

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES.

LA CONSTRUCTION
DES
CADRANS SOLAIRES

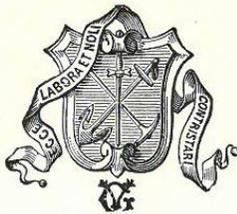
(SES PRINCIPES, SA PRATIQUE),

PRÉCÉDÉE D'UNE HISTOIRE DE LA GNOMONIQUE,

PAR

ABEL SOUCHON,

MEMBRE ADJOINT DU BUREAU DES LONGITUDES.



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

—
1905

(Tous droits réservés.)

A LA MÉMOIRE DE MON REGRETTÉ AMI

M. F. MORIS,

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES,
INGÉNIEUR EN CHEF DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER
PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE,
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR, ETC.

Pieux souvenir!

PRÉFACE.

On trouvera, dans cet Opuscule, un exposé simple et nouveau des principes qui servent de base à la construction des cadrans solaires et tous les préceptes qui se rapportent à la pratique de la Gnomonique graphique. En le composant, nous avons cherché surtout à allier la clarté à la concision.

La méthode que nous développons est générale ; elle s'applique à tous les cadrans solaires, quelles que soient leur forme et leur situation par rapport au plan méridien du lieu (1). Cette méthode découle d'un principe unique et fondamental que nous énonçons au début même de notre exposition.

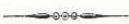
(1) Toute la Gnomonique repose sur la solution de ce problème général : Déterminer les intersections des *cercles horaires* avec une surface donnée (ρ), plane ou courbe. Cette surface est celle du *cadran*.

Nous avons ajouté, comme nous venons de le dire, aux principes généraux de la Gnomonique, des préceptes pratiques que l'on fera bien d'adopter. Ces préceptes ou ces règles résultent d'essais multiples et sont ainsi vérifiés par l'expérience et consacrés par la pratique.

Notre petit Livre est précédé d'une Histoire de la Gnomonique que nous nous sommes efforcé de rendre aussi complète que possible. Nous pensons que ce sujet, qui n'a jamais été traité, pourra intéresser vivement les gnomonistes et surtout les astronomes.

Nous tenons, en terminant, à remercier notre savant éditeur, M. Gauthier-Villars, des soins qu'il a donnés à l'exécution typographique de notre Ouvrage. Cette exécution est parfaite.

A. S.



LA CONSTRUCTION DES CADRANS SOLAIRES.

HISTOIRE DE LA GNOMONIQUE.

I.

Des cadrans solaires anciens.

Les cadrans solaires furent connus, de temps immémorial, des Babyloniens, des Égyptiens et même des Hébreux : témoin le cadran d'Achaz qui remonte au moins à l'an 750 avant notre ère. Il en est parlé au *Livre d'Isaïe* (Chap. XXXVIII, verset 8) (1).

(1) Voici le passage d'Isaïe qui se rapporte au cadran dont nous parlons :

« Ezéchias, roi de Judée, étant tombé gravement malade, adressa sa prière au Seigneur. Alors le Seigneur parla à Isaïe et lui dit : « Va, dis à Ezéchias que je le délivrerai de la puissance du roi des Assyriens ; j'en délivrerai aussi cette ville (Jérusalem) et je la protégerai (verset 8) » et Isaïe, parlant à Ezéchias, ajouta : « Voici le signe que le Seigneur te donnera pour t'assurer qu'il accomplira ce qu'il a dit : Je ferai que l'ombre du Soleil, qui est

Ainsi, sous le règne d'Achaz, il existait déjà à Jérusalem un cadran solaire, qui indiquait par l'ombre d'un style la marche du Soleil. On ne connaît pas l'endroit où ce cadran était placé ; on ne sait pas non plus à qui on doit en attribuer l'invention. On croit que les Hébreux tenaient ce cadran des Babyloniens, ce qui semblerait prouver que ce peuple est le premier qui ait connu l'usage des cadrans solaires.

Les Égyptiens n'avaient qu'une connaissance bien imparfaite de ces sortes d'instruments. Plutarque, dans le *Livre des Oracles* (§ 3), dit, cependant, que les astronomes égyptiens mesuraient la hauteur du pôle au moyen d'une tablette, faisant un angle aigu avec un plan horizontal (1). Il paraîtrait surprenant, en effet, que l'Égypte, ce berceau de l'Astronomie, n'ait pas connu l'usage des cadrans solaires.

descendue de dix degrés sur le *cadran d'Achaz*, retournera de dix degrés en arrière. Et le Soleil remonta des dix degrés par lesquels il était déjà descendu. » (*Bible* de Le Maistre de Sacy, traduite sur la Vulgate, version latine de saint Jérôme, prêtre et docteur de l'Église.)

Comme on le voit, on ne peut guère douter de l'authenticité de ce cadran ou horloge d'Achaz. Quant au fait si miraculeux de la rétrogradation de l'ombre du Soleil, on ne pourrait l'expliquer que par une sorte de *parhélie*, mais comme ce phénomène ne peut être prédit à l'avance, pas plus que le passage d'un nuage sur le disque du Soleil, on comprend que, si le fait rapporté par la Bible est vrai, et il y a tout lieu de le croire, il a dû certainement y avoir supercherie dans la manière de placer ou d'orienter ce cadran.

(1) On reconnaît ici le cadran *équatorial* ou *équinoxial* dont l'usage est si général qu'on peut s'en servir pour tracer tous les autres cadrans.

Nous venons de dire que l'invention des cadrans solaires remonte à la plus haute antiquité. Selon Pline l'ancien, il faudrait attribuer cette invention à Anaximène (de Milet), philosophe grec et disciple d'Anaximandre, qui vivait vers l'an 580 avant J.-C. Suivant Diogène de Laërce, c'est à Anaximandre même qu'il faut en faire honneur.

Le premier cadran solaire construit par Anaximène fut érigé sur une des places publiques de Lacédémone. Tous les Grecs furent émerveillés de voir l'ombre d'un style marquer avec régularité les mouvements du Soleil. Ce cadran d'Anaximène était vraisemblablement un cadran horizontal.

Vitruve nous a fait connaître plusieurs cadrans solaires construits par les anciens : le *scaphé*, imaginé par Aristarque (de Samos) et qui était tracé sur la surface d'un hémisphère creux ; le *pelecinon*, qui avait la forme d'une hache ; on en attribue l'invention à Patrocle, etc. Viennent ensuite le *cône*, le *carquois* et une foule d'autres cadrans qui étaient certainement plus curieux qu'utiles. Vitruve ne décrit aucun de ces cadrans antiques, encore moins entre-t-il dans les détails de leur construction.

Les Romains ne connurent les cadrans solaires que fort tard. Suivant Pline, c'est 300 ans environ avant notre ère que le premier cadran solaire fut apporté à Rome. Il avait été tracé par les soins de Papirius Cursor et placé, selon quelques-uns, au temple de Quirinus ou non loin de ce temple ; suivant d'autres, dans le Capitole ou près du temple de Diane sur le

mont Aventin, l'une des sept collines de Rome. Ce cadran était très défectueux; il ne marquait pas l'heure véritable. Quelque temps après, un certain Valérius Messala, consul romain, rapporta de Catania, en Sicile, un cadran solaire qui ne put servir à Rome, parce qu'il avait été construit pour la latitude de Catane, qui diffère de celle de Rome de $4^{\circ}28'$ environ (1). On s'en servit néanmoins pendant près d'un siècle. Il fut remplacé par un autre cadran que Marcius Philippus fit construire pour la latitude même de Rome.

A partir de ce moment, la science de la Gnomonique fut fort en honneur chez les Romains. On plaça des cadrans solaires un peu partout, sur les façades des maisons ou des villas, sur celles des monuments publics et même sur les façades des temples. On en fit aussi de toutes les formes et de toutes les dimensions.

Les Romains firent usage pendant longtemps des *cadrans portatifs*. Mais il est certain que les Grecs les connurent avant eux (2). Nous n'en ferons pas ici une longue énumération. Mentionnons cependant le cadran que l'on trouva, en 1746, à Frascati (an-

(1) Valérius Messala s'était emparé de ce cadran, lors de la première guerre punique, qui eut lieu, comme on sait, entre les Romains et les Carthaginois (264-241). Ce consul le fit placer sur un pilier, près de la tribune aux harangues.

(2) Les Romains durent aux Grecs les premières notions de Gnomonique qu'ils possédaient; ceux-ci, à leur tour, tenaient leurs connaissances astronomiques des Égyptiens et des Chaldéens.

cienne *Tusculum*), qui se trouve à quelques lieues seulement de Rome. C'était un cadran en demi-cercle creux ou hémicycle, assez semblable à celui qu'avait imaginé Bérose de Chaldée (IV^e siècle avant J.-C.). Peu de temps après, en 1755, on découvrit à Portici, près des ruines d'Herculanum, un petit cadran portatif, tout en cuivre doré, de forme bi-convexe, assez aplati, et qui allait en s'amincissant vers le haut. Sur l'une de ses faces, sillonnée de sinuosités, était placé un style dentelé dont la longueur était à peu près égale au quart du diamètre de ce cadran. La surface supérieure, du moins celle que l'on peut regarder comme telle, était revêtue d'une couche d'argent et c'est là qu'était placé le style. Ce cadran était divisé par douze lignes parallèles qui formaient autant de petits espaces carrés un peu creux. Les six derniers carrés contenaient les lettres initiales du nom de chaque mois. La disposition de ces lettres était assez remarquable, en ce sens qu'elles allaient alternativement de droite à gauche et de gauche à droite. Les différentes heures du jour étaient indiquées par des lignes courbes qui coupaient les perpendiculaires, à peu près comme dans les cadrans cylindriques. Pour se servir de ce cadran, il fallait nécessairement prendre des précautions particulières qui devaient en rendre l'usage assez incommode. Ce cadran est l'un des plus curieux qui nous soient parvenus.

Vers la même époque, et à peu près dans la même contrée, on trouva deux autres cadrans de marbre antique que l'on plaça à Rome dans le Vatican même.

L'un de ces cadrans avait été apporté d'Égypte par les Romains. Il se rapportait à la latitude de Memphis (30° environ) et n'aurait pu, par conséquent, servir que pour cette dernière ville (1).

A la renaissance de l'Astronomie, c'est-à-dire vers le commencement du xvi^e siècle, l'art ou la science de la Gnomonique fut remise en vigueur et reçut de nouveaux accroissements. Les mathématiciens et les astronomes de tous les pays s'appliquèrent à rechercher les règles de cette science et à les mettre en pratique. Ces mathématiciens sont : Bède, Clavius, Salomon de Caus, ingénieur français, Welperus, Sturminus et, à une époque plus rapprochée de nous, de la Hire, Rivard, Déparcieux, dom Bedos, le P. de Challes, Ozanam, Wolf et une foule d'autres auteurs dont on trouvera les noms et la liste de leurs ouvrages dans la *Bibliographie générale de l'Astronomie*, tome I, 1^{re} et 2^e parties, publiée par Houzeau et Lancaster, astronomes de l'Observatoire royal de Bruxelles. Cet ouvrage a paru en 1887 et 1889; c'est une œuvre considérable destinée à rendre les plus grands services aux astronomes et aux mathématiciens.

Bède, savant anglais qui vivait vers le milieu du xvii^e siècle, passe pour être le premier qui ait écrit sur la Gnomonique, mais les explications qu'il donne sur la construction des cadrans solaires sont loin d'être toujours intelligibles.

(1) Ancienne capitale de l'Égypte dont les ruines sont à quelque distance du Caire.

Depuis cette époque, la science de la Gnomonique a fait de nombreux et rapides progrès. Des principes généraux servant de fondement à toutes les constructions ont été établis, et l'on s'est si bien assimilé les principes de cette science que, de nos jours, leur application ne présente plus aucune difficulté. On est parvenu à construire des cadrans solaires sur les surfaces les plus irrégulières. On en a tracé sur des plans situés d'une manière quelconque, sur des sphères, sur des cylindres creux ou convexes, etc. Ces derniers cadrans, par la simplicité de leur construction et la disposition de leur forme, étaient les plus répandus.

Le plus ancien des cadrans de cette sorte, est celui que traça le P. Kircher, bénédictin, sur la surface d'un cylindre perpendiculaire à l'horizon. Ce cadran avait trois styles égaux. Le P. Quenet, jugeant avec raison que cette réunion de styles était embarrassante, reforma la disposition de ce cadran et remplaça ces trois styles par un cercle métallique environnant le cylindre et qui était placé à l'extrémité du cadran, c'est-à-dire au haut du cylindre. L'idée était assez ingénieuse, car ce cercle métallique pouvait tenir lieu, en effet, d'une infinité de styles. L'heure, sur ce cadran, était donnée par l'intersection de l'ombre du cylindre sur lui-même qui est toujours une ligne droite perpendiculaire à l'horizon avec l'ombre du cercle métallique, qui est toujours une ligne courbe. Le P. Quenet fit élever ce petit monument gnomonique dans le jardin des Pères

bénédictins de l'abbaye de Saint-Germain des Prés où on pouvait le voir, il n'y a pas bien longtemps encore. Le P. Kircher en a donné la description dans ses *Principia gnomonica*; in-4°, Avignon.

On doit encore à ce savant religieux l'invention des cadrans solaires qui marquent l'heure par le moyen d'un rayon lumineux, réfléchi par un miroir plan sur le plafond ou les murs d'une salle obscure. On les a appelés *cadrans par réflexion*. Le cadran réfléchissant doit, nécessairement, être horizontal et avoir toutes ses lignes horaires dans une situation renversée, c'est-à-dire contraire à celle qu'elle a dans les cadrans horizontaux ordinaires. On a encore imaginé des *cadrans nocturnes* ou *lunaires*, mais ces cadrans, comme bien d'autres, sont plus curieux et récréatifs qu'utiles.

En 1764, on voyait, sur la colonne de l'ancien hôtel de Soissons (1), un autre cadran cylindrique assez semblable à celui du P. Kircher dont nous venons de donner la description. C'est Pingré, de l'Académie des Sciences, qui en avait donné le tracé d'après la forme et les dimensions de la colonne. Cette colonne avait 26^m de haut et le diamètre de la circonférence de cercle qui servait de base au cylindre était de 3^m, 12. Le cadran qu'il s'agissait d'y tracer devait donc être un cadran de grandes dimensions.

Pour le construire, on choisit, au haut de la

(1) Cet hôtel fut bâti en 1573 par Catherine de Médicis. La ville, en ayant acquis plus tard le terrain, le fit démolir et y plaça la halle aux blés.

colonne, un espace libre de 9 pieds, que l'on rendit cylindrique en remplissant les cannelures qui s'y trouvaient taillées en creux. A la partie supérieure de ce tambour, et sur la face méridionale, était placé un cercle de fer horizontal sur lequel étaient fixés 15 styles égaux de 1^m,44 de longueur environ (1). Les diverses lignes horaires qui s'y trouvaient tracées étaient représentées par des ellipses plus ou moins allongées, qui s'enroulaient autour du cylindre pour aller se réunir en un point qui est celui où l'axe du monde perce la surface cylindrique du cadran. Chacun des styles, en couvrant de son ombre ces *ellipses horaires*, marquait sur le cadran les différentes heures du jour. Quant à la méridienne, elle se confondait naturellement avec une des génératrices du cylindre, comme cela a toujours lieu dans les cadrans de cette sorte.

On trouve une description complète du cadran construit par Pingré, dans l'Ouvrage que cet excellent astronome publia en 1764, sous le titre de : *Mémoire sur le cadran de la colonne de la halle aux blés.*

II.

Des gnomons astronomiques.

Le mot grec *gnomon*, d'où est dérivé celui de *gnomonique*, signifie *indicateur* parce que la partie

(1) Cette multiplicité de styles était une complication assez gênante, qui devait nuire beaucoup à la précision du cadran.

quadrangulaire, qui termine ordinairement le faite ou le sommet de ces instruments, indique la longueur de l'ombre projetée par le Soleil et, par suite, fait connaître la hauteur de cet astre (1).

(1) La hauteur du Soleil est l'élévation de cet astre, lorsqu'il passe au méridien du lieu. Il est facile de déterminer, au moyen du gnomon, cette élévation, ainsi que celle qui se rapporte aux équinoxes et aux solstices.

La déclinaison du Soleil variant chaque jour, il en résulte que cet astre n'a pas la même hauteur lorsqu'il passe au méridien. Il atteint son maximum d'élévation au solstice d'été, et son minimum au solstice d'hiver. Dans le premier cas, les ombres projetées sur la méridienne sont les plus courtes; dans le second cas, elles sont, au contraire, les plus longues.

Cela posé, soit ba (*Pl. I, fig. 1*) un gnomon ou style quelconque élevé verticalement sur la méridienne mb du lieu; soient sh le rayon solaire au solstice d'hiver, et bh son ombre qui est alors la plus grande. En résolvant le triangle rectangle abh dont les deux côtés de l'angle droit ab et bh sont connus, on trouvera facilement l'angle h qui est la hauteur méridienne du Soleil au solstice d'hiver. De même le triangle rectangle abc fera connaître l'angle c , qui exprime la hauteur du Soleil au solstice d'été. Supposons maintenant que, par le point a , on mène la bissectrice ax de l'angle eah et que par cette ligne on fasse passer un plan perpendiculaire au méridien. Il en résultera les définitions suivantes :

L'ombre bx sera celle du Soleil aux équinoxes;
L'angle axb sera l'inclinaison de l'équateur sur l'horizon;
Et quant aux angles bax et cax , ils représenteront respectivement la hauteur du pôle et l'obliquité de l'écliptique.

On doit à Pythéas de Marseille (320 ans avant J.-C.) une observation célèbre de la hauteur du Soleil au solstice d'été. Par des observations faites au gnomon, tant à Byzance qu'à Marseille, cet astronome trouva que la hauteur du gnomon était à la longueur de l'ombre projetée en été comme 120 soit à 41,80. D'où Gassendi conclut que l'obliquité de l'écliptique, à l'époque où les observations de Pythéas furent faites, devait être de $23^{\circ}52'$. Depuis, cette obliquité a diminué et de nos jours elle n'est plus que de $23^{\circ}27'$ environ.

Les gnomons remontent à une antiquité plus reculée encore que les cadrans solaires proprement dits. On en trouve des vestiges en Égypte, au Pérou et même chez les Chinois. Ces instruments étaient ordinairement des obélisques ou des pyramides tronquées par leur sommet, et que l'on plaçait dans la campagne ou sur les places publiques. Ces gnomons n'étaient pas susceptibles de beaucoup de précision, parce que l'ombre qu'ils projettent n'est jamais nettement limitée. Il y a toujours une pénombre qui empêche de bien distinguer, sur la méridienne, le point de l'ombre marqué par le sommet de ces instruments.

C'est pour remédier à cet inconvénient que les Égyptiens avaient imaginé de placer, au sommet des obélisques, une sphère métallique de petites dimensions, laquelle, en se projetant sur la surface horizontale du sol, y traçait l'image d'une ellipse plus ou moins allongée et dont le milieu déterminait la hauteur du centre du Soleil; ce globe était porté par une tige assez élevée, afin que son ombre ne se confondît pas avec celle de l'obélisque.

D'après certaines traditions, les obélisques auraient été originairement construits pour servir aux usages astronomiques. On ne pourrait cependant affirmer le fait que d'une manière générale. Suivant Diogène de Laërce, ce serait Anaximandre qui aurait, le premier, élevé un gnomon à Sparte. Ce gnomon consistait en une pyramide tronquée par le sommet, et dont l'ombre indiquait] le midi du jour. Plus tard, on

imagina de marquer les autres heures de la journée par le moyen des lignes d'ombre projetées par ce gnomon.

L'empereur Auguste fit transporter à Rome deux grands obélisques qui avaient appartenu aux Égyptiens. On en plaça un à Rome dans le Champ de Mars. Pline dit qu'il avait 116,75 pieds romains de hauteur. Un mathématicien nommé Maulius l'orienta de façon qu'il pût servir de gnomon. Ce magnifique obélisque, dont on voit encore les vestiges à Rome, avait été construit par les ordres de Sésostris, roi d'Égypte (xvii^e siècle avant J.-C. suivant Fréret). Voyez l'Ouvrage de Baudini intitulé : *Dell' obelisco di Cesare Augusto*; 1750, in-fol.

Le gnomon que Ulug-Bey, prince tartare et petit-fils de Tamerlan, fit élever à Samarkand, capitale de son empire, avait 180 pieds romains de hauteur, d'autres disent 165 pieds. C'est le plus haut des gnomons dont l'histoire fasse mention. On croit que ce monument gnomonique fut construit vers l'an 1430 avant notre ère.

Un gnomon presque aussi ancien est celui que fit élever à Pékin même, vers l'an 1278, le célèbre astronome chinois Cocheou-King; mais ce gnomon ne mesurait que 40 pieds de haut.

III.

Des grandes méridiennes.

Nous allons parler maintenant d'une autre sorte de gnomon astronomique plus moderne et plus parfait que tous ceux dont nous venons de donner la description : ce sont les *grandes méridiennes*, dont quelques-unes sont restées célèbres.

On plaçait ordinairement ces grands instruments astronomiques sous la coupole des églises ou des temples. Avant de les construire, il fallait s'assurer de la parfaite stabilité de l'édifice, ainsi que de la solidité du pavé sur lequel la méridienne devait reposer.

En 1575, le P. Egnazio Dante, dominicain, traça dans l'église de Saint-Pétrone, à Bologne, une méridienne dont le gnomon avait 67 pieds de haut. Par suite des réparations et des agrandissements que l'on dut faire subir à certaines parties de l'édifice, cette méridienne n'était plus exacte. Elle déclinait à l'Est de plusieurs degrés. Dominique Cassini, qui se trouvait alors à Bologne (1653), en ayant reconnu de suite l'imperfection, entreprit de la refaire en entier. Le nouveau gnomon qui en résulta et qui est érigé dans la même église est beaucoup plus parfait que le premier. Sa hauteur est de 83,5 pieds de Paris. La disposition de ce gnomon n'est pas différente de celle des autres instruments de ce genre. Il

consiste en une plaque de bronze percée d'un orifice circulaire et placée horizontalement à l'endroit même où la perpendiculaire élevée sur la méridienne va rencontrer la voûte de l'édifice. Le rayon solaire, en pénétrant par cette ouverture, projette sur la méridienne l'image d'une ellipse allongée dont le milieu marque, tous les jours, l'instant du midi. Cassini la rectifia en 1686, et Zanotti la restaura un siècle plus tard, en 1776. On trouve la description de cette méridienne dans les Ouvrages que publièrent, sur ce sujet, Cassini, Manfredi, Zanotti et d'autres auteurs.

Le P. Ximènes, professeur à l'Académie de Florence, découvrit, dans la cathédrale de cette ville, un gnomon de 277,5 pieds de hauteur. On croit qu'il fut construit par Paul Toscanelli, vers 1467. C'est le plus grand des gnomons qui existe. Cet instrument ayant été dégradé par le temps et dérangé tant soit peu de sa position primitive, le P. Ximènes le fit restaurer et remettre en l'état où il se trouvait auparavant. Cet astronome s'en servit pour déterminer l'obliquité de l'écliptique, qu'il trouva de $23^{\circ}28'31''$ (en 1755), quantité un peu trop forte, comme on a pu le constater de nos jours par le calcul exact qu'ont permis les Tables astronomiques que nous possédons. On peut lire la volumineuse dissertation que le P. Ximènes publia en 1755 sur cette méridienne : *Del' Vecchio nuovo gnomone Fiorentino*, etc., in-4°.

Picard, en 1669, dota l'observatoire royal de Paris

d'une belle méridienne qu'il fit établir dans la grande salle de cet établissement. La hauteur du gnomon était de 30,5 pieds et la longueur de la méridienne de 97,5 pieds. Cassini, le fils, la refit en 1730.

La grande méridienne des Chartreux de Rome fut construite, en 1701, par les soins de F. Blanchini, alors préfet de cette ville. Blanchini l'avait établie dans le vaste édifice des Thermes de l'empereur Dioclétien. Elle se distingue des autres méridiennes en ce qu'elle a deux gnomons, l'un méridional de 62,5 pieds de hauteur, l'autre septentrional de 75 pieds de haut. C'est à l'aide de ce dernier gnomon, disposé tout exprès pour recevoir le rayon de l'étoile polaire, que l'on a pu déterminer la hauteur du pôle par l'observation de cette étoile. Le P. Boscovich, qui avait été chargé, par le cardinal Valentini, de vérifier cette méridienne célèbre, y trouva quelques légers défauts, qu'il s'empressa de faire disparaître. (*Voyez*, pour de plus amples détails, le *Voyage en Italie*, par Lalande, t. IV; 1786, Paris.)

L'église Saint-Sulpice, à Paris, possède une grande et belle méridienne qui fut tracée en 1727 ou 1728 par Sully, horloger anglais. Le gnomon avait 75 pieds de hauteur. Cette méridienne fut refaite en 1742 par Le Monier, qui apporta les soins les plus minutieux à la construction du nouvel instrument. Actuellement, le gnomon de cette méridienne a 80 pieds de hauteur au-dessus du pavé de

l'église; et il y a un objectif dont la distance focale est aussi de 80 pieds. La grande plaque de métal, percée d'une ouverture d'un pouce de diamètre, est fixée à la partie supérieure du portail sud et ne laisse voir que l'ouverture qu'on y a pratiquée. La lumière du Soleil, en pénétrant par cet orifice, y trace la méridienne, qui est figurée sur les dalles en marbre de l'église par une lame de cuivre de deux lignes d'épaisseur. Cette méridienne va couper par le milieu un obélisque de marbre blanc ayant environ 30 pieds de hauteur, et qui est encastré dans le mur opposé au gnomon. Cette partie verticale de la méridienne est divisée de 3 en 3 minutes et subdivisée de 5 en 5 secondes. Ces divisions répondent aux bords supérieurs et inférieurs du Soleil, au moment du solstice d'hiver. Le Monier et Lalande se servirent souvent de cette méridienne pour observer les solstices, et aussi pour constater la diminution progressive de l'obliquité de l'écliptique.

Il existe, à Tonnerre, petite ville de l'Yonne, une méridienne fort précise, qui fut construite en 1786 par l'architecte Thorel, d'après les calculs et sur les plans de Dom Camille Férouillat, bénédictin de l'Abbaye de Saint-Michel-de-Tonnerre. Ce savant gnomoniste s'adjoignit dans cette entreprise l'avocat Daret, très versé dans les calculs astronomiques. Ce gnomon offre cette particularité remarquable, qu'autour de la ligne de midi serpente, dans toute sa longueur, la *courbe méridienne du temps moyen*, comme on peut le voir sur la figure 2 de notre

Planche I, qui est la représentation graphique très exacte de cette courbe (1).

La proposition d'établir un gnomon dans l'église de l'hôpital de Tonnerre fut faite le 6 juin 1785, par M. Baudoin de Guémadenc, ancien maître des requêtes, que des revers de fortune avaient obligé de se retirer à Tonnerre. Approuvé par la marquise de Louvois et par Lalande ce projet fut accepté par l'administration de l'hospice le 26 juin 1785, mais à la condition qu'il n'en coûterait « aucun frais audit hospice ». On ne voulut pas, et avec raison, construire, aux dépens des pauvres, un instrument qui, en définitive, ne devait être utile qu'à l'Astronomie. Et l'on proposa alors une souscription, dont le produit devait servir à couvrir les frais de construction. Vers la fin de 1793, la méridienne se trouvant fortement endommagée, il fut question de la réparer d'une façon sérieuse. L'architecte Thorel proposa le plan d'une pyramide antique, dressée dans le lieu même du solstice d'hiver. Au-dessus de ce solstice devait s'élever un rocher pyramidal sur lequel une Renommée embouchant d'une main la trompette devait indiquer, de l'autre, les victoires du Premier Consul, inscrites à leur date sur la méridienne. Ce

(1) Grand-Jean de Fouchy, de l'ancienne Académie des Sciences, est le premier qui ait tracé ces sortes de méridiennes. Il en fit plusieurs chez le comte de Clermont. Déparcieux et Dom Bedos en construisirent d'autres plus étendues. Aujourd'hui, l'usage de ces méridiennes est devenu si général, qu'on en voit sur presque tous les cadrans solaires.

projet était très beau; malheureusement il échoua faute de subsides.

Depuis lors, c'est-à-dire depuis plus de 80 ans, on ne trouve pas trace de délibération concernant le gnomon, ni à la ville, ni à l'hôpital; il est certain, cependant, que quelques travaux de consolidation furent effectués à ce moment, car son niveau paraît assez bien conservé et les lames de fer indiquant la méridienne sont complètes sur toute leur étendue. Les noms des mois gravés en creux, ainsi que les signes du zodiaque, dépourvus de leurs cuivres, sont encore assez lisibles, bien qu'à deux reprises différentes, et durant de nombreuses années, l'église de l'hôpital ait servi au culte paroissial.

Nous devons ces renseignements à l'extrême obligeance de M. H. Prunier, administrateur de l'hospice de Tonnerre, qui a bien voulu joindre encore à ses explications le plan et une coupe de la méridienne, dessins que nous avons reproduits dans les figures 2 et 3 de notre Planche I. Qu'il veuille bien recevoir ici tous nos remerciements.



CONSTRUCTION DES CADRANS SOLAIRES.

I.

Du système des lignes horaires dans les cadrans solaires.

PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA GNOMONIQUE.

La Gnomonique est l'art ou la science de construire les cadrans solaires. Elle enseigne à les tracer sur des surfaces quelconques, planes ou courbes. Cette science est fort ancienne. L'origine s'en perd, pour ainsi dire, dans la nuit des temps.

Toute la Gnomonique peut se déduire d'un seul principe général que nous allons faire connaître.

Par un point O , pris sur un plan quelconque (ρ), décrivons une circonférence de cercle et divisons cette circonférence en 24 parties égales de 15° chacune, par des rayons passant par le centre O et les divers points de division du cercle (*Pl. II, fig. 4*). L'un de ces rayons, celui O -XII, étant pris pour

la ligne de midi ⁽¹⁾, l'autre O-VI, qui lui est perpendiculaire, représentera la ligne de 6^h. Si l'on fixe maintenant au point O un *style* ou tige métallique, qui soit perpendiculaire au plan (ρ) du cadran et parallèle à l'axe du mouvement diurne, on aura construit un cadran d'une grande simplicité et d'une régularité parfaite. On a donné à ce cadran le nom de cadran *équatorial*, parce que son style devant toujours être parallèle à l'axe du monde et perpendiculaire à son plan, ce plan est nécessairement parallèle à celui de l'équateur céleste; on l'appelle encore *équinoxial*, parce que l'équateur est aussi nommé *ligne équinoxiale*. C'est sous cette dernière dénomination que nous le désignerons le plus souvent ⁽²⁾.

On peut ramener à la construction du cadran équinoxial celle de tous les autres cadrans solaires et cela par de simples projections. Il suffira, en effet, quand on voudra faire cette application, de placer au-devant de la surface donnée (ρ) un cadran équinoxial, construit d'après les principes que nous venons d'exposer; si l'on prolonge alors le style et les lignes horaires de ce *cadran auxiliaire* jusqu'à la

(1) Le midi vrai est l'instant où le centre du Soleil se trouve dans le plan du méridien. La *ligne de midi* coïncide donc avec la trace de ce plan sur la surface du cadran ou avec la méridienne.

(2) Le cadran équinoxial, s'il n'a qu'une face, ne pourra marquer les heures que pendant 6 mois de l'année, de l'équinoxe du printemps à l'équinoxe d'automne. A ces époques, la face supérieure du cadran se trouvera entièrement plongée dans l'ombre.

surface donnée, et qu'on joigne les points de rencontre des diverses lignes horaires (ce que l'on pourra toujours faire au moyen d'un fil à plomb) avec le point d'intersection du style, on obtiendra la direction des lignes d'heures du nouveau cadran que l'on s'était proposé de construire.

Cette manière de considérer les cadrans solaires a beaucoup d'analogie avec celle dont S'Gravesande a parlé dans son *Essai de perspective* imprimé à Leyde en 1711. Cet auteur suppose un œil placé à l'extrémité du style, et dans une position telle qu'il soit possible d'apercevoir le cadran équinoxial au travers d'une surface quelconque (ρ), absolument comme si cette surface était transparente. Il est facile de voir alors que les projections des lignes du cadran auxiliaire en formeront un autre qui sera l'image du premier, et qui s'accordera dans sa marche avec le cadran déjà tracé. Cette méthode, proposée par S'Gravesande, réduit donc, comme on le voit, le problème général de la Gnomonique à une simple question de perspective; mais elle est peu employée à cause des difficultés que présente son application.

CONSTRUCTION GRAPHIQUE DES LIGNES HORAIRES DANS
LES CADRANS HORIZONTAUX ET VERTICAUX (NON DÉCLINANT).

Le cas le plus général de la Gnomonique plane est celui d'un cadran vertical incliné sur l'horizon du lieu, et déclinant de l'Est à l'Ouest ou inversement.

Les lignes horaires que l'on a alors à déterminer sont des fonctions de *trois* éléments variables

$$F(\varphi, I, D);$$

φ est la latitude ou la hauteur du pôle, I l'inclinaison du plan du cadran sur l'horizon et D sa déclinaison ⁽¹⁾. A ces éléments, on pourrait encore en ajouter deux autres également variables et qui sont : la *réfraction atmosphérique* et la *parallaxe solaire*; mais, en Gnomonique, il est permis, presque toujours, de négliger ces deux corrections.

Dans les cadrans verticaux non inclinés, qui sont un cas particulier des précédents, les lignes horaires sont fonctions de deux éléments seulement

$$F(\varphi, D),$$

et, dans le cadran horizontal, qui est le cas le plus simple, après celui du cadran équinoxial, les mêmes lignes dépendent uniquement de la hauteur du pôle ou de la latitude géographique du lieu.

Le *cadran horizontal* est ainsi appelé parce que son plan doit toujours être parallèle à celui de l'horizon; d'où il suit que ce plan lui-même est horizontal. Nous allons procéder à son tracé.

(1) Supposons que, dans le voisinage du plan où doit être tracé le cadran, on ait mené une méridienne horizontale. Si d'un point quelconque de cette ligne, on abaisse une perpendiculaire au plan donné, l'angle compris entre cette perpendiculaire et la direction de la méridienne est ce qu'on appelle, en Gnomonique, la *déclinaison du cadran*. Nous indiquerons plus loin (Note II) un moyen bien simple d'évaluer cet angle.

Après s'être assuré que la condition d'horizontalité est exactement remplie (ce que l'on pourra faire au moyen d'un niveau à bulle d'air), on tracera sur le plan du cadran une méridienne O-XII (*Pl. II, fig. 4*) et, prenant sur cette ligne un point quelconque P, on mènera de ce point la perpendiculaire P ε dont l'extrémité ε sera le rabattement du style O ε . Quant à l'angle O ε P, on le fera égal à la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon, ou à la latitude du lieu pour lequel le cadran doit être construit. Du *sommet* ε du style, on mènera ensuite la perpendiculaire ε I à O ε , qui ira rencontrer la méridienne au point E, et, prenant alors EC égal à E ε , on décrira du point C, comme centre ⁽¹⁾, une demi-circonférence que l'on divisera en arcs égaux de 15° chacun pour les heures ou, si l'on veut, de 7°30' pour les demi-heures. Si l'on prolonge alors les rayons C γ , C γ' , C γ'' ... jusqu'à leur rencontre avec l'horizontale indéfinie HH', on obtiendra sur cette ligne différents points α , α' , α'' , ..., β , β' , β'' qui, réunis par des droites au *centre* O du cadran, détermineront les directions des lignes horaires demandées.

Soit φ la latitude d'un lieu quelconque à la surface du globe. Il suit, de ce que nous venons de dire sur la génération des lignes horaires, qu'un cadran horizontal construit pour un lieu dont la latitude serait 90° — φ devient *vertical*, si on le trans-

(1) Ce centre est celui du cadran *équinoxial*.

porte parallèlement à lui-même, de façon à l'amener en un lieu quelconque. Ainsi, un cadran vertical, pour un lieu donné, n'est autre chose qu'un cadran horizontal construit pour une latitude *complémentaire*. Pour $\varphi = 45^\circ$, le cadran vertical ne diffère pas du cadran horizontal.

Ici se place une remarque qui a son importance dans l'orientation des cadrans.

Comme la méridienne O-XII reste toujours dans la même position, il faudra changer les heures du matin en heures du soir, et inversement.

Les cadrans verticaux non déclinants, n'étant éclairés que depuis 6^h du matin jusqu'à 6^h du soir, ne pourront donner les heures de la journée que pendant cet intervalle de temps.

CONSTRUCTION DE L'ÉPURE D'UN CADRAN VERTICAL DÉCLINANT.

Après avoir examiné les cas les plus simples que présente la Gnomonique, nous allons passer au cas un peu plus compliqué d'un cadran vertical déclinant; et nous nous proposerons de construire son épure, d'après les données suivantes : Hauteur du pôle $\varphi : 48^\circ 51'$ (Paris). Déclinaison D du plan du cadran à l'Est : $27^\circ 40'$.

Concevons menées par le point ϵ , projection du style, l'horizontale $\epsilon\epsilon'$ et la verticale indéfinie $\epsilon\gamma$ (*Pl. II, fig. 6*). Prenons sur cette dernière droite une distance $\epsilon\delta$ égale à la distance du style au cadran,

et formons l'angle $\epsilon\delta M$ égal à la déclinaison du mur, ou à $27^{\circ}40'$. Il est facile de voir que le point M appartiendra à la méridienne et que OM sera cette ligne.

Rabattons maintenant le style autour de la ligne de midi, en le faisant tourner autour de cette ligne comme charnière. Son extrémité, après le rabattement, viendra se placer en ϵ' à une distance $M\epsilon' = M\delta$; et si, à l'aide d'un rapporteur, on forme l'angle $M\epsilon''O$ égal à la latitude géocentrique du lieu ($48^{\circ}51'$), le point O, intersection des lignes $O\epsilon'$ et MO, sera le centre du cadran, c'est-à-dire le point où viendront converger toutes les lignes horaires.

Il s'agit maintenant de déterminer ces lignes.

Imaginons qu'à l'extrémité ϵ du style soit placé le centre d'un cadran *équinoxial*, et rabattons ce cadran autour de la *soustylaire* ou de la projection orthogonale du style sur le plan du cadran. Dans ce rabattement, le point ϵ , sommet du style, viendra se placer sur une droite $\epsilon\epsilon''$ perpendiculaire à $O\epsilon$ et à une distance $\epsilon\epsilon''$ égale à la hauteur du style ou à sa distance au cadran. Menons $E\epsilon''$ perpendiculaire à $O\epsilon''$; il est clair que le point E, intersection de cette droite avec la soustylaire $O\epsilon\epsilon'''$, appartiendra à l'équinoxiale et que la perpendiculaire $\gamma\omega$ à $E\epsilon$ représentera précisément cette ligne; c'est cette droite, trace de l'équateur sur le plan du cadran, que parcourt l'extrémité de l'ombre du style le jour des équinoxes.

Le reste de la construction s'achèvera comme pré-

cédemment. Du point ε''' comme centre et avec un rayon quelconque, on décrira une circonférence de cercle que l'on divisera en parties égales de 15° chacune, et, par les points de division, on tirera des rayons que l'on prolongera jusqu'à l'équinoxiale $\gamma\underline{\omega}$. Menant alors par les points ainsi trouvés sur cette ligne, et par le point O centre du cadran, des droites Om, Om', Om'', \dots , ces droites prolongées jusqu'au-dessous de l'équinoxiale seront les lignes horaires de notre cadran déclinant.

La première partie de la construction étant ainsi achevée, il ne nous restera plus, pour terminer l'épure du cadran, qu'à y tracer les autres lignes que l'extrémité de l'ombre du style décrit chaque jour sur son plan : c'est ce qui va nous occuper dans les sections suivantes de cet Ouvrage.

THÉORÈMES ET AXIOMES DE GNOMONIQUE.

Pour compléter ce que nous venons de dire sur l'exposition du système des lignes horaires dans les cadrans tracés sur des surfaces planes quelconques, nous allons faire connaître les propriétés les plus intéressantes de ce système, propriétés qui résultent d'une manière évidente de la génération même des lignes horaires.

(a) Les lignes horaires de tout cadran solaire sont les traces de 12 plans inclinés mutuellement de 15° en 15° . Ces plans passent tous par le style ou l'axe

du monde; l'un d'eux est le plan méridien. Quand le cadran est tracé sur une surface plane, comme nous l'avons supposé jusqu'ici, les lignes horaires sont nécessairement des droites qui vont toutes converger au point de la méridienne où le style perce le plan (ρ), point que l'on nomme *centre du cadran*.

(b) Comme les dimensions de la Terre sont incomparablement plus petites que la distance qui nous sépare du Soleil, on peut, sans erreur sensible, regarder ces dimensions comme nulles et admettre qu'un point quelconque de la surface de notre globe est le centre de la sphère; c'est là un principe général que nous adopterons dans tout ce qui va suivre.

(c) Dans tout cadran solaire construit pour un lieu quelconque, le style est situé dans le même plan méridien, et incliné sur l'horizon d'un nombre de degrés égal à la hauteur du pôle ou à la latitude de ce lieu, comme l'est du reste l'axe de la Terre.

(d) Dans un cadran tracé sur une surface plane verticale, la ligne de midi (XII) est une verticale. Car le méridien étant toujours un plan vertical, ce plan coupe celui du cadran suivant la méridienne.

(e) Nous avons appelé *équinoxiale*, la commune intersection du plan du cadran avec celui de l'équateur. L'*équinoxiale* et la *soustylaire* sont deux éléments qui jouent un rôle important dans les déterminations gnomoniques.

Il est aisé de démontrer que l'*équinoxiale* est toujours perpendiculaire à la *soustylaire*. Car les plans du cadran et de l'équateur étant perpendicu-

lares l'un et l'autre au plan qui passe par le style et la soustylaire, il faut nécessairement que cette dernière ligne soit perpendiculaire à l'équinoxiale. Remarquons que la soustylaire passe toujours par le centre du cadran.

(*f*) Une autre remarque importante, c'est que, dans un cadran solaire, la soustylaire est toujours à gauche de la méridienne, lorsque le plan du cadran décline vers l'Est, et toujours à droite de cette ligne quand le cadran décline vers l'Ouest.

Dans le premier cas, la soustylaire se trouve parmi les heures du *matin*; dans le second cas, cette ligne est comptée parmi les heures du *soir*.

Ces deux propositions sont d'une réelle utilité dans la pratique, car elles permettent de distinguer, à la seule inspection de la soustylaire, les heures du matin de celles du soir, et, par conséquent, d'en effectuer convenablement le numérotage.

(*g*) Dans un cadran horizontal, la soustylaire coïncide toujours avec la méridienne; et il en est de même dans le cas du cadran vertical sans déclinaison.

(*h*) Sur un cadran horizontal, la ligne horaire de 6 heures du matin à 6 heures du soir est toujours perpendiculaire à la méridienne. Cette ligne VI-VI est donc horizontale, puisqu'elle coupe à angle droit le méridien qui est un plan vertical. Quant aux autres lignes horaires de 5 heures du matin à 5 heures du soir, de 4 heures du matin à 4 heures du soir, etc., elles devront toujours être dans le prolongement l'une de l'autre.

II.

Courbes diurnes ou de déclinaison. Lignes zodiacales.

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES.

L'extrémité de l'ombre du style, en se projetant, chaque jour, sur le plan du cadran, y décrit une série de *lignes d'ombre*, que l'on appelle aussi *courbes diurnes* ou *de déclinaison*. Nous allons, dans ce Paragraphe, étudier la nature et la forme de ces lignes dont la connaissance complète le tracé de l'épure.

L'étendue d'un cadran ne permettant presque jamais d'y placer toutes les lignes d'ombre, on se contente d'y tracer les plus importantes et les plus utiles : ce sont ordinairement celles qui correspondent à l'entrée du Soleil dans chaque signe du zodiaque, et que, pour cette raison, on a nommées *courbes* ou *lignes zodiacales*. Ces lignes servent à faire connaître non seulement la place que le Soleil occupe dans l'écliptique, mais encore les époques où commencent et finissent les différentes saisons de l'année (1).

Supposons maintenant qu'un rayon lumineux

(1) Les douze signes du zodiaque que les anciens nommaient les *douze maisons* ou les *douze palais* du Soleil, sont représentés par les caractères suivants :

partant du centre du Soleil vienne raser l'extrémité ε du style. Ce rayon, en tournant autour de cet axe, engendrera dans l'espace un *cône* ou une surface conique, ayant pour base un des cercles de déclinaison du Soleil et pour axe la ligne des pôles. Ce cône sera donc un cône droit à base circulaire ; et son intersection avec une surface plane, telle que celle du cadran, produira une *ligne diurne* qui sera, suivant les cas, une hyperbole, une ellipse, un cercle ou une parabole. Pour nos climats, les courbes ainsi décrites sont, en général, des *hyperboles* ; leur courbure diminue avec la déclinaison du Soleil. De là le nom de *courbes de déclinaison* donné à ces lignes.

La nature d'une courbe diurne dépend principalement de la déclinaison D du Soleil et de l'inclinaison I du style sur le plan du cadran. Cette courbe sera donc :

Une hyperbole, si.....	$D < (90^\circ - I)$,
Une ellipse, si.....	$D > (90^\circ - I)$,
Une parabole, si.....	$D = (90^\circ - I)$.

Ainsi, pour déterminer l'espèce de la section

γ Le Bélier, τ Le Taureau, χ Les Poissons, $\var�$ Le Cancer.

$\var�$ Le Lion, μ La Vierge, \triangle La Balance, μ Le Scorpion.

\rightarrow Le Sagittaire, ζ Le Capricorne, \equiv Le Verseau, Π Les Gémeaux.

Ces signes, ou si l'on veut leurs figures, nous ont été donnés par les Égyptiens à une époque qui remonte à la plus haute antiquité. On croit que ce sont les prêtres égyptiens, ceux de Memphis, sans doute, qui passaient pour les plus savants, qui en auraient imaginé les dessins.

conique ou de la courbe diurne décrite par l'extrémité du style, il faudra préalablement calculer l'angle I. Quand le Soleil est dans l'équateur, auquel cas $D=0$, la surface conique se réduit à un plan et la ligne d'ombre dégénère en une ligne droite. Cette droite n'est autre chose, comme on voit, que l'équinoxiale.

Quand le style est perpendiculaire au cadran, comme dans le cas des cadrans équinoxiaux, les courbes diurnes sont représentées par une série de *cercles concentriques*.

TRACÉ DES COURBES DIURNES OU DE DÉCLINAISON.

Après avoir exposé le principe de la génération des courbes diurnes, il nous reste à entrer dans le détail de leur construction et à faire connaître les conditions de leur tracé.

La détermination de ces lignes peut s'effectuer très simplement en employant ce que les anciens appelaient *secteur* ou *trigone des signes* ⁽¹⁾. Voici en quoi consiste cet instrument gnomonique.

Concevons que, par le centre d'un cercle de rayon quelconque, on ait mené deux diamètres perpendiculaires entre eux. Si l'on suppose que l'un de ces diamètres représente l'axe du monde, l'autre sera le rayon de l'équateur céleste.

(1) Les courbes zodiacales sont au nombre de *sept*, en y comprenant l'équinoxiale ($\gamma \triangle$) (voir *Pl. II, fig. 6*).

Cela posé, décrivons du point ϵ_1 comme centre (*Pl. II, fig. 5*) et avec un rayon tout à fait arbitraire, l'arc aa' . Prenons, de part et d'autre du point B, intersection de la ligne équinoxiale $\epsilon_1 \Upsilon \underline{\cup}$ avec l'arc aa' , $Ba = Ba' = 23^{\circ}28'$, qui est la plus grande déclinaison du Soleil aux solstices.

Prenons de même

$$Bb = Bb' = 20^{\circ}10'; \quad Bc = Bc' = 11^{\circ}29',$$

déclinaisons du Soleil à son entrée dans les autres signes du zodiaque, tels qu'on les voit indiqués sur la figure 5 :

$$(\text{H } \mathcal{Q}), \quad (\text{V } \mathcal{M}), \quad (\text{Y } \underline{\cup}), \quad \dots$$

Enfin, tirons les lignes (\mathcal{G}), (\mathcal{X}) pour représenter les tropiques d'été et d'hiver, respectivement. Ces lignes marqueront exactement les limites de notre secteur des signes, lequel se trouvera ainsi très simplement construit (¹).

Si l'on applique maintenant l'axe de ce secteur sur le style du cadran, et de manière que le centre de l'axe de rotation du trigone coïncide avec l'extrémité du style, il est clair qu'en faisant tourner cette figure autour du style, ses divers rayons prolongés iront marquer, sur la surface du cadran, une série de

(¹) Le trigone ou secteur des arcs diurnes a été imaginé à une époque déjà fort ancienne par le P. de Saint-Rigaud, jésuite, qui en a donné la description et montré l'usage dans un Ouvrage intitulé : *Analemna novum*.

points $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ qui, réunis par un trait continu, détermineront la courbe des signes demandée.

Pour obtenir facilement les différents points d'ombre portés par ε sur le cadran, on se servira d'un fil de soie très fin, fixé en ε , et que l'on maintiendra tendu le long du rayon ε, a , par exemple; le prolongement de ce fil ira de même marquer sur le cadran une suite de points qui appartiendront à la courbe cherchée.

Cette courbe sera celle parcourue par l'extrémité de l'ombre du style, le jour du solstice d'été. Et l'on obtiendra, avec la même facilité, les autres courbes zodiacales, en considérant successivement les autres rayons du secteur des signes (1).

(1) Le tracé des courbes diurnes et, en particulier, celui des courbes zodiacales peut s'effectuer très simplement au moyen du procédé suivant qui est purement géométrique :

Rabattons le style $O\varepsilon$ sur le plan du cadran en le faisant tourner autour d'une ligne horaire quelconque, celle de II^h par exemple. L'angle $II^h O\varepsilon$ que forme, dans l'espace, le style avec la ligne horaire OII^h sera connu et l'on pourra facilement le rapporter sur le plan du cadran. Cet angle fait partie, en effet, d'un triangle rectangle dont les trois sommets sont aux points O, ε, II .

Si nous appliquons maintenant l'axe du trigone sur le style $O\varepsilon$ rabattu ou recouché sur le plan même du cadran, et de manière que le centre de ce secteur coïncide exactement avec l'extrémité ε du style, les divers rayons de cette figure, prolongés suffisamment, iront marquer sur la ligne de II^h sept points qui répondront aux divers signes du zodiaque, pris deux à deux. Les deux points extrêmes se rapporteront aux solstices d'été et d'hiver, le point milieu aux équinoxes et ceux intermédiaires aux autres signes. En répétant les mêmes constructions pour les autres lignes horaires, et joignant ensuite par un trait continu tous les points relatifs à un même signe, on aura les courbes diurnes demandées.

PROPRIÉTÉS DONT JOUISSENT LES COURBES DIURNES
OU DE DÉCLINAISON.

Les courbes diurnes des points d'ombre jouissent de plusieurs propriétés remarquables que nous allons faire connaître.

(a) La soustylaire est l'axe commun de toutes les courbes diurnes. Car le plan (ρ), qui passe par cette ligne et par le style, coupe chaque cône décrit par le Soleil, en deux parties parfaitement égales. Tout est donc *symétrique* de part et d'autre, et la soustylaire est bien l'un des axes principaux de toutes les courbes diurnes.

(b) Nous avons déjà fait remarquer (§ II) que, dans un cadran horizontal ou vertical, non déclinant, la soustylaire coïncidait toujours avec la méridienne. Dans ces deux cas, c'est donc la méridienne qui devient l'axe principal des courbes diurnes, car elle les partage symétriquement en deux.

(c) Le lieu des positions successives des points d'ombre n'est pas, en toute rigueur, une *section conique*. Il faudrait, pour que cela fût, que la déclinaison du Soleil ne variât pas d'un instant à l'autre. Nous ferons remarquer, toutefois, que ces variations en déclinaison sont si petites que l'on peut, en Gnomonique, ne pas y avoir égard et considérer les lignes d'ombre comme engendrées par une cône droit à base circulaire.

(d) Les courbes diurnes sont diversement tournées

selon la position du cadran et le nom de la déclinaison du Soleil. Les unes sont concaves et les autres convexes par rapport à la droite pp' , intersection du cadran et du plan horizontal qui passe par l'extrémité ϵ du style. Pour nos climats, ces courbes sont toujours des branches d'*hyperbole*, opposées par leur convexité. Ainsi, dans notre figure 6, la courbe (X) est opposée par sa convexité à celle (D), comme l'est celle (Y) à (Q); et ainsi de suite.

Remarquons encore que la convexité de ces lignes zodiacales va en diminuant à mesure que la déclinaison du Soleil décroît. C'est ainsi que, lorsque cette déclinaison est nulle, l'une de ces lignes, celle (Y), devient une ligne droite qui est précisément l'équinoxiale du cadran. La ligne (D) est celle dont la courbure est la plus grande.

(e) La longueur du style, dans un cadran solaire quelconque, n'influe nullement sur la nature des courbes diurnes; elle ne fait que changer la position de ces courbes, qui résultent toujours de l'intersection d'un plan et d'un cône diurne, ayant pour axe le style du cadran. On voit donc, d'après cela, que la plus ou moins grande longueur de cet axe ne peut produire que des sections parallèles entre elles et, par conséquent, semblables; si, toutefois, les plans coupants sont parallèles l'un à l'autre, comme nous le supposons ici.

III

Principe et tracé de la méridienne du temps moyen.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

On sait que l'équation du temps est la différence entre le temps vrai et le temps moyen, qui est celui que marquerait une bonne pendule (réglée sur le Soleil). Cette différence peut aller jusqu'à 17'; elle est positive ou négative, suivant que le midi moyen avance ou retarde sur le midi vrai. On peut supposer que les valeurs positives sont portées entre midi et 11^h, et les valeurs négatives entre midi et 1^h. Cet ordre pourrait être interverti. Comme nous avons eu l'occasion de le dire, ces valeurs s'annulent quatre fois par an; vers le 15 août, le 15 juin, le 1^{er} septembre et le 24 décembre. A ces époques, le temps moyen s'accorde, en effet, avec le temps vrai.

Le lieu des points d'ombre portés sur le cadran par l'extrémité ϵ du style, à chaque midi moyen, forme une courbe que l'on a appelée *méridienne* ou *courbe du temps moyen*. Les abscisses de cette courbe se comptent toutes sur la ligne de midi. Quant à ses ordonnées, elles ne sont autre chose que les équations du temps. A l'aide d'une Table de ces équations et d'une bonne montre à secondes, parfaitement réglée, on pourra donc facilement tracer cette courbe.

CONSTRUCTION GRAPHIQUE DE LA COURBE DU TEMPS MOYEN.

Nous allons maintenant procéder au tracé de la ligne méridienne du temps moyen, que l'on nomme aussi *lemniscate*.

Des deux côtés de la méridienne du temps vrai, que nous enseignerons bientôt à tracer, tirons les lignes horaires de $11^{\text{h}}45^{\text{m}}$ et de $12^{\text{h}}15^{\text{m}}$, aboutissant au centre O et qui sont à peu près les deux limites extrêmes entre lesquelles se trouvent renfermés les écarts de la ligne du midi moyen (1). Il suffira d'avoir une bonne montre à secondes pour mener ces deux lignes.

Cela fait, on tracera, de 5 minutes en 5 minutes ou de 2 minutes en 2 minutes, les lignes horaires comprises dans l'intervalle de $11^{\text{h}}45^{\text{m}}$ à $12^{\text{h}}15^{\text{m}}$, et rien ne sera plus facile alors que de déterminer les points où la méridienne du temps moyen coupe les courbes des signes (2), ce qui donnera déjà une première connaissance de la courbe du midi moyen.

Entrons plus avant dans le détail de son tracé.

Pour construire cette courbe, nous partirons de

(1) Les équations du temps ou les *ordonnées* de la courbe du temps moyen se portent toujours du côté *occidental* de la méridienne du temps vrai, quand ces équations sont positives; et toujours du côté *oriental* de la même ligne, lorsqu'elles sont négatives. Ces ordonnées sont donc comprises, les premières entre la ligne de midi (XII) et celle de $11^{\text{h}}45^{\text{m}}$, et les secondes entre la ligne de midi et celle de $12^{\text{h}}15^{\text{m}}$.

(2) Nous appellerons ces points, *points lemniscatiques*.

l'équinoxe variable du printemps, qui arrive, comme on sait, le 21 mars. En consultant l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, nous trouverons que, pour ce jour-là, l'équation du temps est (en 1903) de $7^m 35^s$.

Si donc nous traçons, sur le cadran, la ligne horaire de $[11^h 45^m + 7^m 35^s]$, sa rencontre avec l'équinoxiale donnera un *premier point* de la courbe cherchée.

En considérant ensuite les époques auxquelles répondent les degrés des autres signes du zodiaque ($\var�$), (\mathbb{H}), (♎), etc., on obtiendra *onze* nouveaux points, ce qui portera à *douze* le nombre des points ainsi obtenus, et qui appartiendront tous à la courbe du temps moyen.

La même méthode, appliquée à d'autres époques de l'année, à celles, par exemple, qui répondent au 1^{er} de chaque mois, fera connaître autant de points que l'on voudra de la courbe du temps moyen qui se trouvera ainsi déterminée avec toute l'exactitude désirable.

Les douze nouveaux points que nous obtiendrons par cette méthode géométrique sont intéressants à connaître, parce qu'ils marquent les limites des parties de la courbe autour de laquelle on est convenu d'écrire les noms des mois qui y correspondent. Le Tableau ci-dessous donnera le moyen de déterminer les limites de ces arcs.

*Détermination des arcs ou portions de la méridienne
qui correspondent à chaque mois.*

Mars.....	entre le 9° et 12°	⋈	Occidental en descend.
Avril.....	9° et 12°	♈	Id.
Mai.....	9° et 12°	♉	Oriental en descendant.
Juin.....	9° et 12°	♊	Id.
Juillet.....	9° et 12°	♋	Occidental en montant
Août.....	9°	♌	Id.
Septembre.	9° et 12°	♍	Oriental en montant
Octobre...	9° et 12°	♎	Id.
Novembre.	9° et 12°	♏	Id.
Décembre.	9°	♐	Id.
Janvier....	9° et 12°	♑	Occidental en descend.
Février....	9° et 12°	♒	Occidental en mont.

La dernière colonne indique le côté de la méridienne (oriental ou occidental) où doivent être placés les noms des mois de l'année, ainsi que le sens de leur direction.

REMARQUES SUR LA COURBE DU TEMPS MOYEN.

Nous ajouterons aux considérations qui précèdent les remarques suivantes :

(a) Comme les équations du temps repassent toujours par les mêmes valeurs après chaque révolution de la Terre, il s'ensuit que la méridienne du temps moyen est toujours une courbe rentrante sur elle-même. Cette courbe affecte la forme d'un *huit* très allongé et va d'un solstice à l'autre, de (♋) à (♏). Mais les *points de contact lemniscatiques* (1)

(1) Nous appelons ainsi les points de tangence des courbes diurne extrêmes avec la courbe du temps moyen.

ne se trouvent pas exactement sur la méridienne du temps vrai. Ils s'en écartent tantôt d'un côté, tantôt de l'autre.

(b) La courbe du temps moyen n'est pas *symétrique* par rapport à la méridienne du temps vrai, autour de laquelle elle serpente. Cela vient de ce que les époques où l'équation du temps s'annule ne sont pas équidistantes entre elles.

(c) La même courbe est coupée par la méridienne du temps vrai en quatre points lemniscatiques, qui correspondent aux jours de l'année où l'équation du temps est nulle.

(d) De là résulte encore que les deux branches de cette courbe ne se coupent pas sur la méridienne du temps vrai. Le *point lemniscatique* d'intersection de ces branches se trouve tantôt à droite, tantôt à gauche de cette ligne ; mais la distance qui sépare ces deux points est si petite que, le plus souvent, ils semblent se confondre.

(e) Les ordonnées de la courbe du temps moyen, représentées par les équations du temps, ne sont pas des lignes droites, mais bien des portions ou arcs de courbe diurne. Seulement, comme leur étendue est, en général, fort petite, on peut, sans erreur sensible, négliger leur courbure, et les considérer comme de véritables lignes droites.

(f) A la simple inspection de la figure 7, qui est la représentation graphique de la courbe du temps moyen, on voit que le rayon lumineux qui passe par l'extrémité ε du style doit tomber deux fois par

jour sur cette courbe, une fois avant midi et une fois après cette heure. Mais il n'y a qu'une de ses branches qui marque le midi moyen pour une saison de l'année ; la seconde branche, opposée à la première, donne le midi pour une saison différente.

IV

Tracé de la méridienne du temps vrai. Pose du style.

DÉTERMINATION DE LA LIGNE DE MIDI.

La détermination de la méridienne ou de la ligne de midi est, de toutes les opérations que nécessite la construction d'un cadran solaire, la plus importante et la plus délicate. De son exactitude dépend la précision du cadran. Voici un moyen bien simple d'obtenir cette ligne sur une surface horizontale.

Concevons que, sur un plan parfaitement horizontal (ce dont il est toujours facile de s'assurer), on ait choisi convenablement un point μ et que, de ce point comme centre, on ait décrit une ou plusieurs circonférences de cercle, aussi rapprochées que possible les unes des autres. Fixons au point μ , et bien perpendiculairement au plan choisi, un style ou *gnomon* ⁽¹⁾, que l'on aura soin d'assujettir solidement au cadran.

(¹) Au lieu d'employer une aiguille stylaire, on pourrait se servir d'un *gnomon*. C'est une sorte de petit pilier ou de pyramide surmontée d'une plaque métallique percée d'un orifice cir-

Si l'on marque sur les circonférences ainsi décrites les points $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ et ceux correspondants $\alpha', \beta', \gamma', \dots$, où l'extrémité du style se projette avant et après midi; par exemple, de 9^h du matin à 3^h du soir, de 10^h à 2^h, etc., et qu'on mène la bissectrice μ -XII aux angles $\alpha\mu\alpha', \beta\mu\beta', \gamma\mu\gamma', \dots$, cette ligne sera la méridienne demandée. Comme elle passe toujours par le pied du style, on voit qu'elle fixe ainsi la position du plan dans lequel le Soleil se trouve lorsqu'il est à sa plus grande hauteur. On donne à ce plan le nom de *plan méridien*.

Le procédé que nous venons d'indiquer, pour le tracé d'une méridienne horizontale, et qu'on appelle en Astronomie *méthode des hauteurs correspondantes*, n'est rigoureux que lorsque le Soleil est dans les solstices; car alors ses variations en déclinaison sont nulles.

DE LA POSE DE L'AIGUILLE STYLAIRE.

Il nous reste, pour terminer cet exposé, à faire connaître les procédés mis en pratique pour fixer le style au cadran, et pour donner à la plaque la meilleure disposition possible.

L'axe ou le style du cadran doit être toujours,

culaire, pour laisser passer le rayon solaire. Le milieu de l'image projetée par l'ouverture de la plaque marque alors les points d'ombre du matin et du soir.

comme nous l'avons dit, situé dans la direction de l'axe du monde ou parallèlement à cette direction ; il doit, en outre, faire avec la ligne de midi un angle égal à la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon. Il faudra s'assurer encore que le style, une fois posé, ne penche ni d'un côté, ni d'un autre de la ligne de midi. Dans les cadrans verticaux non déclinants, l'angle formé par le style avec la méridienne doit toujours être égal, non pas à la hauteur du pôle ou à la latitude géographique du lieu, mais au *complément* de cette latitude.

Ces préliminaires posés, voici quelques règles, justifiées par l'expérience, et que l'on fera bien de suivre.

(a) Dans un cadran vertical déclinant, la méridienne ou ligne de midi doit être placée à peu près au milieu de la largeur du cadran.

(b) La hauteur du style, ou sa distance au cadran, doit être le *quart*, environ, de sa largeur.

Au lieu d'employer une aiguille stylaire, il est préférable de se servir d'une plaque de métal, percée d'un orifice circulaire.

Dans ce cas, voici encore quelles sont les dimensions à donner à l'orifice de cette plaque :

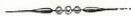
(c) Le diamètre de l'orifice doit être la 140^{me} partie environ de sa distance au cadran.

(d) La plaque gnomonique doit se placer toujours suivant l'axe du monde et perpendiculairement au plan du méridien.

(e) La disposition la plus convenable à donner à

la plaque d'un cadran solaire est de la poser parallèlement au plan du cadran.

Ces diverses règles, consacrées par la pratique, résultent, comme nous l'avons déjà dit, d'essais multiples.



NOTES.

NOTE I. — TRACÉ D'UNE MÉRIDIDIENNE PAR LE SECOURS DE L'ÉTOILE POLAIRE.

L'étoile polaire (α) de la Petite Ourse est une très belle étoile, située dans le voisinage du pôle nord, et qui n'est distante de ce point que de $2^{\circ}38'$ environ. Nous allons voir que, en se servant de l'étoile polaire, on peut déterminer avec une très grande exactitude la direction du méridien.

Nous emploierons, pour cette détermination, deux châssis rectangulaires de $2^{\text{m}},00$ à $2^{\text{m}},40$ de haut, convenablement espacés entre eux et barrés vers le haut par des fils ou ficelles tendues bien horizontalement. Nous attacherons encore, entre les ficelles, un cordon de soie blanche pour qu'il soit bien visible, en nous assurant que ce cordon peut librement glisser d'un bout des ficelles à l'autre.

Les extrémités de ce fil horizontal seront alors les points où devront se placer les deux fils à plomb (p) et (p'), soigneusement construits et de même dimension. Pour empêcher ces fils d'être dérangés par des vents, on les plongera dans un vase rempli d'eau.

Toutes ces dispositions étant prises en vue de la pose des fils, nous nous placerons, pour aligner l'étoile (α), derrière le fil à plomb (p) et nous viserons vers le nord, de façon que les deux fils (p) et (p') nous cachent entièrement l'étoile polaire; à ce moment le *carré* de la Grande Ourse sera à droite des fils, et les trois étoiles ϵ , ζ , η de la *queue*, à gauche.

En répétant cette opération plusieurs fois de suite, lorsque l'étoile (α) est le plus à l'orient et le plus à l'occident, et prenant le milieu des points d'ombre ainsi observés, on aura très exactement la direction de la méridienne.

NOTE II. — DÉCLINAISON DU PLAN DU CADRAN.

En Gnomonique, on appelle *déclinaison* d'un plan, l'angle formé par la trace horizontale de ce plan avec la perpendiculaire à la méridienne. Cette méridienne étant tracée, rien n'est plus facile que d'évaluer l'angle DAH (*fig.* 8) qui est la déclinaison du cadran.

En effet, soient MN la méridienne verticale du cadran et HH' une horizontale tracée sur son plan. Prenons arbitrairement, sur ces lignes, deux points quelconques A et B et formons le triangle obliquangle ABC. Les trois côtés a, b, c de ce triangle ayant été mesurés avec toute l'exactitude possible, on aura, pour calculer l'angle A opposé au côté a ,

$$\sin^2 \frac{1}{2} A = \frac{(p-b)(p-c)}{bc};$$

$$\cos^2 \frac{1}{2} A = \frac{p(p-a)}{bc};$$

p étant le demi-paramètre du triangle égal, comme on sait, à la demi-somme des trois côtés ou à

$$\frac{1}{2} (a + b + c).$$

L'angle A étant toujours très petit, c'est la seconde des formules ci-dessus qu'il faudra employer.



TABLES
DU TEMPS MOYEN ET DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL
POUR 1904.

JANVIER.			FÉVRIER.			MARS.		
JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	DÉCLI- NAISON australe à midi moyen.	JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	DÉCLI- NAISON australe à midi moyen.	JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	DÉCLI- NAISON australe ou boréale à midi moyen.
	h m s	° ' "		h m s	° ' "		h m s	° ' "
1	12. 3.11	-23. 6	1	12.13.37	-17.25	1	12.12.34	- 7.38
2	12. 3.39	-23. 1	2	12.13.45	-17. 8	2	12.12.22	- 7.15
3	12. 4. 8	-22.56	3	12.13.53	-16.51	3	12.12. 9	- 6.52
4	12. 4.35	-22.50	4	12.14. 0	-16.34	4	12.11.56	- 6.29
5	12. 5. 3	-22.44	5	12.14. 6	-16.16	5	12.11.43	- 6. 6
6	12. 5.30	-22.38	6	12.14.11	-15.58	6	12.11.29	- 5.43
7	12. 5.56	-22.31	7	12.14.15	-15.39	7	12.11.14	- 5.20
8	12. 6.23	-22.24	8	12.14.19	-15.21	8	12.11. 0	- 4.56
9	12. 6.48	-22.16	9	12.14.22	-15. 2	9	12.10.45	- 4.33
10	12. 7.13	-22. 8	10	12.14.24	-14.43	10	12.10.29	- 4.10
11	12. 7.38	-21.59	11	12.14.25	-14.23	11	12.10.14	- 3.46
12	12. 8. 2	-21.50	12	12.14.25	-14. 4	12	12. 9.58	- 3.22
13	12. 8.26	-21.40	13	12.14.25	-13.44	13	12. 9.41	- 2.59
14	12. 8.49	-21.30	14	12.14.24	-13.24	14	12. 9.25	- 2.35
15	12. 9.11	-21.20	15	12.14.22	-13. 4	15	12. 9. 8	- 2.12
16	12. 9.33	-21. 9	16	12.14.20	-12.43	16	12. 8.51	- 1.48
17	12. 9.54	-20.58	17	12.14.17	-12.23	17	12. 8.34	- 1.24
18	12.10.14	-20.46	18	12.14.13	-12. 2	18	12. 8.16	- 1. 0
19	12.10.34	-20.34	19	12.14. 8	-11.41	19	12. 7.59	- 0.37
20	12.10.52	-20.22	20	12.14. 3	-11.19	20	12. 7.41	- 0.13
21	12.11.11	-20. 9	21	12.13.57	-10.58	21	12. 7.23	+ 0.11
22	12.11.28	-19.56	22	12.13.50	-10.36	22	12. 7. 5	+ 0.34
23	12.11.44	-19.42	23	12.13.43	-10.15	23	12. 6.47	+ 0.58
24	12.12. 0	-19.28	24	12.13.35	- 9.53	24	12. 6.28	+ 1.22
25	12.12.15	-19.14	25	12.13.26	- 9.31	25	12. 6.10	+ 1.45
26	12.12.29	-19. 0	26	12.13.17	- 9. 8	26	12. 5.52	+ 2. 9
27	12.12.43	-18.45	27	12.13. 7	- 8.46	27	12. 5.33	+ 2.32
28	12.12.55	-18.29	28	12.12.56	- 8.23	28	12. 5.15	+ 2.56
29	12.13. 7	-18.14	29	12.12.45	- 8. 1	29	12. 4.56	+ 3.19
30	12.13.18	-17.58				30	12. 4.28	+ 3.43
31	12.13.28	-17.42				31	12. 4.20	+ 4. 6

TABLES
DU TEMPS MOYEN ET DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL
POUR 1904.

AVRIL.			MAY.			JUIN.		
JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.		JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.		JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	
	h	m s		h	m s		h	m s
1	12. 4. 1	+ 4. 29	1	11. 57. 3	+15. 2	1	11. 57. 33	+22. 2
2	12. 3. 43	+ 4. 52	2	11. 56. 56	+15. 20	2	11. 57. 42	+22. 10
3	12. 3. 25	+ 3. 15	3	11. 56. 49	+15. 38	3	11. 57. 52	+22. 18
4	12. 3. 7	+ 5. 38	4	11. 56. 42	+15. 55	4	11. 58. 2	+22. 25
5	12. 2. 50	+ 6. 1	5	11. 56. 37	+16. 12	5	11. 58. 12	+22. 32
6	12. 2. 32	+ 6. 24	6	11. 56. 32	+16. 29	6	11. 58. 22	+22. 38
7	12. 2. 15	+ 6. 46	7	11. 56. 27	+16. 46	7	12. 58. 33	+22. 44
8	12. 1. 58	+ 7. 9	8	11. 56. 23	+17. 3	8	11. 58. 44	+22. 50
9	12. 1. 41	+ 7. 31	9	11. 56. 20	+17. 19	9	11. 58. 56	+22. 55
10	12. 1. 25	+ 7. 53	10	11. 56. 17	+17. 35	10	11. 59. 8	+23. 0
11	12. 1. 8	+ 8. 16	11	11. 56. 15	+17. 50	11	11. 59. 20	+23. 5
12	12. 0. 53	+ 8. 38	12	11. 56. 13	+18. 6	12	11. 59. 32	+23. 9
13	12. 0. 37	+ 8. 59	13	11. 56. 12	+18. 21	13	11. 59. 44	+23. 12
14	12. 0. 22	+ 9. 21	14	11. 56. 11	+18. 35	14	11. 59. 57	+23. 16
15	12. 0. 7	+ 9. 43	15	11. 56. 11	+18. 50	15	12. 0. 9	+23. 19
16	11. 59. 52	+10. 4	16	11. 56. 12	+19. 4	16	12. 0. 22	+23. 21
17	11. 59. 38	+10. 25	17	11. 56. 13	+19. 18	17	12. 0. 35	+23. 23
18	11. 59. 24	+10. 46	18	11. 56. 15	+19. 31	18	12. 0. 48	+23. 25
19	11. 59. 11	+11. 8	19	11. 56. 18	+19. 44	19	12. 1. 1	+23. 26
20	11. 58. 58	+11. 28	20	11. 56. 20	+19. 57	20	12. 1. 14	+23. 27
21	11. 58. 45	+11. 48	21	11. 56. 24	+20. 9	21	12. 1. 27	+23. 27
22	11. 58. 33	+12. 9	22	12. 56. 28	+20. 21	22	12. 1. 40	+23. 27
23	11. 58. 21	+12. 29	23	11. 56. 32	+20. 33	23	12. 1. 53	+23. 26
24	11. 58. 9	+12. 49	24	11. 56. 37	+20. 44	24	12. 2. 6	+23. 26
25	11. 37. 58	+13. 8	25	11. 56. 42	+20. 55	25	12. 2. 19	+23. 24
26	11. 57. 48	+13. 28	26	11. 56. 48	+21. 6	26	12. 2. 31	+23. 23
27	11. 57. 38	+13. 47	27	11. 56. 55	+21. 16	27	12. 2. 44	+23. 20
28	11. 57. 28	+14. 6	28	11. 57. 2	+21. 26	28	12. 2. 56	+23. 18
29	11. 57. 19	+14. 25	29	11. 57. 9	+21. 36	29	12. 3. 8	+23. 15
30	11. 57. 11	+14. 43	30	11. 57. 17	+21. 45	30	12. 3. 20	+23. 12
			31	11. 57. 25	+21. 54			

TABLES
DU TEMPS MOYEN ET DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL
POUR 1904.

JUILLET.			AOÛT.			SEPTEMBRE.		
JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	DÉCLI- NAISON boréale à midi moyen.	JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	DÉCLI- NAISON boréale à midi moyen.	JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	DÉCLI- NAISON boréale ou australe à midi moyen.
	h m s	° ' "		h m s	° ' "		h m s	° ' "
1	12. 3.32	+23. 8	1	12. 6. 8	+18. 5	1	11. 59. 59	+ 8. 21
2	12. 3.43	+23. 4	2	12. 6. 4	+17. 40	2	11. 59. 40	+ 7. 59
3	12. 3.54	+22. 59	3	12. 6. 0	+17. 34	3	11. 59. 21	+ 7. 38
4	12. 4. 5	+22. 54	4	12. 5. 55	+17. 18	4	11. 59. 1	+ 7. 15
5	12. 4. 16	+22. 49	5	12. 5. 40	+17. 2	5	11. 58. 42	+ 6. 53
6	12. 4. 26	+22. 43	6	12. 5. 43	+16. 46	6	11. 58. 22	+ 6. 31
7	12. 4. 36	+22. 37	7	12. 5. 37	+16. 29	7	11. 58. 2	+ 6. 9
8	12. 4. 46	+22. 30	8	12. 5. 29	+16. 12	8	11. 57. 42	+ 5. 46
9	12. 4. 55	+22. 24	9	12. 5. 21	+15. 55	9	11. 57. 21	+ 5. 23
10	12. 5. 4	+22. 16	10	12. 5. 13	+15. 38	10	11. 57. 1	+ 5. 1
11	12. 5. 12	+22. 9	11	12. 5. 4	+15. 20	11	11. 56. 40	+ 4. 38
12	12. 5. 20	+22. 0	12	12. 4. 55	+15. 2	12	11. 56. 19	+ 4. 15
13	12. 5. 28	+21. 52	13	12. 4. 45	+14. 44	13	11. 55. 58	+ 3. 52
14	12. 5. 35	+21. 43	14	12. 4. 34	+14. 26	14	11. 55. 37	+ 3. 29
15	12. 5. 42	+21. 34	15	12. 4. 23	+14. 7	15	11. 55. 16	+ 3. 6
16	12. 5. 48	+21. 24	16	12. 4. 11	+13. 48	16	11. 54. 55	+ 2. 43
17	12. 5. 53	+21. 14	17	12. 3. 59	+13. 29	17	11. 54. 33	+ 2. 20
18	12. 5. 58	+21. 4	18	12. 3. 46	+13. 10	18	11. 54. 12	+ 1. 56
19	12. 6. 3	+20. 54	19	12. 3. 33	+12. 51	19	11. 53. 51	+ 1. 33
20	12. 6. 7	+20. 43	20	12. 3. 19	+12. 21	20	11. 53. 30	+ 1. 10
21	12. 6. 10	+20. 31	21	12. 3. 4	+12. 11	21	11. 53. 9	+ 0. 47
22	12. 6. 13	+20. 20	22	12. 2. 50	+11. 51	22	11. 52. 47	+ 0. 23
23	12. 6. 15	+20. 7	23	12. 2. 34	+11. 31	23	11. 52. 26	0. 0
24	12. 6. 17	+19. 55	24	12. 2. 19	+11. 11	24	11. 52. 6	- 0. 24
25	12. 6. 18	+19. 42	25	12. 2. 2	+10. 50	25	11. 51. 45	- 0. 47
26	12. 6. 18	+19. 29	26	12. 1. 46	+10. 29	26	11. 51. 24	- 1. 10
27	12. 6. 18	+19. 16	27	12. 1. 29	+10. 8	27	11. 51. 4	- 1. 34
28	12. 6. 17	+19. 2	28	12. 1. 12	+ 9. 47	28	11. 50. 44	- 1. 57
29	12. 6. 16	+18. 48	29	12. 0. 34	+ 9. 26	29	11. 50. 24	- 2. 20
30	12. 6. 14	+18. 34	30	12. 0. 36	+ 9. 5	30	11. 50. 4	- 2. 44
31	12. 6. 11	+18. 20	31	12. 0. 18	+ 8. 43			

TABLES
DU TEMPS MOYEN ET DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL
POUR 1904.

OCTOBRE.			NOVEMBRE.			DÉCEMBRE.		
JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	DÉCLI- NAISON australe à midi moyen.	JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	DÉCLI- NAISON australe à midi moyen.	JOUR DU MOIS.	TEMPS moyen civil à midi vrai.	DÉCLI- NAISON australe à midi moyen.
	h m s	° ' "		h m s	° ' "		h m s	° ' "
1	11.49.45	-3.7	1	11.43.40	-14.23	1	11.49.3	-21.47
2	11.49.26	-3.36	2	11.43.36	-14.42	2	11.49.26	-21.57
3	11.49.7	-3.54	3	11.43.39	-15.1	3	11.49.50	-22.5
4	11.48.48	-4.17	4	11.43.39	-15.20	4	11.50.14	-22.14
5	11.48.30	-4.40	5	11.43.40	-15.38	5	11.50.38	-22.22
6	11.48.13	-5.3	6	11.43.43	-15.57	6	11.51.4	-22.29
7	11.47.55	-5.56	7	11.43.46	-16.14	7	11.51.29	-22.36
8	11.47.39	-5.49	8	11.43.49	-16.32	8	11.51.55	-22.43
9	11.47.22	-6.12	9	11.43.54	-16.49	9	11.52.22	-22.49
10	11.47.6	-6.35	10	11.44.0	-17.7	10	11.52.49	-22.55
11	11.46.51	-6.58	11	11.44.6	-17.23	11	11.53.17	-23.0
12	11.46.36	-7.20	12	11.44.13	-17.40	12	11.53.45	-23.5
13	11.46.21	-7.43	13	11.44.21	-17.56	13	11.54.13	-23.9
14	11.46.7	-8.5	14	11.44.30	-18.12	14	11.54.42	-23.13
15	11.45.53	-8.28	15	11.44.40	-18.27	15	11.55.10	-23.16
16	11.45.40	-8.50	16	11.44.50	-18.43	16	11.55.40	-23.19
17	11.45.28	-9.12	17	11.45.2	-18.57	17	11.56.9	-23.22
18	11.45.16	-9.34	18	11.45.14	-19.12	18	11.56.38	-23.24
19	11.45.5	-9.36	19	11.45.27	-19.26	19	11.57.8	-23.25
20	11.44.51	-10.17	20	11.45.41	-19.40	20	11.57.38	-23.26
21	11.44.44	-10.39	21	11.45.55	-19.53	21	11.58.7	-23.27
22	11.44.35	-11.0	22	11.46.11	-20.7	22	11.58.37	-23.27
23	11.44.26	-11.21	23	11.46.27	-20.19	23	11.59.7	-23.27
24	11.44.18	-11.42	24	11.46.44	-20.32	24	11.59.37	-23.26
25	11.44.10	-12.3	25	11.47.1	-20.44	25	12.0.7	-23.24
26	11.44.4	-12.24	26	11.47.20	-20.55	26	12.0.36	-23.23
27	11.43.58	-12.44	27	11.47.39	-21.7	27	12.1.6	-23.20
28	11.43.53	-13.4	28	11.47.59	-21.17	28	12.1.36	-23.18
29	11.43.48	-13.24	29	11.48.20	-21.28	29	12.2.5	-23.15
30	11.43.45	-13.44	30	11.48.51	-21.38	30	12.2.34	-23.11
31	11.43.42	-14.4				31	12.3.3	-23.7

TABLE DES MATIÈRES.

HISTOIRE DE LA GNOMONIQUE.

	Pages.
I. — Des cadrans solaires anciens.....	1
II. — Des gnomons astronomiques.....	9
III. — Des grandes méridiennes.....	13

CONSTRUCTION DES CADRANS SOLAIRES.

I. — <i>Du système des lignes horaires dans les cadrans solaires</i>	19
Principe fondamental de la Gnomonique.....	19
Construction graphique des lignes horaires dans un cadran horizontal ou vertical (non déclinant)....	21
Construction de l'épure d'un cadran vertical déclinant.....	24
Théorèmes et axiomes de Gnomonique.....	26
II. — <i>Courbes diurnes ou de déclinaison. Lignes zodiacales</i>	29
Considérations préliminaires.....	29
Tracé des courbes diurnes ou de déclinaison.....	31
Propriétés dont jouissent les courbes diurnes ou de déclinaison	34
III. — <i>Principe et tracé de la méridienne du temps moyen</i>	36
Considérations générales.....	36
Construction graphique de la courbe du temps moyen.....	37
Remarques sur la courbe du temps moyen.....	39
IV. — <i>Tracé de la méridienne du temps vrai. Pose du style</i>	41
Détermination de la ligne de midi.....	41
De la pose de l'aiguille stylaire.....	42

NOTES.

	Pages.
NOTE I. — Tracé d'une méridienne par le secours de l'étoile polaire	45
NOTE II. — Déclinaison du plan du cadran	46
Tables du temps moyen et de la déclinaison du Soleil pour 1904	47

PLANCHES.

- PLANCHE I. — Grande méridienne de l'hospice de Tonnerre.
PLANCHE II. — Construction des cadrans solaires.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Grande méridienne de l'Hospice de Tonnerre (Yonne)
 construite en 1786 par Dom Ferouillat, bénédictin de
 l'Abbaye de S^t Michel de Tonnerre.

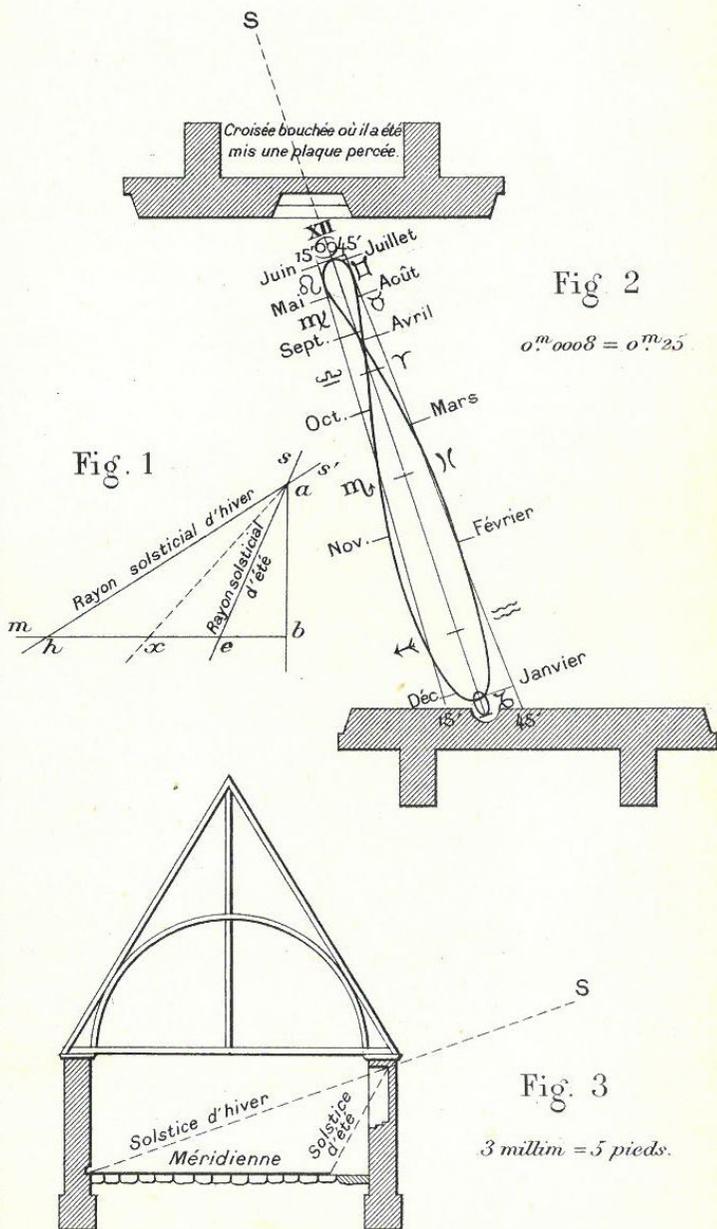


Fig 4 — Cadran vertical non déclinant.

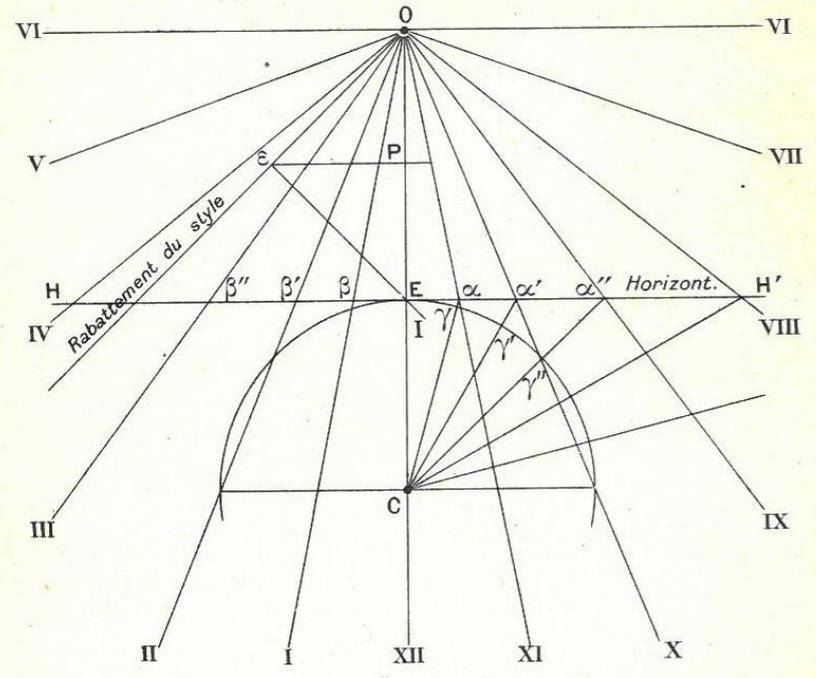


Fig. 5 — Secteur des signes ou Analemne, imaginé au XVII^e siècle par le P. de Saint-Rigaud, jésuite.

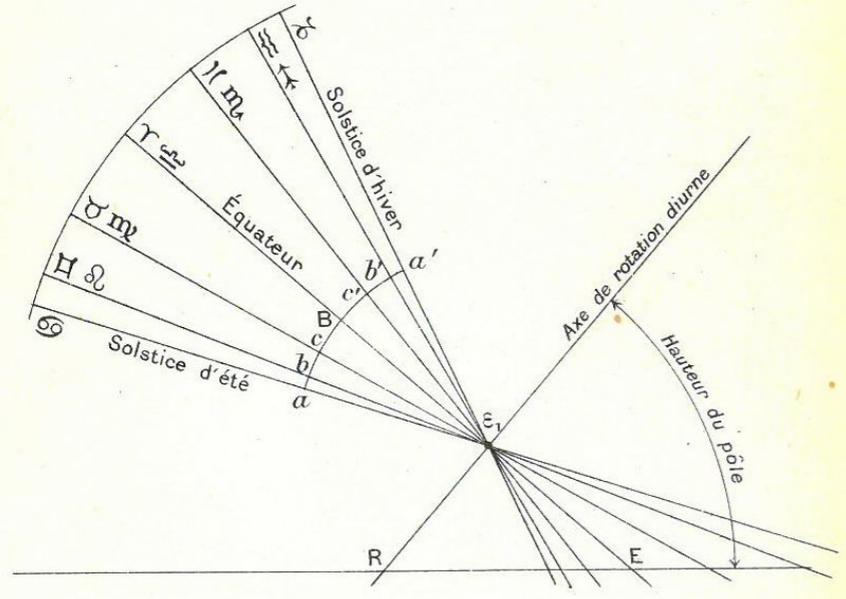


Fig. 6 — Épure d'un cadran vertical déclinant à l'Est

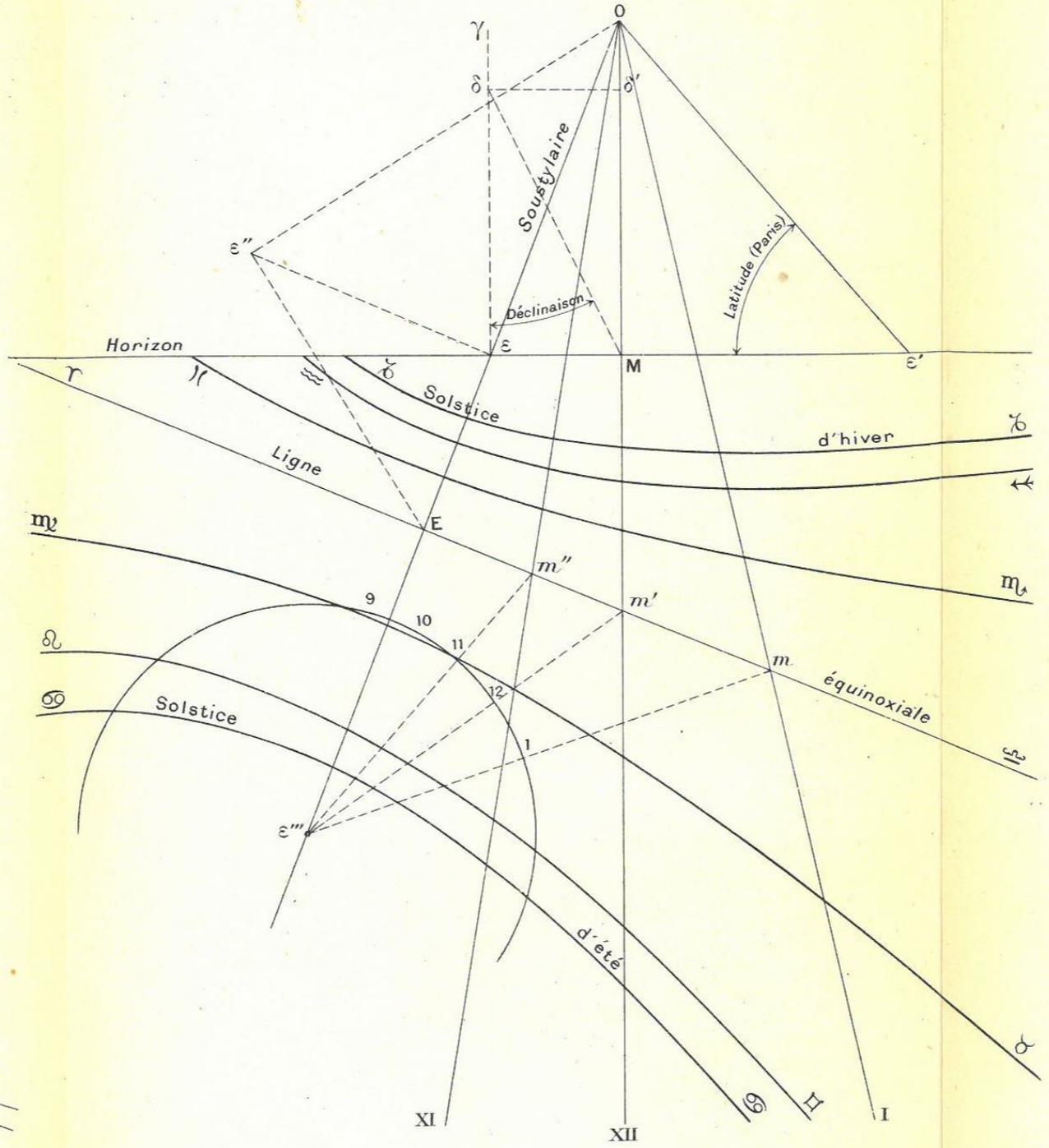


Fig 7 — Méridienne du temps moyen (Lemniscate) proposée par de Fouchy.

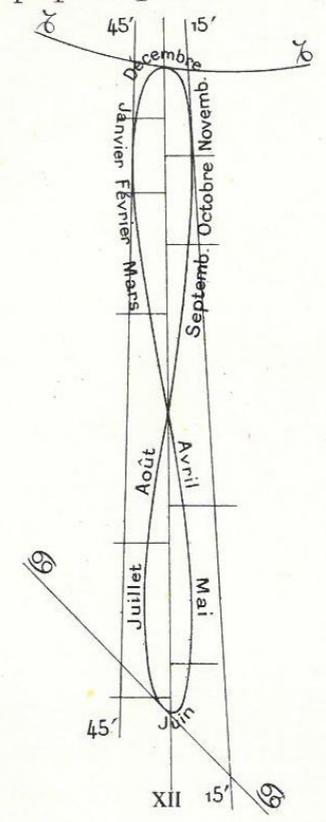


Fig. 8 — Déclinaison du cadran.

