon $\overline{OC} = \Delta$, et dont le centre est sur la droite CS.

Même théorie pour le cadran *occidental*. Ils ne peuvent servir, le premier qu'avant midi, le second après midi; à midi l'ombre passe à l'infini. Les droites horaires sont symétriquement placées par rapport à 6 heures.

Le calcul de la trajectoire de l'ombre d'un point Q s'effectue comme pour le cadran polaire. On trouve les hyperboles :

$$y^2 - x^2 \operatorname{tg}^2 D = \Delta^2 \operatorname{tg}^2 D.$$

La droite équinoxiale est $y = 0$.

La longueur de l'ombre à six heures est $y = \Delta \operatorname{tg} D$; elle est comptée à partir de la projection du point Q sur le plan P.

3° — Dans le cas général, on dit que le cadran est *irrégulier* ou *déclinant*, *déclinant* parce que l'angle β est quelconque, *irrégulier* parce que les traits ne sont plus symétriquement distribués.

Pour déterminer les droites horaires, le plus simple est d'utiliser la formule (2), après avoir mesuré par un procédé quelconque les angles β

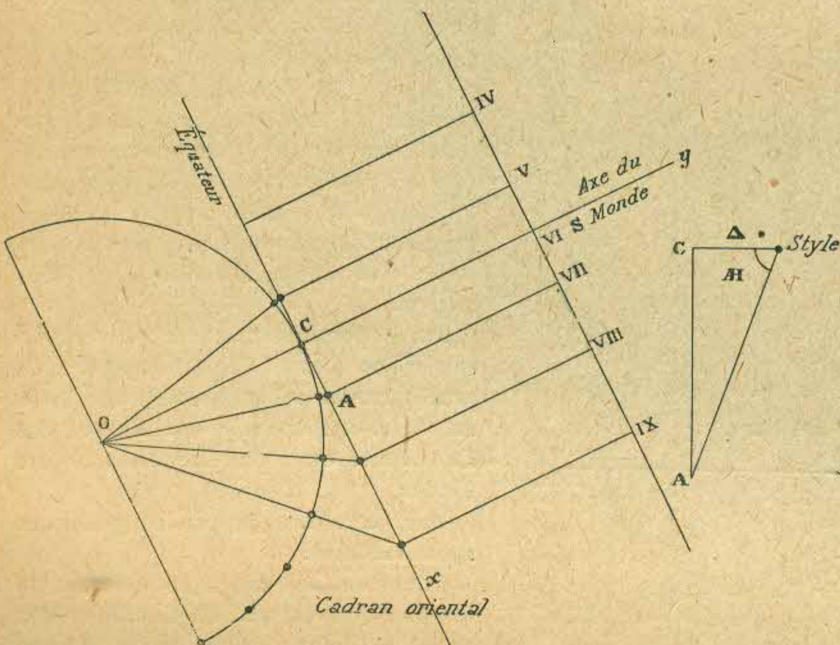

Fig. 122.

et λ. Au reste les cadrans solaires ne sont plus que des objets de curiosité d'importance pratique nulle ; *ils conservent une importance pédagogique considérable, à la condition de ne pas raser les étudiants avec des cas généraux sans intérêt éducatif.* Je souligne, parce qu'il est des principes sur lesquels on ne saurait trop insister : quoi qu'on fasse, il restera toujours une armée d'imbéciles pour les méconnaître. Ces idiots croiront superbe de raconter à leurs élèves comment Ptolémée construisait le monde, ce qui est d'un intérêt nul *pour la majorité des hommes intelligents* ; ils n'auront que mépris pour les cadrans solaires qui ne servent plus, c'est entendu, mais qui, outre leur rôle social évident pendant de longs siècles, sont un excellent exercice pour l'étudiant qui ne se complaît pas dans le bafouillage grandiloquent. Pour Dieu ! commencez donc par savoir la théorie des cadrans solaires !

Vous parlerez ensuite de l'histoire des doctrines astronomiques, si ça vous amuse! Commencez donc par le commencement; c'est de beaucoup le plus difficile.

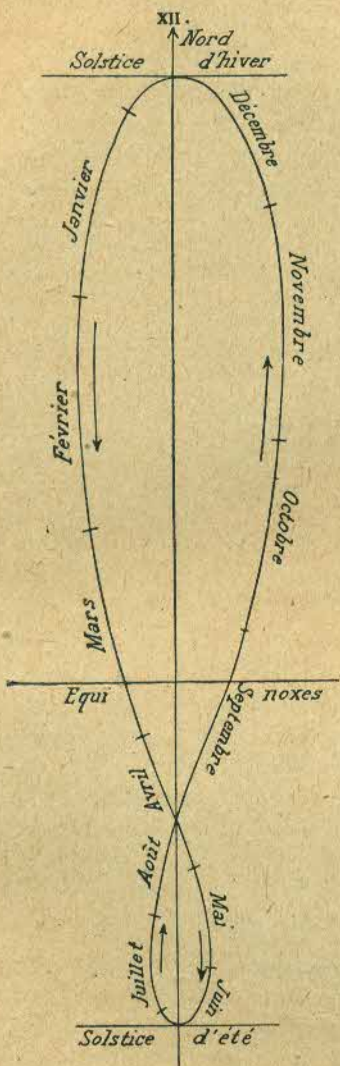

Fig. 123.

142. Méridienne de temps moyen. 1° — Nous avons déjà remarqué que le cadran solaire donne non pas les heures, mais les angles horaires; l'expression qu'*il donne le temps vrai*, n'est exacte que dans ce sens.

Il peut être avantageux de lui faire indiquer le midi moyen. On appelle *méridienne de temps moyen* la courbe lieu des positions de l'ombre d'un point tous les jours à midi moyen : le Soleil moyen passe au méridien quand l'ombre passe sur la méridienne de temps moyen.

Il n'est possible de tracer cette courbe que si l'on connaît l'équation du temps, pratiquement si l'on possède une table analogue à l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* ou à la *Connaissance des Temps.*

Mais certaines propriétés générales sont évidentes.

Dans tous les cas la méridienne de temps moyen est un huit de chiffre plus ou moins déformé. Elle coupe la trace du méridien (méridienne vraie) en quatre points pour les dates qui correspondent à l'équation nulle (16 avril, 15 juin, 1er septembre, 25 décembre).

La courbe est nécessairement tangente aux courbes diurnes qui correspondent aux solstices.

Le point double du 8 correspond à deux dates pour lesquelles la déclinaison est la même et simultanément l'équation; cela arrive un peu avant le 16 avril et le 1er septembre. Le point double n'est donc pas exactement sur la méridienne vraie; mais il s'en faut de si peu qu'on l'y place généralement.

La méridienne de temps moyen n'est pas symétrique par rapport à la méridienne vraie, même dans les cas les plus simples.

On se rappellera que :

du 16 avril au 15 juin	le Soleil vrai avance sur le Soleil moyen.		
du 15 juin au 1er septembre	—	retarde	—
du 1er septembre au 25 décembre	—	avance	—
du 25 décembre au 16 avril	—	retarde	—

On vérifie immédiatement que :

du 16 avril au 15 juin	la M de TM est à droite de la MV.		
du 15 juin au 1er septembre	—	à gauche	—
du 1er septembre au 25 décembre	—	à droite	—
du 25 décembre au 16 avril	—	à gauche	—

Les généralités posées, pour ne pas faire de géométrie inutile, je me

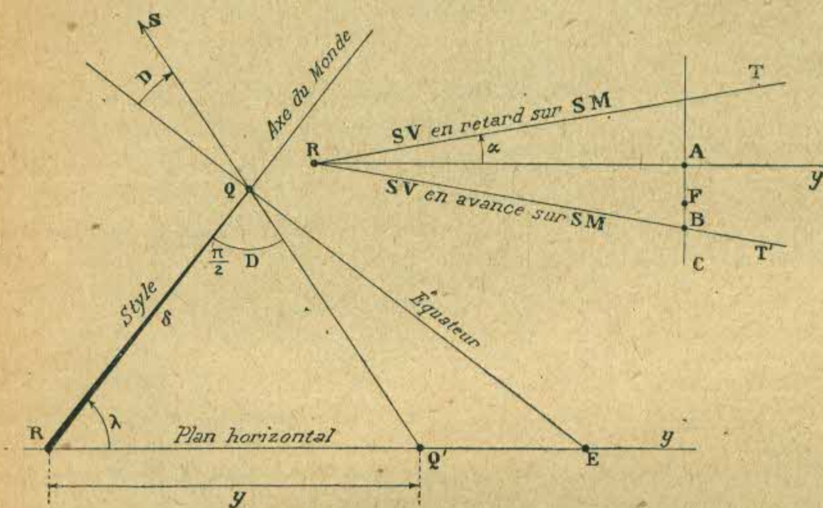

Fig. 124.

borne à quelques précisions dans le cas du cadran horizontal (*gnomon*) et du cadran vertical dont le plan de projection est le premier vertical normal au méridien.

2° — Considérons le cas d'un gnomon de style incliné.

Traçons la méridienne vraie Ry. Pour une déclinaison D, la longueur y de l'ombre à midi vrai est donnée par la formule (établie au § 140, mais évidente sur la figure 124) :

$$y = \frac{\delta \cos D}{\cos(\lambda - D)}. \qquad (1)$$

λ est la latitude du lieu. D est la déclinaison solaire, δ est la longueur du style.

Prenons dans la *Connaissance des Temps* les déclinaisons à midi vrai, par exemple pour les 1 et les 15 de chaque mois.

Calculons les y correspondants.

Menons par les points ainsi déterminés les perpendiculaires AC à la méridienne vraie Ry. Elles représentent les trajectoires de l'ombre du point Q *au voisinage du midi vrai*. Il est inutile de les prolonger guère au delà des droites T, T′, du plan horizontal, issues du point R, qui correspondent à $11^h 45^m$ et $12^h 15^m$.

L'angle α quelles font avec Ry, est donné par la formule :

$$\operatorname{tg}\alpha = \sin\lambda \,.\, \operatorname{tg}\mathcal{H}, \qquad \text{pour } \mathcal{H} = 15 \text{ minutes} = 3^\circ\,45'.$$

Pour aller plus loin, reportons-nous à la table de la *Connaissance des Temps* intitulé *Temps vrai à midi moyen*. Pour la date à laquelle correspond la droite AC, portons dans le sens convenable une longueur $\overline{AF}$ qui soit à $\overline{AB}$ comme l'avance du Soleil vrai sur le Soleil moyen est à 15 minutes. Par commodité on transformera cette avance en secondes ; 15 minutes valent 900 secondes.

Par exemple, le 15 novembre 1915 à midi vrai la déclinaison est australe et égale à $18^\circ\,17'$. Le Soleil vrai est en avance sur le Soleil moyen de $15^m 28^s = 928^s$. Soit AC la droite telle que $\overline{RA} = y$ soit la longueur de l'ombre pour la déclinaison choisie ; soit RT′ la droite qui correspond à $12^h 15^m$ vrai. Le point F est placé du côté indiqué, mais au delà du point B, de manière qu'on ait :

$$\overline{AF} : \overline{AB} = 928 : 900.$$

Dans la figure l'angle α est très exagéré.

Pour tracer la méridienne de temps moyen, on recommencera le travail pour un nombre suffisant de points qu'on joindra par un trait continu.

Les opérations sont les mêmes pour le cadran dont le plan de projection est le premier vertical, à la différence que les formules sont :

$$\operatorname{tg}\alpha = \cos\lambda \,.\, \operatorname{tg}\mathcal{H}, \qquad y = \frac{\delta \cos D}{\sin(\lambda - D)}.$$

La figure 123 purement schématique montre l'aspect d'une méridienne de temps moyen horizontale.

143. Précision des indications des cadrans solaires.

Le cadran fournit l'angle horaire *apparent*, c'est-à-dire non corrigé de la réfraction. Pour un jour donné les temps qui s'écoulent entre les passages de l'ombre d'un trait au suivant, ne sont pas absolument égaux de ce chef : mais l'erreur est toujours négligeable à l'approximation des mesures.

D'un jour à l'autre le temps qui s'écoule entre le passage de l'ombre sur deux traits horaires consécutifs, ne reste pas absolument invariable en raison de la variation de la longueur du jour vrai. Mais la différence entre les jours vrais extrêmes étant d'une cinquantaine de secondes de temps moyen, la différence des temps qui correspondent à la variation de 15° de l'angle horaire (heures vraies), est de l'ordre de 2 secondes au maximum. Deux secondes, un 1 800 centième de l'heure, sont une quantité absolument inappréciable au cadran solaire.

Dans les cadrans les plus précis, on termine le style par une plaque métallique percée d'un trou circulaire. L'indicateur est la tache lumineuse formée par les rayons qui traversent le trou. Les droites horaires passent par la trace, sur le plan de projection, d'une parallèle à l'axe du monde menée par le centre du trou. Il n'est plus alors indispensable que la tige de suspension matérialise l'axe du monde : la plaque peut être supportée par un système de tiges quelconques. On détermine l'heure en regardant sur quelle droite horaire se trouve le centre de la tache lumineuse sensiblement elliptique que forment les rayons admis par le trou.

144. Cadran cylindrique par les hauteurs.

Ce petit appareil est amusant et instructif.

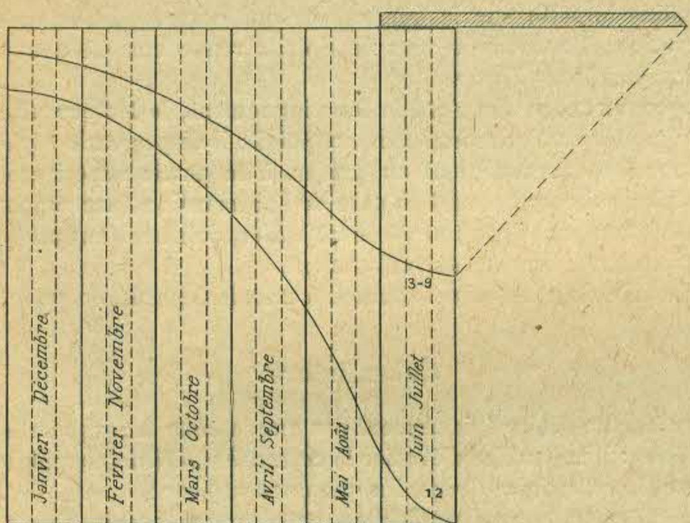

Fig. 125.

La distance zénithale du Soleil se calcule par la formule (§ 12) :

$$\cos z = \sin\lambda . \sin D + \cos\lambda . \cos D . \cos \mathcal{H}.$$

Pour un lieu donné, pour un jour de date donnée (c'est-à-dire pratiquement pour une déclinaison donnée), la relation entre z et $\mathcal{H}$ est de la forme :

$$\cos z = a + b \cos \mathcal{H}.$$

La longueur h de l'ombre d'un style horizontal de longueur δ est donnée par la formule : $h = \delta \operatorname{cotg} z$.

Pour un lieu et un jour donnés, nous pouvons donc calculer d'heure en heure la longueur de l'ombre. Réciproquement mesurant l'ombre, nous avons l'heure.

Ceci posé, choisissons un certain angle horaire $\mathcal{H}$, prenons pour variable la déclinaison D, ou ce qui revient au même (grâce à un changement de variable) le nombre de jours qui séparent le jour considéré du solstice d'été (ou d'hiver). Nous pouvons calculer en fonction de ce nombre la longueur de l'ombre du style.

Le résultat des calculs pour divers angles horaires $\mathcal{H}$ se représente par des courbes telles que celles de la figure 125. Elles ne sont valables que pour la latitude λ choisie.

La courbe de 3 heures après midi est identique à la courbe de 9 heures du matin.

Collons le graphique obtenu sur un cylindre de bois ou de métal, normalement à l'axe duquel tourne le style. Quand le cylindre est librement suspendu, ses génératrices sont verticales; le style est horizontal.

Amenons le style sur la génératrice qui correspond à la date de l'observation. Tournons-le vers le Soleil; regardons où aboutit son ombre : nous lisons l'heure.

Pour comprendre aisément le fonctionnement, le lecteur placera le plan du papier verticalement face au Soleil; il disposera le style horizontalement et normalement au papier, à la partie supérieure de la génératrice qui correspond à la date de l'observation (par rapport à la figure, le style aura donc tourné de 90°). L'enroulement sur un cylindre n'est que pour diminuer l'encombrement.

Je conseille de construire l'appareil à grande échelle.

Calendriers.

Le lecteur ne désire évidemment pas que je fasse la revue de tous les calendriers : il me suffira d'étudier le *calendrier Julien* qu'emploient les Russes et le *calendrier Grégorien* que nous utilisons.

Pour éviter toute ambiguïté, il est entendu que la date d'un phénomène *avance* lorsqu'elle passe, par exemple, du 20 au 19 mars; elle *recule* quand elle passe du 20 au 21 mars.

145. Calendrier Julien.

Nous admettons les propositions suivantes :

a) il est avantageux que l'année civile soit d'un nombre entier de jours;

b) il est avantageux que les phénomènes astronomiques relatifs aux saisons se reproduisent aux mêmes dates;