SOCIETE ASTRONOMIQUE DE LYON

LES CADRANS SOLAIRES

REVUE TRIMESTRIELLE Hors série n° 2 — 1981

Notre couverture :

LYON - 2, place du Maréchal Lyautey

LES CADRANS SOLAIRES

ERRATA

Page 19.- alinéa 4, ligne 4; remplacer "oblique" par "parallèle"

Page 27.- avant dernier alinéa, dernière ligne: remplacer "en Eté" par "aux Equinoxes"

Page 28.- au dessus de la fig. 31,lire: la seule ligne de "3 heures" au lieu de "9 heures"

Page 29.- alinéa 1, lire: déclinaison du Soleil à son entrée dans les Gémeaux au Printemps et le Lion en Eté; le Sagittaire en Automne et le Verseau en Hiver.

alinéa 2, lire: déclinaison du Soleil à son entrée dans le Taureau au Printemps et la Vierge en Eté; les Poissons en Hiver et le Scorpion en Automne.

Page 39.- L'information de la dernière phrase est erronée. Supprimer cette phrase.

Page 41.- Tracé du cadran Vertical Septentrional. alinéa 2;"le Soleil se lève à Lyon à 4h 14 min"

Page 42.- avant dernier alinéa: les heures babyloniques commencent au "lever" du Soleil

Page 44.- Cadran du Père Arsène à Annecy. alinéa 4, 2ème ligne: sur les branches "qui l'encadrent".

Remarques.

Fig. 24- le lecteur qui voudra éxécuter l'épure d'un tel cadran devra le faire sur une feuille de dimensions de grandeur suffisante pour avoir l'intersection des lignes de VIII hres et IX hres avec l'équinoxiale E1. E2.

Fig. 25- même remarque sur la dimension de la feuille.

LES CADRANS SOLAIRES

par M. Charles POMMIER

Ingénieur Mécanicien
Membre de la Commission des Cadrans Solaires
de la Société Astronomique de France

La Société Astronomique de Lyon a le plaisir de vous présenter un remarquable travail sur les Cadrans Solaires effectué par un de ses membres Monsieur Charles POMMIER (Conférence à notre Société du 11 mars 1978).

Nous remercions bien vivement Monsieur POMMIER pour la qualité et la richesse de sa documentation, en même temps que nous vous invitons à visiter par beau temps —malgré sa sobriété, son absence de données et de références—. le cadran solaire construit à Chaponost à côté de l'ancienne Mairie, sous ses directives.

En couverture de ce numéro : photographie d'un des rares sinon le seul cadran solaire bien conservé à LYON, heure lisible à l'œil nu et détails intéressants avec des jumelles.

PRÉFACE

par M.G. MONNET
Directeur de l'Observatoire de Lyon

Monsieur POMMIER présente dans ce travail une excellente synthèse sur les Cadrans Solaires. Le lecteur y trouvera un véritable précis de construction clair et complet, mais aussi de nombreux aperçus historiques. Enfin, cet ouvrage se termine par une Iconographie splendide sur ces Instruments si divers.

Si le principe du Cadran Solaire —régler le temps par la marche de l'ombre du Soleil— est resté immuable au cours des siècles, il s'est prêté à des réalisations innombrables et d'une variété quasi sans limites. Bien sûr, après près de trois mille ans de compétition avec les horloges mécaniques, la technique terrestre a gagné sur le ciel, et c'est maintenant le battement d'un quartz à chaque poignet qui dit le temps «technocratique». Les Cadrans Solaires restent cependant, non seulement de merveilleux témoins architecturaux du passé, mais encore maintenant un symbole d'harmonie entre l'homme et les astres. C'est l'intérêt de ce travail de nous aider à y accéder.

LES CADRANS SOLAIRES

par Ch. POMMIER

(Développement de la Conférence du 11 Mars 1978)

Avant-propos

L'histoire des Cadrans solaires est aussi ancienne que celle des premières civilisations. Quand les hommes commencèrent à vivre en société, nul doute qu'il fallut imaginer des repères dans le Temps.

L'observation les conduisit à utiliser plusieurs procédés : durée d'une combustion, exemple : les réveils chinois ; durée de l'écoulement de l'eau, ou de sable fin qui fit inventer les clepsydres et les sabliers ; étude de la variation de l'ombre d'un objet immobile exposé aux rayons du soleil, d'où les cadrans solaires.

Ces cadrans, issus des premières observations astronomiques devaient rendre les plus grands services durant des siècles pour atteindre leur apogée au XVIIe. En effet, depuis le XIIIe ils apparaissaient partout : sur les maisons, les édifices publics et aux carrefours. A partir du XVIe on trouve aussi les cadrans portatifs, indispensables dès lors aux voyageurs. A dater de cette époque il y eut des fabricants spécialisés : les cadraniers qui formaient au XVIIe une confrérie placée sous le patronage de Saint-Hildevert et se réunissait le 27 Mai à l'église Sainte-Croix de la Cité. (A. Franklin, Dictionnaire historique).

De nos jours un grand nombre de cadrans subsistent sur les murs des maisons, suivant les régions, sous la forme de monuments (Annecy, Bagneux, etc...) ou sur colonnes (Vermenton, Dorlisheim), pouvant faire l'objet de buts de promenades.

Il faut connaître aussi les importantes collections des Musées : Musée du Conservatoire National des Arts et Métiers à Paris, Musée de la Vie Wallone à Liège en Belgique, Musée International de l'Horlogerie «L'homme et le Temps» à la Chaux de Fond en Suisse, Collection de l'école d'horlogerie : Historische Uhrensammlung der Staatlichen Ingénieurschule à Furtwangen en Allemagne (Forêt noire centrale).

Sans oublier que la confection de maquettes ou le tracé d'un cadran sur un mur ou dans la cour peut se révéler un agréable «passe temps».

LES CADRANS SOLAIRES

Aperçu historique

On s'accorde généralement à faire remonter l'origine des Cadrans solaires à des temps très reculés sans pouvoir déterminer avec certitude si leur invention est l'œuvre des Babyloniens, des Egyptiens ou des Chinois.

Le plus ancien document connu à leur sujet est un chapitre de la Bible concernant le cadran d'Achaz qui remonterait à 750 ans avant J.C., mais dont on ne possède que la citation dans le livre d'Isaïe, sans rien qui puisse permettre de nous le représenter.

Par contre, on a retrouvé des Cadrans Grecs et Romains exécutés 300 ans environ avant J.C. et depuis cette période il existe une documentation historique à peu près continue concordant pour un temps avec l'histoire de l'Astronomie.

Notions sur la Sphère

Dans l'Antiquité les premiers astronomes avaient été conduits par leurs observations à concevoir l'univers comme une sphère immense au centre de laquelle se trouvait la Terre.

Sur cette sphère se trouvaient en mouvement de rotation le Soleil et tous les autres objets visibles dans le Ciel durant le temps qu'il était en dessous de l'horizon, c'est-à-dire les étoiles et les planètes.

On peut faire de cette conception une représentation matérielle au moyen d'anneaux, d'où le nom de Sphère Armillaire qui lui fut donné.*(Fig. 1)*

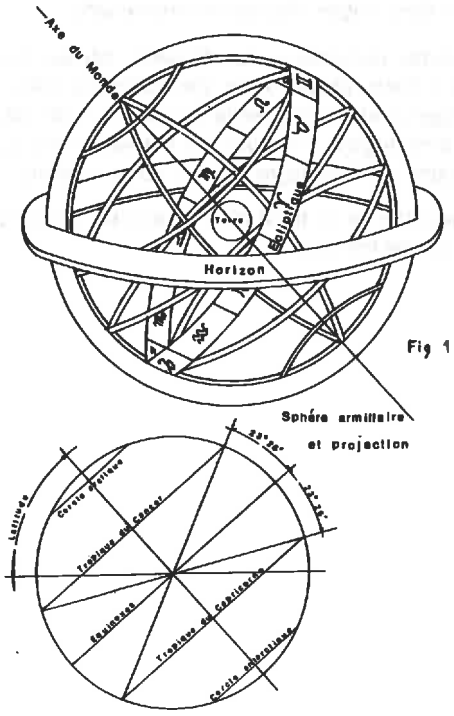


Fig 1

Chacun des anneaux de cette Sphère représente la limite de diverses de ses parties en rapport avec ce qui s'y passait.

La Sphère Armillaire comporte six grands cercles : l'Horizon, le Méridien, l'Equateur, l'Ecliptique avec le Zodiaque et les Colures.

Les quatre petits cercles sont les deux Tropiques et les deux Cercles Polaires.

Au centre de la Sphère on avait placé la Terre et son axe de rotation, dont le prolongement correspond à la direction des Pôles du Monde.

L'Horizon est un grand cercle qui divise la Sphère en deux parties égales, dont l'une est exposée à nos yeux, c'est l'hémisphère Nord et l'autre est cachée par rapport à nous, c'est l'hémisphère Sud.

Dans la sphère armillaire, l'horizon est le cercle posé sur les supports attachés au pied de la sphère.

L'horizon détermine le lever et le coucher des Astres.

L'Axe de l'horizon est une perpendiculaire à son plan qui perce la sphère en deux points opposés : le Zénith et le Nadir.

Le Méridien est un grand cercle de la sphère qui passe par les deux pôles du monde en même temps que par le Zénith et le Nadir. Le plan du Méridien d'un lieu divise la sphère en deux hémisphères dont l'un est appelé oriental et l'autre occidental. C'est à son passage au méridien du lieu que le Soleil est le plus haut sur l'horizon ; il est alors midi pour ceux qui sont sur le même demi-méridien dirigé vers le soleil et minuit pour ceux qui sont dans l'autre demi-méridien. On a coutume de marquer les degrés de la hauteur du pôle et de la latitude terrestre sur le méridien de la Sphère.

L'Equateur est un grand cercle qui a les mêmes pôles et le même axe que la Sphère et qui divise en deux hémisphère : boréal et austral.

L'Ecliptique est un grand cercle qui coupe obliquement l'équateur sous un angle de 23°26' actuellement. En effet cet angle n'est pas invariable, il va en diminuant d'une demi-minute environ par siècle. C'est le long de l'écliptique que sont réparties les constellations du Zodiaque qui correspond à douze divisions du cercle de 30° chacune. Ces constellations ont reçu des noms connus : le Bélier débutant le 20 Mars (Equinoxe de Printemps) le Taureau le 20 Avril, les Gémeaux le 21 Mai, le Cancer le 21 Juin (Solstice d'Eté) le Lion le 23 Juillet, la Vierge le 23 Août, la Balance le 23 Septembre (Equinoxe d'Automne), le Scorpion le 23 Octobre, le Sagittaire le 22 Novembre et le Capricorne le 22 Décembre (Solstice d'Hiver), le Verseau le 20 Janvier et les Poissons le 19 Février.

Dans sa course apparente, le Soleil monte et descend de part et d'autre de l'Equateur en faisant par conséquent un angle de deux fois 23°26'.

Quand le Soleil est à sa hauteur maximale les jours sont les plus longs et les nuits les plus courtes : c'est le Solstice d'Eté, vers le 22 Juin, le Soleil est dans le signe du Cancer.

Quand le Soleil est le plus bas, les jours sont les plus courts et les nuits les plus longues, c'est le Solstice d'Hiver, vers le 22 Décembre, le Soleil entre dans le signe du Capricorne.

Quand le Soleil est dans le plan de l'Equateur les jours sont égaux aux nuits ; cela arrive deux fois dans l'année, le 23 Mars et le 22 Septembre, ce sont les Equinoxes de Printemps et d'Automne, le Soleil entrant dans les signes du Bélier et de la Balance.

La Gnomonique

La gnomonique est la Science qui a pour objet l'établissement des horloges solaires, appareils destinés à mesurer le temps en utilisant l'évolution de l'ombre d'un objet durant que le Soleil brille.

Cette science repose sur l'hypothèse que le mouvement apparent du Soleil autour de la Terre est circulaire et uniforme.

Les éléments utilisés sont : la hauteur du Soleil au-dessus de l'Horizon qui varie avec la déclinaison Solaire ou Almucantarat ; l'angle que fait le plan dans lequel il se trouve avec le méridien du lieu qui est son azimut. On se sert également de la direction de l'ombre d'une tige ou de l'arête d'un solide dirigé suivant l'axe du Monde qui est confondu avec l'axe de rotation de la Terre.

Les premiers appareils d'astronomie, précédant les horloges solaires furent des colonnes verticales dont la direction de l'ombre portée sur le sol varie au long de la journée et dont la longueur change, passant d'un maximum à un minimum pour revenir à un point de départ en un temps donné qui est l'année.

Ces colonnes verticales furent appelées «gnomons» et celles des Egyptiens étaient habituellement implantées sur des places publiques. Afin de remédier à l'inconvénient du manque de netteté de l'ombre à l'extrémité, on ajouta au sommet de la colonne une tige surmontée d'abord, d'une boule, puis d'un disque percé d'un trou, ce dernier dispositif projetant sur le sol

un point lumineux de forme elliptique entouré d'une ombre. *(Fig. 2)*

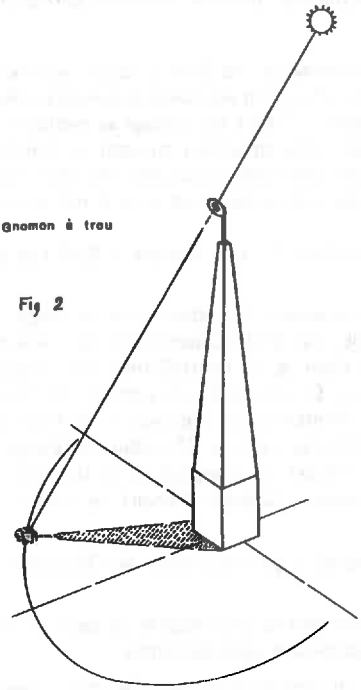


Fig 2

La véritable horloge solaire (terme qui prévalut jusqu'au XVIe siècle, nous disons maintenant cadran solaire) fut réalisée lorsqu'on sut marquer les lignes d'ombre de l'extrémité d'un gnomon sur les surfaces sur lesquelles elles se projetaient.

Puis le gnomon, ramené à l'état d'une simple tige de proportions convenables devint l'accessoire central de l'horloge solaire. Il était placé perpendiculairement au plan du cadran, ou au plan tangent à la surface du cadran quand cette dernière n'était pas plane. On n'utilisait que l'ombre de sa pointe.

A l'époque des premiers cadrans le temps du jour était celui écoulé entre le lever et le coucher du Soleil, divisé en 12 parties quelle que soit la saison, appelées heures inégales ou heures antiques, temporaires, judaïques, etc...

Puis les premiers astronomes définirent le jour comme le temps écoulé durant une révolution complète du Soleil et le divisèrent en 24 parties appelées alors heures astronomiques ou heures égales qui constituent encore la base de notre système actuel.

Le plus ancien cadran solaire connu de façon précise est la Scaphé de Bérose, moine chaldéen, qui l'introduisit en Grèce, IIIe siècle avant Jésus Christ.

Il est taillé dans un bloc de pierre parallèlipipédique, et constitué par un hémisphère concave tourné vers le haut dont le plan diamétral est parallèle à l'horizon avec un gnomon planté dans le fond et dont l'extrémité supérieure arrive exactement au centre de cet hémisphère, *(Fig. 3)*.

L'ombre de cette extrémité reproduit sur la surface sphérique le mouvement apparent circulaire du Soleil en même temps que la variation de sa déclinaison.

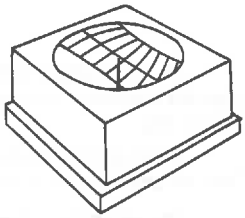


Fig 3 Cadran de Bérose

Trois arcs étaient tracés dans l'hémisphère, ayant pour centre l'extrémité du gnomon et correspondant aux positions de l'ombre de cette extrémité aux jours des solstices et des équinoxes. Chacun de ces arcs était divisé en douze parties égales et les points de division reliés entre eux par des lignes qui marquaient les heures entre les arcs des solstices.

Cette façon de tracer la division du jour conduisait au fait que, été comme hiver, jours longs ou jours courts, les heures étaient chacune la douzième partie du temps écoulé entre le lever et le coucher du soleil, donc de longueur effectivement différente d'un jour à l'autre ; c'était les «heures inégales» comparativement aux «heures égales» dont il est parlé plus haut.

D'autres formes de cadrans furent exécutées dérivant du principe de celui de Bérose. Constatant qu'une partie de l'hémisphère était, toujours dans l'ombre elle fut supprimée et le bloc de pierre coupé par un plan formant avec le plan supérieur un angle égal au complément de la latitude du lieu.

Cette forme fut peut-être la plus répandue. *(Fig. 4).*

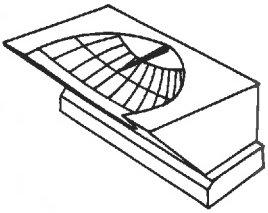


Fig 4 Cadran coupé

Les *figures 5 à 7* montrent d'autres dispositions, plus rares, mais aussi bien dans la forme Antiborée que dans les formes Capuchon hémisphérique ou conique le rayon lumineux ne pouvait passer que plusieurs heures après le lever du soleil et ne passait plus bien avant son coucher bien que l'épaisseur de la paroi à l'endroit de l'œil fut la plus réduite possible.

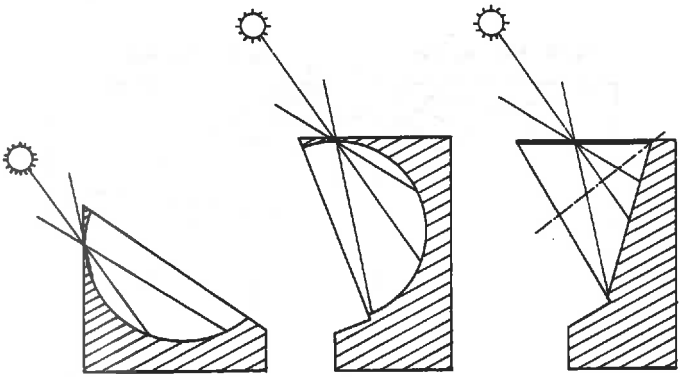


Fig 5 Antiborée Fig 6 Sphérique Fig 7 Conique

Formes Capuchon

Ces cadrans étaient taillés dans des blocs de dimensions relativement modestes : 25 à 35 cm de hauteur, 20 à 30 cm de largeur.

Les Cadrans plans et l'Analemme

Plus tard apparurent les cadrans plans, horizontaux et verticaux dont il ne reste que peu de vestiges. Les plus remarquables sont ceux de la Tour des Vents à Athènes.

Il s'agit d'une tour octogonale de marbre avec de beaux frontispices représentant allégoriquement les huit vents reconnus à Athènes.

Sur la tour, terminée en pyramide, était posé un triton qui pivotait et se tenait toujours à l'opposé de la direction du vent.

Sur chacune des huit faces, sous les frontispices étaient tracés des cadrans solaires, donc un sur la face Nord, un sur la face Sud *(Fig. 8)*, un à l'Est *(Fig. 9)*, un à l'Ouest et quatre autres déclinants de 45° respectivement de l'Est au Sud *(Fig. 10)*, du Sud à l'Ouest, de l'Ouest au Nord et du Nord à l'Est. Ces cadrans portent les lignes des Solstices et celles des Equinoxes.

En général, les cadrans Grecs et Romains ne portent pas d'indication chiffrée de l'heure.

Les premiers renseignements concernant la méthode de tracé de ces Cadrans par les Grecs nous sont donnés par Vitruve, IIe siècle avant J.C. dans son traité «De Archictura» dans lequel se trouve la description de l'Analemme.

Fig 8 Cadran de la face Sud

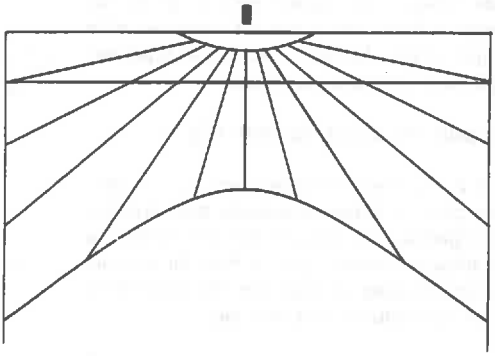


Fig 10 Face Sud Est

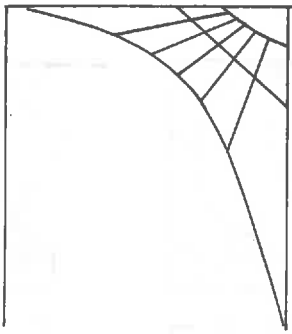
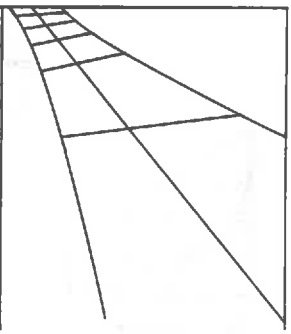


Fig 9 Face Est



Cette description est toutefois incomplète ainsi que les notes postérieures de Ptolémée. Elles demandent pour être comprises des développements qu'ont exposés des auteurs comme J. Delambre dans Histoire de l'Astronomie ancienne (1817) et J. Drecker dans Die Théorie der Sonnenuhren.

Delambre définit l'Analemme comme étant la description de la Sphère sur un plan «on y trouve les sections des différents cercles, tels que les parallèles diurnes et tout ce qui peut faciliter la science des ombres et des Cadrans. Cette description se fait par des perpendiculaires abaissées sur le plan, ce qui lui fait donner par les modernes le nom de projection orthographique. Le mot analemme signifie à peu près la même chose que lemme ; l'analemme est pour les démonstrations graphiques ce qu'est le lemme pour les démonstrations géométriques : c'est une figure où l'on prend ce qui peut abréger et faciliter la construction de la figure principale».

Pour tracer l'analemme décrivons une circonférence de centre O *(Fig. 11)* et tirons un rayon vertical OA puis la tangente horizontale H.H qui représentera l'horizon. Disons que le rayon vertical OA est est la hauteur du gnomon.

Faisons passer une ligne oblique XX par O, cette ligne faisant avec l'horizon un angle L égal à la latitude du lieu. Cette ligne représente l'axe du monde.

Tirons par O une perpendiculaire ED à cette ligne qui rencontre l'horizon en B.

La distance AB est la longueur de l'ombre du gnomon à midi aux Equinoxes.

Traçons maintenant les Tropiques, perpendiculaires aussi à XX à une distance de la ligne des Equinoxes telle que les arcs ET1 et ET2 soient égaux aux déclinaisons + et — du soleil, soit 23° 26'.

La droite T2.0 prolongée coupe l'horizon en F et la distance AF est la longueur de l'ombre du gnomon à midi au Solstice d'Eté.

La droite T1.0 prolongée coupe l'horizon en H et la distance AH est la longueur de l'ombre du gnomon à midi au Solstice d'Hiver.

La demi-circonférence EXD de centre O est le rabattement sur le méridien de la moitié du cercle des Equinoxes. En divisant le quart EX de cette circonférence en 6 arcs égaux nous aurons la division des heures égales semi-diurnes aux Equinoxes.

En effet le jour étant divisé en 12 parties, au lever du soleil il était 0 heure, à midi c'était la 6e heure et le soleil se couchait à 12 heures. Le jour étant partagé en deux parties pratiquement symétriques à la ligne de midi il suffit de faire le tracé semi-diurne, les heures se correspondant comme il est indiqué sur les figures par leur projection sur les diamètres des arcs des Equinoxes ; puis nous abaissons des perpendiculaires des points de division sur le demi-diamètre EO. *(Fig. 11).*

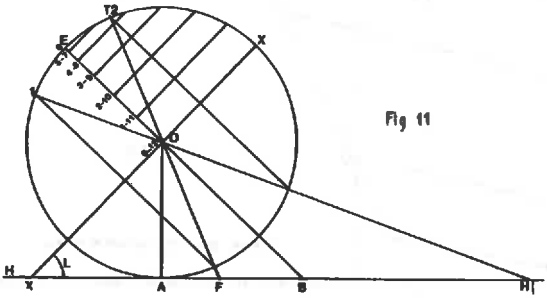


Fig 11

Pour les Solstices, on décrira les demi-circonférences sur les diamètres des tropiques *(Fig. 12),* puis la ligne d'horizon H1.H1.

Aux points de rencontre J et K de cet horizon avec les lignes des Tropiques élevons les perpendiculaires JL et KM.

L'arc T2L est l'arc semi-diurne au Solstice d'Eté et l'arc T1M est l'arc semi-diurne au Solstice d'Hiver.

On divise l'arc T2L en 6 parties égales des points desquels on abaisse des perpendiculaires sur T2J et on obtient les divisions correspondant aux heures d'été.

Opérant de la même manière pour l'arc T1M on aura les divisions correspondant aux heures d'hiver.

On obtient ainsi les points 0-12, 1-11, 2-10, 3-9, 4-8, 5-7 et 6.

Pour tracer le cadran solaire horizontal en se servant de l'analemme on procède comme suit.

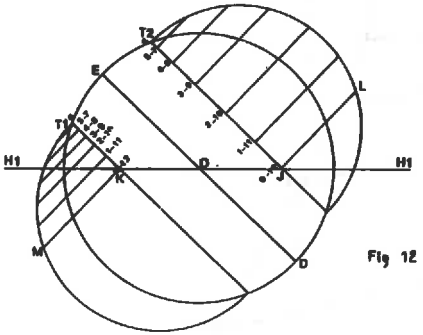


Fig 12

Tracé du Cadran Horizontal *(Fig. 13)*

Tirer la ligne d'horizon HH'. Choisir une hauteur de style que l'on placera verticalement sur HH' en S et de son extrémité 0 tracer une circonférence de rayon OS qui figurera le méridien.

Tracer l'axe du monde MM' faisant avec l'horizon l'angle L = latitude du lieu et passant par O, sommet du style.

Faire passer par O la ligne EE' perpendiculaire à MM' : ce sera la ligne des Equinoxes. Tirer par O les lignes DD' et D1.D1', de sorte que les angles DOE et D1.OE représentent la plus grande déclinaison du soleil : 23°26'.

Voir les figures 11 & 12

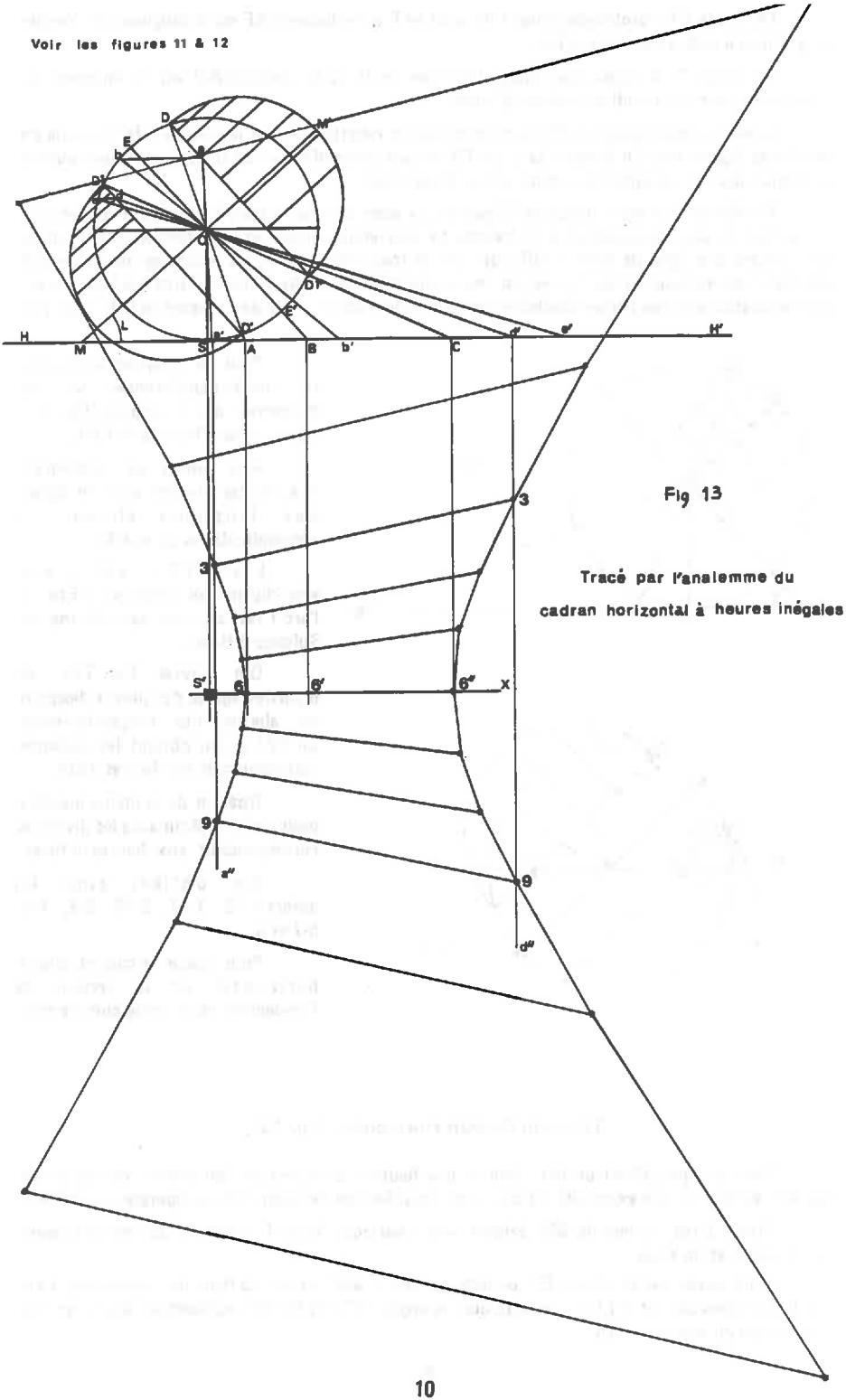


Fig 13

Tracé par l'analemme du cadran horizontal à heures inégales

Prolonger les lignes EE', DD', D1.D1', jusqu'à leur rencontre avec l'horizon qu'elles rencontreront en A, B, C, les distances SA, SB, SC seront respectivement les longueurs de l'ombre SA au solstice d'été SB aux équinoxes SC au solstice d'hiver à la plus grande hauteur du soleil dans le milieu du jour c'est-à-dire à la 6e heure antique.

Rabattre la figure sur le plan et placer le pied du style S' d'où l'on tirera S'X. En reportant les longueurs des ombres SA, SB, SC sur S'X les points de rencontre indiqueront la 6e heure respectivement en 6,6'6" c'est-à-dire au solstice d'été, aux équinoxes et au solstice d'hiver.

Pour terminer les points des heures nous procèderons comme suit en prenant pour exemple les points de 3 heures - 9 heures qui seront symétriques par rapport à la ligne de midi (6 heures à l'antique).

Nous déterminerons ces points pour les solstices et nous les joindrons deux à deux par une droite qui sera une ligne d'heure tout au long de l'année. En réalité les lignes d'heure ne sont pas exactement des droites (J. Drecker).

Reprenons les projections des divisions des arcs semi-diurnes *(Fig. 12)* reportées sur la *Fig. 13.*

Partant du point 3-9 sur la ligne du solstice d'Eté tirons l'horizontale a-b jusqu'à la circonférence du méridien.

Du point b tirons la ligne bO qui prolongée rencontre l'horizon en b'.

La distance Sb' est la longueur de l'ombre du style à 3 heures et à 9 heures.

Du point a tirons a-O qui, prolongée rencontre l'horizon en a', d'où nous tirons la perpendiculaire à la ligne de midi a' - a".

Avec un compas d'ouverture égale à la longueur de l'ombre Sb', et S comme centre décrivons un arc qui coupe en deux points la ligne a' a" : ces points de rencontre sont les points indiquant respectivement 3 heures et 9 heures au solstice d'été.

Pour marquer 3 heures et 9 heures au solstice d'hiver, partons du point d en tirant l'horizontale d-e jusqu'à la circonférence du méridien.

Du point e tirons la ligne eO qui, prolongée rencontre l'horizon en e'.

La distance Se' est la longueur de l'ombre du style à 3 heures et à 9 heures.

Du point d tirons dO qui, prolongée rencontre l'horizon en d' d'où nous tirons la perpendiculaire à la ligne de midi d'd".

Avec un compas d'ouverture égale à la longueur de l'ombre Se', et S' comme centre décrivons un arc qui coupe en 2 points la ligne d'd", ces points de rencontre sont les points indiquant respectivement 3 heures et 9 heures au solstice d'hiver.

En opérant de façon similaire en partant successivement des points de projection 1.11 - 2.10 - 3.9 - 4.8 - et 5.7 on obtiendra les positions des heures de 1 à 11 aux solstices et on les joindra par des droites.

Au lever et au coucher du soleil, c'est-à-dire à l'heure 0 et à l'heure 12, l'ombre du style est portée à l'infini. On ne peut donc pas porter ces heures sur le cadran.

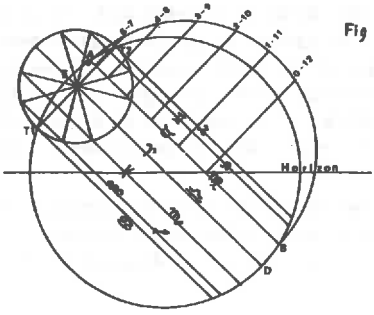


Fig 14

Pour obtenir des points similaires aux époques intermédiaires, soit aux époques de l'entrée du soleil dans chacune des signes du Zodiaque, il faut tracer les parallèles du soleil disposés entre les solstices et correspondant à la division de l'année en douze parties, soit en arcs de 30°. *(Fig. 14)*

Dans ce but, on décrit un petit cercle sur la droite joignant deux extrémités correspondantes des solstices, soit les points T1 et T2.

La circonférence de ce petit cercle est ensuite divisé en douze parties égales et des points de division on tire des parallèles à l'équateur ED qui coupent de part et d'autre le cercle méridien.

En opérant pour chacune de ces lignes comme pour les lignes des solstices on obtient les arcs diurnes et les points horaires correspondant aux époques considérées.

Par exemple le demi-cercle tracé sur AB indiquera les divisions correspondant aux signes du Taureau et de la Vierge.

Sur ces cadrans l'ombre de l'extrémité du style décrit sur leurs plans des courbes dont la grandeur dépend de la hauteur du style sur le plan et de la déclinaison variable du Soleil et qui sont des arcs d'hyperboles, d'ellipses ou de paraboles. Quand le soleil est dans l'équateur, c'est-à-dire aux Solstices, ces arcs se réduisent à une droite à laquelle on a donné le nom d'équinoxiale. Les courbes des Solstices tracées sur des cadrans limitent donc la surface du cadran balayée par l'ombre du style.

En plus de cet exemple, l'analemme permet de tracer tous les cadrans d'azimut et de hauteur sur n'importe quels plans verticaux, méridionaux ou déclinants. La *Fig. 15* montre le tracé d'un cadran de hauteur applicable sur un plan vertical à style déplaçable ou qui, enroulé sur un cylindre donne le cadran connu sous le nom de Cadran de berger, encore en usage paraît-il dans les Pyrénées il y a peu d'années.

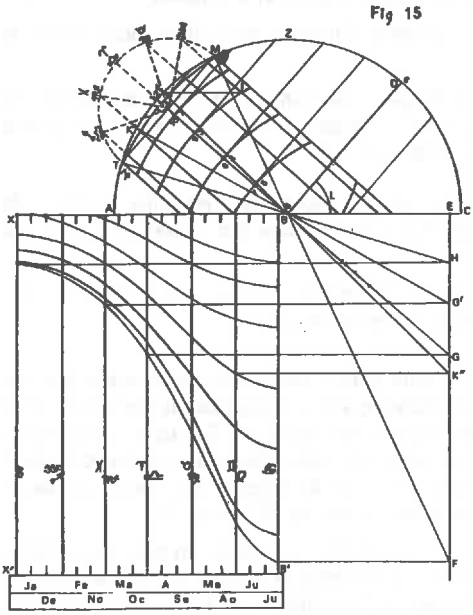
Le demi-cercle AZC représente le méridien avec la division des heures, la ligne B-12 le demi-équateur et la ligne 0-6 l'axe du monde élevé de la latitude du lieu L sur l'horizon AC.

La perpendiculaire EF à l'horizon représente une génératrice du cylindre et la distance BE la longueur du style.

Le rectangle XB-X'B' représente la surface d'un cadran de hauteur sur un plan vertical. Il est divisé verticalement en 6 parties représentant chacune une double période zodiacale, chaque ligne de division correspondant à la date d'entrée du Soleil dans deux Signes. On note en effet que le déplacement ascendant et descendant du Soleil entre les tropiques se présente à peu près symétriquement deux fois dans l'année et que par conséquent l'entrée dans un Signe correspond six mois après à l'entrée dans le signe opposé : Lion - Gémeaux, Bélier - Balance, etc...

Le style de ce cadran sera horizontal et devra se déplacer sur la ligne XB pour se trouver à la date du jour de l'observation. Les mois sont indiqués à la partie inférieure du cadran et divisés en périodes de 10 jours.

Fig 15



On ne peut évidemment pas attendre une grande précision.

La construction détaillée du cadran est décrite dans plusieurs ouvrages anciens, par exemple par Dom Pierre de Sainte Marie Magdeleine dans son Traité d'Horlogiographie (Paris 1641). La *Fig. 15* indique la marche à suivre pour déterminer le point de 12 heures à l'entrée dans le signe du Cancer et le point de 9 heures et 3 heures à l'entrée dans le signe du Taureau et de la Vierge.

On divise le méridien AZC en arcs de 15° en partant de son intersection avec l'équateur où l'on marque 12 heures. L'intersection avec la ligne polaire DB indiquera 6 heures. Des points de division on abaisse alors des perpendiculaires sur l'équateur B.12.

De chacun de ces points obtenus sur l'équateur, entre 12 heures et 6 heures, on prend avec un compas sa distance à D que

l'on reporte sur le prolongement BG de l'équateur. De ce dernier point où l'on place la pointe du compas on décrit, entre les tropiques de l'analemme un arc qui passe par le point de rencontre trouvé plus haut de la perpendiculaire abaissée du point d'heure considérée sur le méridien avec l'équateur B.12.

Si nous traçons en les prolongeant jusqu'à leur rencontre avec EF les lignes MB, KB et TB nous obtenons les points H, G, F et les distances EH, EF, EG sont respectivement les longueurs des ombres du style à midi au solstice d'Hiver (Capricorne) aux Equinoxes (Bélier et Balance) et au solstice d'Eté (Cancer).

Pour avoir la longueur de l'ombre à midi à l'entrée dans les Poissons, par exemple, soit le 19 Février ou dans le Scorpion, 23 Octobre, nous partirions du point K' et la longueur de l'ombre serait la distance EG'.

Nous opérerons de la même manière pour les autres signes et nous reporterons les longueurs d'ombres obtenues sur les divisions verticales du cadran affectées respectivement des signes correspondants en partant du haut du cadran.

Pour avoir les longueurs des ombres aux autres heures et aux diverses époques de l'année on prendra pour point de départ le point d'intersection de l'arc de cercle tracé entre les tropiques correspondant à l'heure choisie avec la ligne de l'analemme représentant le parallèle du soleil à l'époque voulue.

Par exemple, partant du point I, d'intersection de l'arc de cercle correspondant à 3 heures et 9 heures avec la ligne du parallèle du Soleil correspondant du Lion et des Gémeaux, on tirera IK parallèle à l'équateur et de son point de rencontre K avec le méridien on fera la ligne KB que l'on prolongera jusqu'à rencontrer la ligne EF en K". La longueur EK" sera celle de l'ombre le 23 Juillet et le 21 Mai et on la reportera sur la division du cadran affectée de ces deux signes.

En opérant ainsi successivement pour toutes les heures du jour et les entrées du Soleil dans chacun des signes on aura réalisé les courbes marquées sur le Cadran.

On a réalisé aussi des cadrans de hauteur portatifs, sans style, tel que celui de la *Fig. 16.*

Il se compose d'une tablette sur laquelle on a tracé des arcs de cercle correspondant aux mois de l'année, chaque espace étant divisé en trois parties pour avoir des repères de 10 en 10 jours. D'un côté de la tablette sont inscrits les 6 premiers mois de l'année, de l'autre côté les 6 autres. Partant de tables de hauteur du Soleil on a tracé des courbes horaires qui recoupent les arcs de cercle. En haut de la tablette sont disposées deux pinules dont l'une est percée d'un petit trou. A l'angle supérieur droit du tracé, au point de centre des arcs de cercle est suspendu un fil à plomb sur lequel peut coulisser une perle.

Pour utiliser le cadran, on tend le fil à plomb le long du côté droit et on fait glisser la perle pour l'amener en face de la date du jour. On tourne alors le côté supérieur du cadran vers le Soleil de manière que le rayon lumineux passant par le trou de la première pinule soit dirigé sur le repère de la seconde.

On doit tenir le plan du cadran bien vertical de manière que le fil à plomb soit tangent à ce plan pour prendre librement sa position.

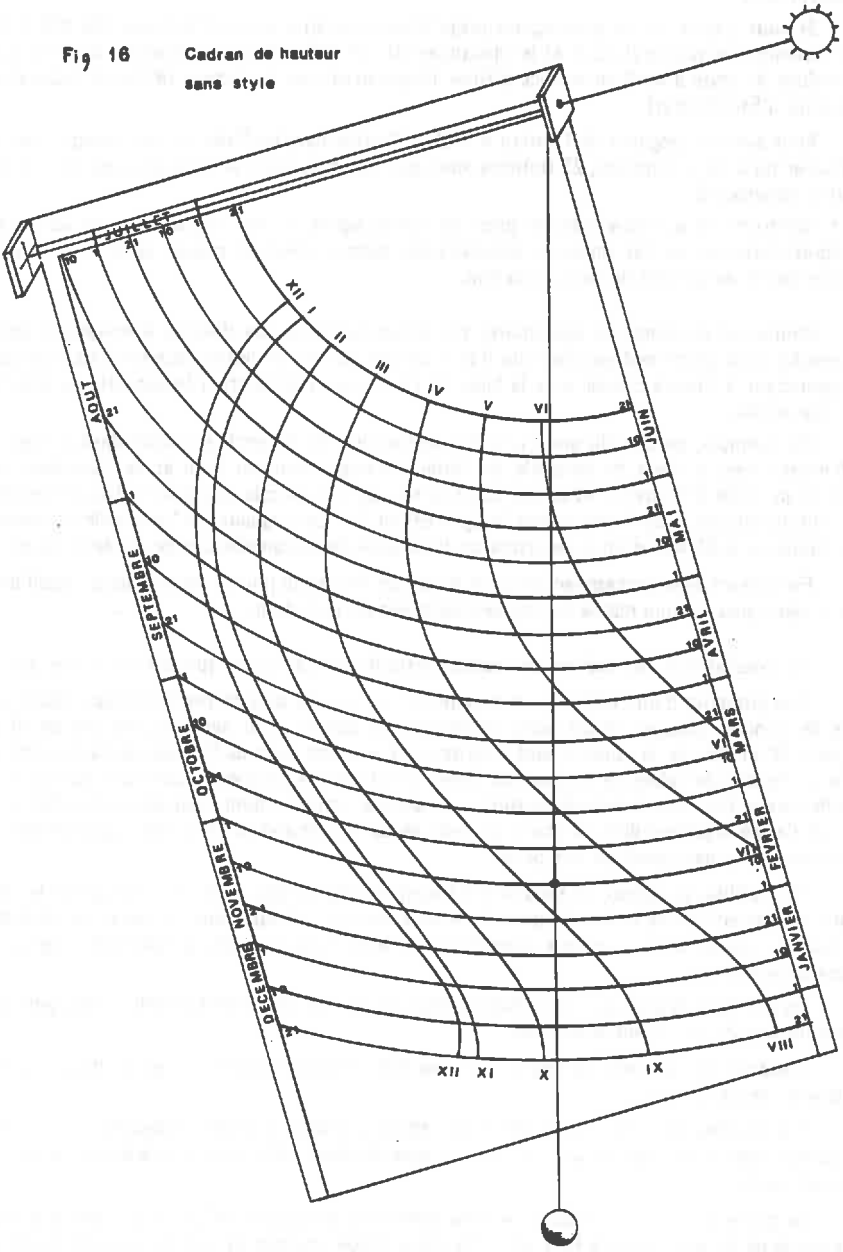
L'endroit où la perle se trouve sur une des courbes horaires ou entre deux courbes indiquera l'heure qu'il est.

L'analemme sert aussi au tracé d'un cadran azimutal à style déplaçable sur un plan horizontal comme on peut en voir un devant l'église de Brou à Bourg-en-Bresse et qui mérite une mention spéciale.

Ce genre de cadran a conservé le nom spécifique de «Cadran Analemmatique» à la suite sans doute de la publication à Paris en 1640 d'une étude intitulée «Traité ou usage du Quadrant analemmatique» par M. de Vaulezard mathématicien.

A Brou le cadran fut établi au moment de la construction de l'église mais rapidement dégradé. Il fut réétabli par Jérôme Lalande en 1756 puis restauré en 1902 par un entrepreneur qui jugea bon d'y ajouter la courbe en 8 représentant la méridienne de temps moyen.

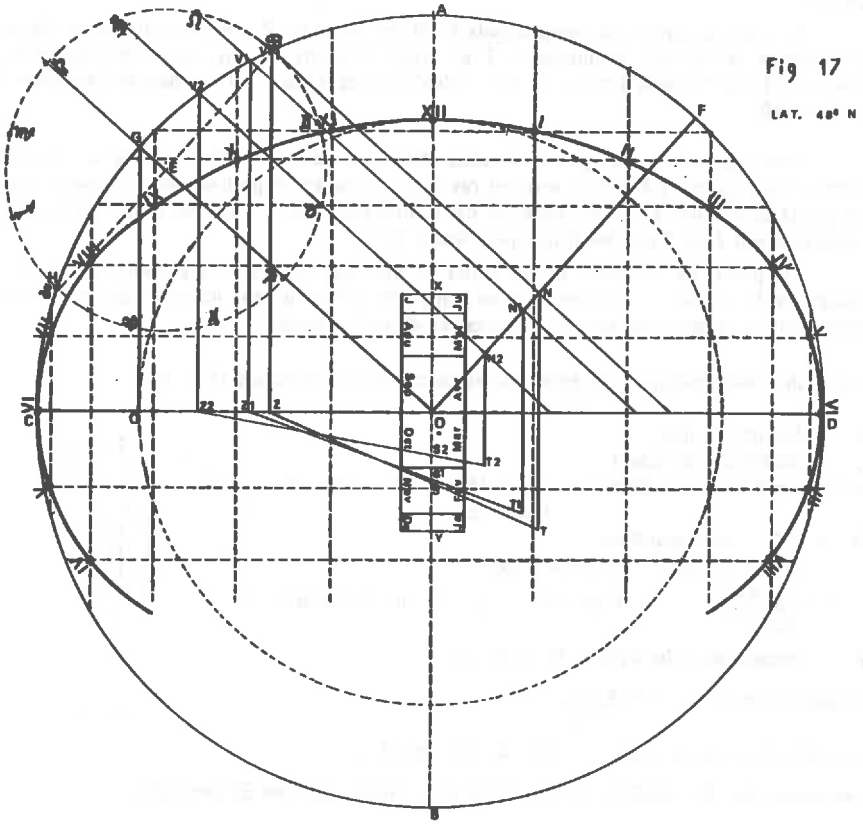
Fig 16 Cadran de hauteur sans style



Cependant le tracé de cette courbe a été reconnu de nos jours inexact et il a été mis au point par des Américains pour l'exécution d'un cadran pareil à celui de Brou dans un jardin de l'Université de la Caroline du Nord à Charlotte (Sky and Telescop Dec. 1975).

D'autres cadrans de ce genre se trouvent à Vienne (Isère), Avignon, Montpellier, Juan-les-Pins et Dijon.

La description *(Fig. 17)* du tracé de ce cadran s'exécute comme il suit. (D'après Bedos de Celle. Paris 1760).



Décrivons un cercle de centre O par lequel nous faisons passer deux droites perpendiculaires entre elles AB et CD.

Le cercle représente le méridien, le diamètre CD l'horizon et le diamètre AB le premier vertical.

Du point D prenons l'arc DF égal à la latitude du lieu ou élévation du Pôle, et tirons FO qui représente l'axe du Monde puis par O la perpendiculaire OG qui représente l'Equateur. Puis de G abaissons une perpendiculaire GQ sur l'horizon.

Plaçons les points I et H déterminant les arcs GI et GH de chacun 23°27' plus grande déclinaison du Soleil.

Tirons HI qui coupe la ligne de l'équateur en E et de ce point traçons la circonférence HIJ.

Divisons cette circonférence en 12 arcs de 30° chacun que nous affecterons des signes du Zodiaque.

Par les points de division tirons des parallèles à la ligne de l'équateur jusqu'à la ligne horizontale. Pour raison de symétrie on se contente de tirer seulement trois parallèles passant par les lignes du Taureau, des Gémeaux et du Cancer.

Par les points de rencontre V, VI, V2 des parallèles avec le grand cercle abaissons des perpendiculaires sur l'horizontale, ce qui donne les points Z, Z1, Z2.

Ensuite par les points de rencontre N, N1, N2 de ces mêmes parallèles avec l'axe du monde OF abaissons des perpendiculaires indéfinies coupant cette horizontale aux points R, R1, R2.

Avec une ouverture de compas égale à QO, décrivons sur Z comme centre un arc de cercle qui coupera la ligne NR prolongée en T et tirons la droite ZT qui coupe l'axe AB en S. La longueur ST représente la distance du style à l'entrée dans le Cancer OX et dans le Capricorne OY sur l'axe AB.

Pour déterminer les points horaires décrivons du centre O le cercle de rayon QO concentrique au cercle ADBC et divisons ces deux cercles en 24 parties égales. Joignons 2 par 2 les points de division du grand cercle par des droites parallèles à AB et les points de division de cercle intérieur 2 par 2 par des droites parallèles à CD.

Les points de rencontre de ces lignes les plus près du grand cercle sont les points des heures. En les joignant on obtient le tracé d'une ellipse. Pour obtenir les points de demi-heure en demi-heure on aurait divisé les circonférences en 48 parties égales.

Expression mathématique des éléments des cadrans analemmatiques. *(Fig. 18)*

L = latitude du lieu
D = déclinaison du Soleil
AH = angle horaire du Soleil : 1 h = 15° - 2 h = 30° etc...
1 m = 15'

R = OA = demi grand axe
OB = R sin L = demi petit axe

$$\text{tg } a = \frac{\text{tg AH}}{\sin L} \qquad x = R \sin AH \qquad y = R \sin L \cos AH$$

d = déplacement du Style = R tg D cos L

$$\text{hauteur du style} \geqslant \frac{R \cos (L - D)}{\cos D}$$

diamètre de la tige du style ∿ 1/100 du demi grand axe.

Les valeurs de D, déclinaison du Soleil se trouvent dans les Ephémérides.

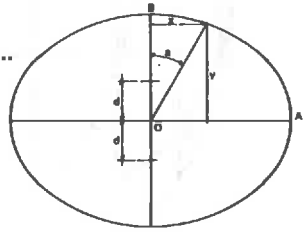


Fig 18

Le Moyen Age

Le Moyen Age est cette période historique qui s'étend depuis 395 (partage définitif de l'Empire Romain) jusqu'en 1453 (prise de Constantinople par les Turcs).

L'existence générale était réglée par les Ordres religieux et dans «La Vie privée d'autrefois» Alfred Franklin nous donne un aperçu des coutumes au XIIIe siècle.

Le clergé utilisait la division du temps en heures dîtes canoniales, soit des intervalles de trois heures : matines à minuit, laudes à 3 h du matin, prime à 6 h du matin, tierce à 9 h du matin, sexte à midi, none à 3 h après-midi, vêpres à 6 h du soir et complies à 9 h du soir.

Du Moyen Age on connaît les cadrans «canoniaux» qui indiquent le temps de 6 h du matin à 6 h du soir et qui sont divisés en quatre ou en 6 parties. Dans le premier cas, ces divisions correspondent bien aux heures canoniales mais pas dans le second, qui est celui par exemple du cadran de l'église Sainte-Bénigne à Dijon.

Pour les heures de nuit le religieux chargé de sonner les cloches ne se couchait pas, il sortait de temps en temps pour examiner le ciel et se fier soit à la lune soit à une étoile.

Quand il n'y avait pas de soleil et que la nuit était sans étoiles le religieux se fiait à la consommation de cire d'un cierge ou de l'huile d'une lampe graduée.

Dans les couvents les plus pauvres il comptait un nombre de psaumes récités ou lus. Des couvents riches possédaient des clepsydres.

La vie en général, les commencements et arrêts des travaux, des divers métiers, les entrées et sorties du Parlement étaient réglés sur les sonneries de cloches.

C'est au XVe siècle qu'on trouve les premiers ouvrages publiées en latin par des moines et que s'est développé en Europe l'art de faire des cadrans solaires. Le premier ouvrage publié en français est de Vinet Elie en 1564 à Poitiers.

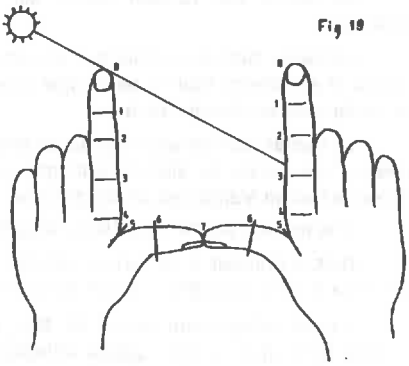
Cadrans rustiques

Durant la période du Moyen Age, on se servait aussi de méthodes rustiques, par exemple le rapport de la hauteur du corps à la longueur de son ombre mesurée en pieds. Comme le Soleil monte et descend sur l'horizon on avait établi des tables donnant ce rapport en différentes saisons et en différentes régions.

En 1662 le R.P. Bobynet, jésuite, écrivit un petit ouvrage intitulé «l'Usage facile du cadran des doigts réduit en pratique... pour toutes sortes de personnes».

La *Fig. 19* montre qu'il s'agit de repérer sur la tranche d'une main la position de l'ombre de l'index de l'autre main. Ce n'est pas si simple et il faut plusieurs pages à l'auteur pour exposer le mode d'emploi, plus un tableau pour «connaître à peu près en plusieurs endroits de France l'heure du lever et du coucher du Soleil chaque mois de quart en quart d'heure» ; car il faut, pour arriver au résultat :

1°) faire trois suppositions,
2°) respecter trois points dans la pratique et
3°) posséder trois secrets... Au terme de longues explications ; le R.P. Bobynet conclut : «En voilà bien assez pour les bons esprits».



Au XVIIe siècle de nombreux ouvrages furent édités, ayant pour auteurs des ecclésiastiques ou des architectes et des mathématiciens. Ces ouvrages décrivent la manière de tracer et construire toutes sortes de cadrans.

Définitions propres à la Gnomonique

Le Plan du cadran ou Table du Cadran est la surface sur laquelle on a tracé les lignes horaires selon les règles de la Gnomonique et qui marquent la marche du Soleil par l'ombre d'un Gnomon, d'un Style ou d'un Axe.

Le Style appelé quelquefois aussi gnomon est une tige métallique plantée dans la table du cadran dans des conditions déterminées plus loin.

Le Style se présente aussi sous la forme d'une plaque métallique mince de la forme d'un triangle rectangle fixée sur la table du cadran dans le plan du méridien de telle manière que l'hypothénuse remplit le même rôle que la tige du Style.

L'Axe ou Style-Axe est une tige métallique qui marque l'heure par toute la longueur de son ombre. Il est planté dans la table de telle sorte que dans n'importe quel Cadran il est dirigé suivant l'axe du Monde.

La Méridienne, dans toutes sortes de Cadran est la ligne qui désigne le vrai Midi du lieu.

A cette méridienne est souvent superposée une courbe en forme de 8 qui indique le temps moyen en fonction de l'équation du Temps.

Cette courbe a été présentée vers 1740 par G. de Fouchy de l'Académie des Sciences. Notons que dans les pays de langue anglaise elle a été baptisée «Analemma» quoique n'ayant pas de point commun avec l'analemme de Ptolémée et de Vitruve.

La Soustylaire est une ligne sur laquelle on place toujours le Style ou l'Axe. Dans les Cadrans horizontaux elle se confond avec la Méridienne, de même que dans les cadrans verticaux non déclinants. Sur les cadrans déclinants la Soustylaire est une ligne différente de la Méridienne, faisant avec elle un certain angle. La soustylaire passe toujours par le centre du cadran.

Dans un cadran solaire Vertical déclinant, la Soustylaire est toujours à gauche de la Méridienne, côté des heures du matin quand le plan du cadran décline vers l'Est, et toujours à droite, côté des heures du soir quand le plan du cadran décline vers l'Ouest.

Le Centre du Cadran est un point d'où partent toutes les lignes horaires ainsi que le Style Axe. Ce centre peut éventuellement se trouver hors du Cadran.

L'Equinoxiale est une droite qui représente l'Equateur et qui dans tous les cadrans fait toujours un angle droit avec la Soustylaire.

Dans les cadrans verticaux méridionnaux c'est-à-dire non déclinants l'Equinoxiale est une droite horizontale et dans les Cadrans horizontaux elle est perpendiculaire à la ligne de Midi.

On donne aux Cadrans décrits sur les plans différentes dénominations suivant leur orientation :

Le Cadran horizontal tracé sur un plan parallèle à l'horizon.
Comme il est éclairé tout le temps que le Soleil est au-dessus de l'Horizon il peut marquer les heures du lever au coucher du jour.

Le Cadran vertical est tracé sur un plan vertical comme un mur bien d'aplomb. Cependant suivant l'orientation du Mur on distingue selon qu'il est tourné vers le Sud, le Nord, l'Est ou l'Ouest le Cadran Méridional, le Septentrional, l'Oriental et l'Occidental.

Si le mur est tourné vers n'importe quelle autre direction il est déclinant.

Dans la pratique il est rare qu'un mur soit tourné exactement vers l'un des quatre points cardinaux et on a donc affaire en général à un mur déclinant.

S'il est obliquement tourné du Midi vers l'Orient on dira qu'il est déclinant du Midi à l'Orient. Si le plan du mur regarde obliquement l'occident et qu'il soit tourné en même temps vers le midi ce sera un cadran Méridional déclinant vers l'Occident.

Le Cadran Equatorial est celui dont le plan est parallèle à l'équateur. Son plan fait par conséquent avec l'horizon un angle égal à l'élévation de l'Equateur sur l'horizon, cette élévation étant le complément de l'élévation du Pôle (Latitude du lieu).

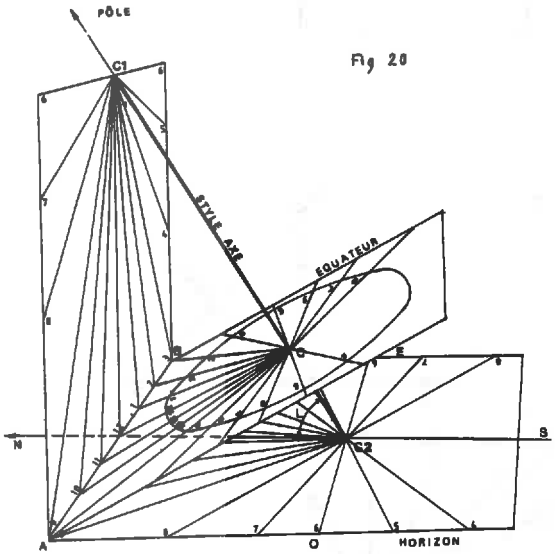
Le Cadran Polaire est celui qui se fait sur un plan parallèle à l'axe de la Terre et qui coupe perpendiculairement le méridien du lieu. C'est un cadran sans centre.

Les Cadrans modernes à Style - Axe

Sous cette dénomination on comprend les cadrans sur les surfaces desquels l'ombre du Soleil est portée par une tige ou l'arête d'une surface dirigée vers le pôle suivant l'axe du Monde.

Les cadrans comportant cette disposition du Style sont apparus en Europe au XVe siècle, venant d'Arabie. Le plus ancien d'entre eux serait celui appelé «l'Astronome au Cadran solaire» posé sur la Cathédrale de Strasbourg en 1493. (Les Cadrans solaires d'Alsace par J. Rohr).

On trouve dans cette catégorie tous les cadrans plans modernes, c'est-à-dire les verticaux, les horizontaux, les verticaux déclinants, les inclinés ainsi que les inclinés-déclinants et parmi eux le cadran particulier Equatorial dont le plan est parallèle au plan de l'Equateur et par conséquent le Style perpendiculaire au centre du cadran. *(Fig. 20)*



Le mouvement apparent du Soleil se situant dans le plan de l'équateur aux Equinoxes et dans un plan oblique à celui-ci de part et d'autre suivant que la déclinaison du Soleil est positive - en Eté - ou négative - en Hiver - il suffit de tracer une circonférence avec pour centre le point où ce plan équatorial est traversé par le Style Axe, dirigé lui-même vers le pôle dans le plan du Méridien du lieu.

Ce Style Axe fait alors avec le plan horizontal l'angle L égal à la latitude du lieu.

Divisant ensuite cette circonférence en 24 parties égales, chaque division de 15° représentera une heure de temps de la course apparente du Soleil et quand ce dernier passera au méridien du lieu, l'ombre du Style-Axe se projettera sur la ligne de Midi.

Ceci étant fait, prolongeons les lignes des heures en partant du centre C jusqu'à leur rencontre avec A.B.

Alors on obtiendra les lignes des heures sur le plan vertical et sur le plan horizontal en prenant pour centres respectivement les points C1 et C2 et tirant par ces points des lignes vers AB jusqu'aux points de rencontre des lignes horaires du plan Equatorial.

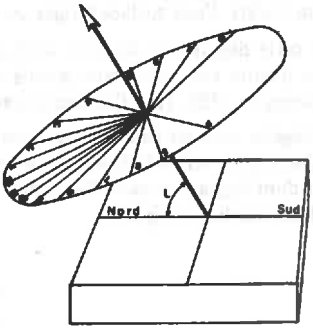
Nous pourrons déduire de l'examen de la figure que par des rabattements nous avons le moyen de tracer sur un plan les lignes horaires d'un cadran vertical ou horizontal.

Construction d'un Cadran Equatorial *(Fig. 21)*

La construction la plus simple de ce cadran consiste à tracer un cercle divisé de 15° en 15° et de faire traverser en son centre par une tige que l'on fixera sur un socle de manière à faire avec lui un angle L égal à la latitude du lieu. Si le disque est en matière opaque il faut le graduer des deux côtés pour lire l'heure par dessus en Eté et par dessous en Hiver. Le Cadran doit être orienté de manière que l'axe se trouve dans le plan du méridien pour être dirigé vers le Pôle. On utilisera une boussole en tenant compte de la déclinaison magnétique. Nous verrons plus loin

CADRAN EQUATORIAL

Fig 21



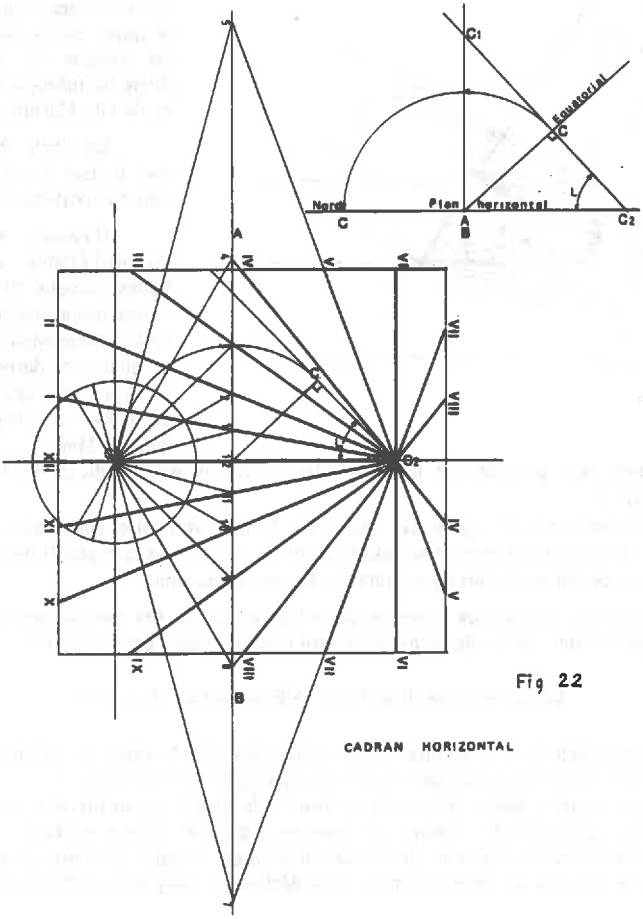


Fig 22

CADRAN HORIZONTAL

que le cadran équatorial a été exécuté dans d'autres dispositions pour rendre sa lecture plus commode.

Tracé des lignes horaires sur le Cadran horizontal *(Fig. 22)*

Données :

1°) la latitude du lieu qui sera l'angle L sur le tracé,

2°) la longueur du style représenté par C. C2. Cette longueur est choisie arbitrairement en rapport de la surface dont on dispose.

Le point C2 sera le centre du cadran horizontal et C' le centre du cadran équatorial pris pour base.

Pour obtenir la distance du centre C2 à la ligne A.B, tracer le triangle C2. C. AB rectangle en C.

Par ailleurs la longueur du côté C. AB du triangle nous donne la distance du centre rabattu C1 du cadran de base à la ligne A.B.

Autour de ce centre C1 nous tirerons les rayons horaires de 15° en 15° que nous prolongerons jusqu'à leur rencontre avec A.B sauf la ligne de 6 heures du matin, 6 heures du soir qui est parallèle à A.B, d'où il vient que sur le tracé du cadran horizontal la ligne correspondante de 6 heures du matin 6 heures du soir tirée par le centre C2 sera aussi parallèle à A. B.

Joignons alors par des droites le centre C2 aux points de rencontre des lignes horaires de l'équatorial avec A. B, ces droites seront les lignes horaires du cadran horizontal pour la latitude du lieu.

Pour avoir les lignes de 4 h et 5 h du matin, on prolongera au-delà du centre C2 les lignes de 4 h et 5 h de l'après-midi.

Pour avoir les lignes de 7 h et 8 h du soir on prolongera de même les lignes de 7 h et 8 h du matin.

Le cadran sera orienté —comme dans le cas du cadran équatorial— la ligne de midi vers le Nord en partant du centre C2 et le style se trouvera ainsi dans la direction de l'axe du Monde.

Comme il a déjà été dit, le cadran horizontal est éclairé toute l'année dès le lever du soleil jusqu'à son coucher.

Expression mathématique des éléments du Cadran horizontal

L = latitude du lieu. C'est aussi l'angle que fait le style axe ou l'hypothénuse du triangle style avec le plan du cadran.

AH = angle horaire du Soleil : 1 h = 15° - 2 h = 30° etc...
1 M = 15'

X = angle de la ligne horaire avec la Méridienne

on a : $\mathrm{tg}X = \sin L \, \mathrm{tg}\, AH$

Les lignes horaires sont symétriques par rapport à la ligne de Midi.

Les heures du Matin sont comptées à l'Ouest et celles du Soir à l'Est de la ligne de Midi.

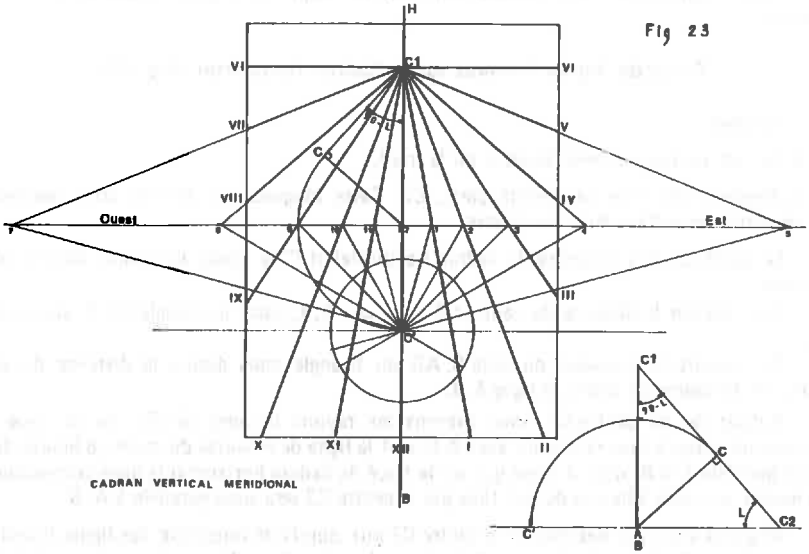
Tracé des lignes horaires sur le Cadran Vertical Méridional *(Fig. 23)*

Données :

1°) la latitude du lieu qui sera l'angle L sur le tracé, son complément 90 - L sera l'angle du style avec le plan du cadran,

2°) la longueur du style représentée par C1. C. cette longueur est choisie arbitrairement en rapport de la surface dont on dispose,

3°) le plan auquel le cadran est destiné est tourné exactement au Sud.



Tirer la verticale H. B qui sera la méridienne du cadran vertical.

Le point C1 en sera le centre et C' le centre du cadran équatorial pris pour base.

On obtient la distance du centre C1 à la ligne A.B en traçant le triangle C1. C. AB rectangle en C.

La longueur du côté C. AB nous donne la distance du centre rabattu C' du cadran de base à la ligne A.B.

Autour de ce centre C' nous tirerons les rayons horaires de 15° en 15° que nous prolongerons jusqu'à leur rencontre avec la ligne A.B sauf la ligne de 6 h du matin 6 h du soir qui est parallèle à A.B, d'où il vient que sur le cadran vertical méridional la ligne correspondante de 6 h du matin 6 h du soir est une horizontale passant par le centre C1 du cadran.

Joignons ensuite par des droites le centre C1 aux points de rencontre des lignes horaires de l'équatoriale avec A.B, ces droites seront les lignes horaires du cadran vertical méridional pour la latitude du lieu. Le plan de ce cadran étant dans le plan du premier vertical, il n'est éclairé ni avant 6 h du matin ni après 6 h du soir ; il n'y a pas lieu d'y tracer de lignes horaires avant ni après ces heures-là.

Expression mathématique des éléments du Cadran Vertical

L = Latitude du lieu

90° - L = l'angle que fait le style axe ou l'hypothénuse du triangle-style avec le plan du cadran.

AH = angle horaire du Soleil

X = angle de la ligne horaire avec la Méridienne.

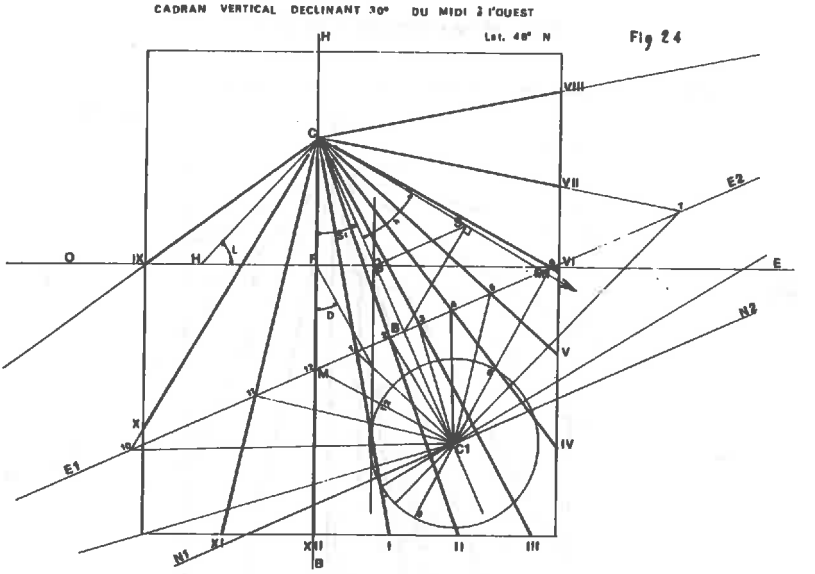
On a : tg X = sin (90° - L) tg AH

Les lignes horaires sont symétriques par rapport à la ligne de Midi.

Les heures du Matin sont comptées à l'Ouest et celles du Soir à l'Est de la ligne de Midi qui est verticale.

Tracé d'un Cadran Vertical sur un mur déclinant

Premier exemple *(Fig. 24)*



Données :

1°) la latitude du lieu qui sera l'angle L sur le tracé, dans notre cas 48° Nord,

2°) la déclinaison du mur, dans notre cas 30° du Sud à l'Ouest (voir définition plus loin),

3°) la direction du style et la longueur C. S seront trouvées au cours du tracé d'après le choix arbitraire de la longueur F.G qui est déterminante de la dimension dudit tracé.

On tracera sur le plan une droite Verticale Ht. Bs qui sera la ligne de Midi puis une horizontale OE qui la coupera en F. Du point d'intersection on tirera la ligne FG à droite de la ligne de midi faisant un angle D égal à la déclinaison du Mur.

La longueur FG est arbitraire mais elle est à la base des autres éléments du tracé et la grandeur finale du plan dépend d'elle.

Tirons par le point G une parallèle G.P. à la ligne de midi ; le point P, intersection de cette droite avec l'horizontale détermine le pied du Style.

Plaçons sur l'horizontale le point H tel que HF = FG et tirons la ligne HC faisant avec l'horizontale l'angle L égal à la latitude du lieu ; le point C est le centre du Cadran.

Tirons de C la ligne CQ passant par P pied du Style : cette droite est la Sous-Stylaire *(Fig. 26)* sur laquelle nous élèverons en P une perpendiculaire égale à PG.

Tirons une droite CS prolongée qui indiquera le Style et l'angle PCS sera l'angle de ce Style sur la table du Cadran dans le plan perpendiculaire à celle-ci passant par la Sous-Stylaire.

Du point S faisons une perpendiculaire sur CS qui rencontrera la Sous-Stylaire en B où nous ferons passer la droite E1. E2 à angles droits qui sera l'Equinoxiale qui rencontrera la Méridienne au point M. et l'horizontale au point M1.

Les points M et M1 seront respectivement les points de Midi et de 6 heures.

On prendra ensuite sur la Sous-Stylaire la longueur BC1 égale à BS, le point C1 sera le centre du Cadran équatorial auxiliaire et on tirera les lignes C1.M, et C1. M1 qui sont perpendiculaires entre elles et qui indiqueront les directions de Midi et 6 heures sur cet équatorial

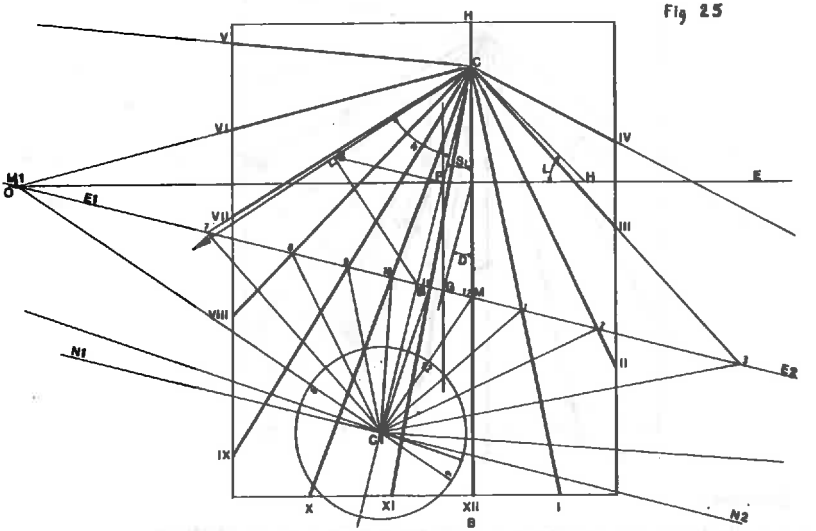
que nous complèterons par des rayons de 15° en 15°

Des points de rencontre de ces rayons avec l'Equinoxiale et par C on tirera les lignes horaires.

Deuxième exemple *(Fig. 25)*

CADRAN VERTICAL DECLINANT 15° DU MIDI à l'EST LYON Lat. 45°45'

Fig 25



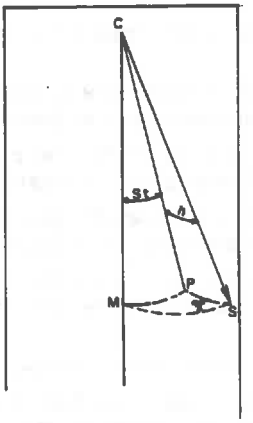
La figure représente le tracé d'un cadran vertical sur un mur déclinant de 15° du Midi à l'Est pour la latitude de Lyon soit 45°756.

On utilisera la même méthode que dans l'exemple précédent mais la sous- stylaire est à gauche de la ligne de midi. *(Fig. 26)*

STYLES DES CADRANS DECLINANTS

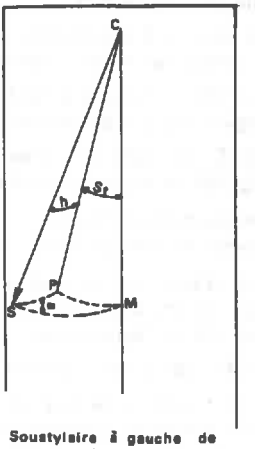
Fig 26

au SUD-OUEST



Soustylaire à droite de la ligne de Midi

au SUD-EST



Soustylaire à gauche de la ligne de Midi

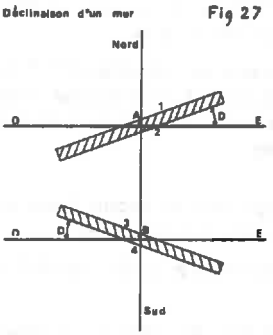
Expression mathématique des éléments d'un Cadran Vertical déclinant

St = angle de la Sous Stylaire avec la ligne de Midi
h = hauteur angulaire du Style sur la table du cadran
a = angle auxiliaire MSP *(Fig. 26)*
C = centre du cadran
P = pied du Style
D = déclinaison du Mur
Da = complément de la déclinaison du Mur
L = latitude du lieu

On a : tg St = cot L cos Da
sin h = cos L sin Da
cot a = sin L tg Da

AH = angle horaire du Soleil
X = angle de la ligne horaire avec la Sous Stylaire
tgX = sin h tg (AH + a) après-midi
sin h tg (AH — a) matin
X1 = angle de la ligne horaire avec la Méridienne
X1 = X ± St

Déclinaison d'un mur



La déclinaison d'un mur est l'angle que fait ce plan avec le Premier Vertical ou vertical Est-Ouest. *(Fig. 27)*

Sur le mur A la face 1 décline du Nord à l'Ouest, la face 2 décline du Sud à l'Est ; sur le mur B la face 3 décline du Nord à l'Est et la face 4 décline du Sud à l'Ouest.

Mesure de la déclinaison d'un mur

C'est une opération importante. Les traités de gnomonique indiquent différentes méthodes pour déterminer la méridienne du lieu afin de mesurer l'angle qu'elle fait avec le mur sur lequel on désire disposer un cadran.

Plus simplement nous indiquerons deux façons d'opérer qui donnent directement la valeur de la déclinaison d'un mur vertical.

PREMIEREMENT. La présence du Soleil est nécessaire et l'on doit opérer à midi vrai, heure locale ce qui suppose que l'on saura déterminer ce midi vrai par rapport à l'heure officielle, en tenant compte de la longitude du lieu. Nous verrons plus loin.

On disposera d'une table ou d'une planchette que l'on placera horizontalement devant le mur, sur laquelle on aura tiré une droite A.P perpendiculaire au côté qui sera appliqué contre le mur et que l'on fera coïncider avec une verticale tracée sur le mur en se servant d'un fil à plomb.

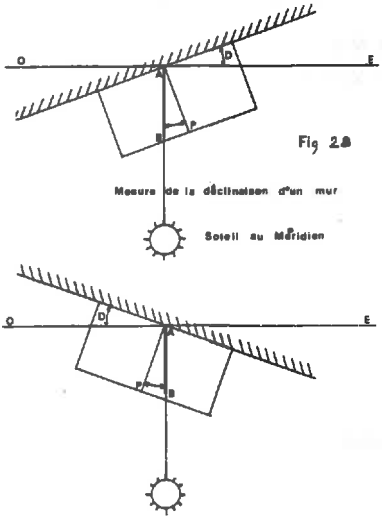


Fig 28

On disposera également d'une plaque mince rigide que l'on maintiendra debout sur la table contre la verticale tracée sur le mur et que l'on orientera de telle sorte qu'elle ne porte pas d'ombre sur le mur à midi vrai, *(Fig. 28)*.

On tracera un trait sur la table ou la planchette en suivant l'arête inférieure A.B de la plaque mince.

L'angle PAB sera l'angle D de la déclinaison du mur.

Cependant pour opérer de cette façon il faudra le faire à midi heure locale vraie du lieu, suivant la longitude du lieu.

On trouve par exemple dans les Ephémérides que le Soleil passe au Méridien de Paris à 11 h 47 TU le 10 Mai 1979.

A cette époque-là, l'heure en France est avancée de 2 heures, nos montres marqueront 13 h 47, il sera midi heure locale sur un cadran solaire.

Pour un lieu situé à l'Est de Paris le Soleil passera au Méridien Avant et pour un lieu situé à l'Ouest il passera Après.

Pour Strasbourg par exemple la longitude est à l'Est de Paris de : 5°26' ou 21 min 45 s ; le Soleil passera au Méridien à 13 h 47 min - 21 min 45 s = 13 h 25 min 45 s de nos montres.

Le même jour à Brest, la longitude Ouest de Paris de 6°51' ou 27 min 23 s, le Soleil passera au Méridien à 13 h 47' + 27 min 23 s = 14 h 14 min 23 s de nos montres.

Si l'on n'a pas les Ephémérides sous la main, on peut se servir d'un Calendrier (P.T.T. par ex.) qui présente un tableau des levers et couchers du Soleil à Paris permettant de calculer l'heure de son passage au méridien de Paris, en considérant que le temps écoulé du lever au passage au méridien est égal au temps écoulé du passage au méridien au coucher.

DEUXIEMEMENT. Disposant d'une boussole, la fixer sur une règle plate de largeur à peu près égale à son diamètre, de 30 à 50 cm de longueur et dont les côtés soient bien parallèles.

Tirer une droite entre ces deux côtés, bien au milieu pour repérer la direction N.S du cadran de la boussole, ceci avec la plus grande précision.

Présenter devant le mur une table ou une planchette posée bien de niveau et sur laquelle on aura tiré une ligne P.P' perpendiculaire au côté qui sera appliqué contre le mur. *(Fig. 29)*

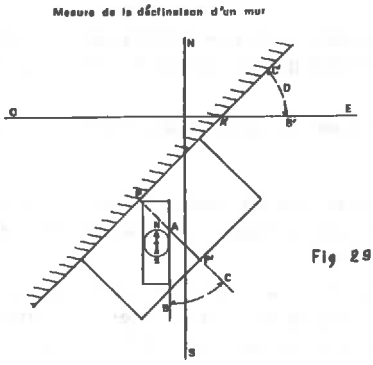


Fig 29

La table ou la planchette étant disposée, placer dessus la règle avec sa boussole de sorte que le côté de la règle coupe la perpendiculaire P.P' et que la boussole indique le Nord en tenant compte de la déclinaison magnétique.

Tirer un trait A.B le long d'un côté de la règle : l'angle BAC ainsi obtenu est égal à l'angle B'A'C' soit D = déclinaison du mur.

Cette méthode présente l'avantage de pouvoir opérer à n'importe quel moment, avec ou sans soleil.

Pour connaître la latitude et la longitude d'un lieu, on peut se référer aux cartes du Service Géographique ou aux cartes routières en tenant compte que les indications sont portées en grades qu'il faudra convertir éventuellement en degrés sexagésimaux.

Principales formes de Styles *(Fig. 30)*

Sur les cadrans horizontaux on place verticalement une plaque plus ou moins épaisse, 3 mm à 10 mm en forme de triangle rectangle dont l'hypothénuse indique la direction de l'axe du monde dans le plan du méridien du lieu.

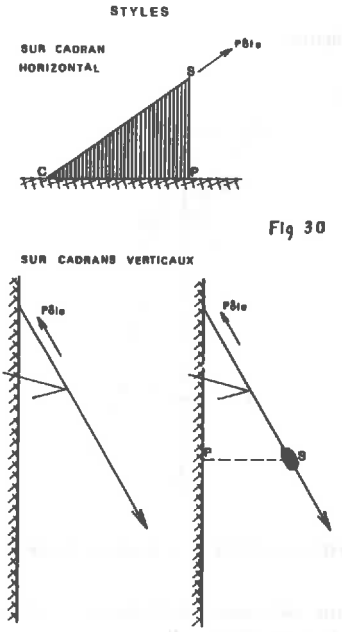


Fig 30

Le côté SP opposé à l'angle SCP est la hauteur du style sur le plan, égal à la latitude du lieu. Le sommet C est placé au centre du cadran. Dans le cas d'une plaque mince, l'ombre à midi est assez fine pour être lue avec précision sur la méridienne. Si la plaque est épaisse il faut en tenir compte en exécutant le tracé du cadran en deux parties en tirant une ligne de chaque côté de la plaque style.

Cette plaque style peut être évidée et ouvragée dans un but décoratif pourvu que l'on conserve l'arête hypothénuse en son entier et en bonne position.

Les Cadrans verticaux, méridionaux ou déclinants portent en général une tige ronde en fer, de 10 mm à 15 mm de diamètre, dirigée suivant l'axe du monde. Elle peut être scellée ou fixée par tout autre moyen dans le mur et le plus souvent soutenue en plus par deux jambes fixées au mur également.

L'angle que fait la tige avec le mur est égal au complément de la latitude du lieu sur le cadran méridional dans le plan du méridien. Dans les cadrans déclinants la direction de la tige est donnée par le tracé ou le calcul, voir la Fig. 26.

On trace quelquefois l'équinoxiale et quelques arcs des signes, en particulier les arcs des solstices sur un cadran vertical. Dans ce cas on intercalle sur la longueur de l'axe un disque mince (12 cm de diamètre environ) percé d'un trou (2 cm). La hauteur SP correspond à celle relevée sur le tracé du cadran et donc au tracé de l'équinoxiale et des arcs. On a posé également quelquefois des styles triangulaires sur des cadrans verticaux de petites dimensions.

Eclairement des Cadrans

Nous avons vu que le cadran horizontal ainsi que le cadran équatorial sont éclairés par le Soleil toute l'année du lever au coucher du Soleil. Il n'en est pas de même pour les cadrans verticaux qui présentent deux cas particuliers : le cadran méridional d'une part et les cadrans déclinants d'autre part.

Ces Cadrans sont éclairés en rapport de l'amplitude de la course du soleil qui est par définition l'angle que fait la position du Soleil à son lever et à son coucher sur l'horizon avec la méridienne du lieu. Cet angle est égal à 90° aux Equinoxes, supérieur à 90° au Solstice d'Eté et inférieur à 90° au Solstice d'Hiver. Il s'ensuit que le cadran vertical méridional n'est éclairé qu'à partir de 6 h du matin et jusqu'à 6 h du soir en Eté.

Pour les cadrans déclinants les tracés *(Fig. 24 et Fig. 25)* montrent que les rayons horaires du cadran auxiliaire de centre C1 rencontrent l'équinoxiale E1. E2 tant qu'ils se trouvent placés entre elle et sa parallèle N1. N2 et limitent ainsi les heures à inscrire sur le cadran.

Les Arcs diurnes - Arcs des Signes

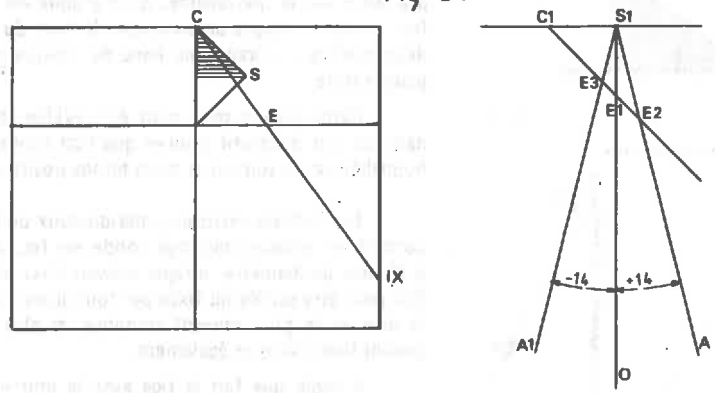
On appelle arc diurne ou courbe diurne la portion de courbe que représente sur le plan d'un cadran le trajet de l'ombre de l'extrémité du Style durant le passage du Soleil au-dessus de l'horizon.

L'extrémité du Style peut être remplacée par un disque percé d'un trou rond et c'est alors le rayon solaire passant par ce trou qui indique le trajet de la courbe sur le plan du Cadran.

Longueur de l'ombre

Soit le cadran vertical *(Fig. 31)* et la seule ligne de 9 heures.

Fig 31



CS est la longueur du Style que nous portons sur une horizontale C1.S puis nous abaissons de S une perpendiculaire SO qui représentera l'équinoxiale.

Trouvons la longueur de l'ombre à 9 heures pour une déclinaison du Soleil de + 14° par exemple. Tirons par S à droite de SO la droite SA faisant cet angle de 14°.

Prenons sur le Cadran la longueur CE, distance du centre C du cadran au point E rencontre de la ligne de 9 heures avec l'Equinoxiale.

Avec le compas dont une pointe est placée en C1 coupons avec l'autre pointe la ligne SO en E1 de façon que C1. E1 = CE.

Prolongeons jusqu'à la rencontre avec le côté SA de l'angle de la déclinaison au point E3 et la distance C1. E3 est la longueur cherchée de l'ombre à 9 heures pour une déclinaison du Soleil de + 14° c'est-à-dire au cours de l'Eté.

Au cours de l'Hiver la déclinaison est négative et nous tirerons à gauche de SO la ligne S. A1 faisant avec elle l'angle de 14°. La longueur de l'ombre est alors égale à C1. E3.

Sur le cadran horizontal la déclinaison du Soleil est comptée positive à gauche de la verticale S.O et la négative à droite.

Comme il n'est matériellement pas possible de tracer pour chaque jour de degré en degré de déclinaison ces arcs sur un cadran, on s'est contenté de les tracer pour des périodes remarquables, en l'occurrence aux dates de l'entrée du Soleil, dans chacun des Signes du Zodiaque.

Ces arcs particuliers ont été dénommés Arcs des Signes.

Pour les tracer sur le Cadran nous utiliserons le Trigone ou Secteur des Signes. Il s'agit d'une figure représentant les déclinaisons du Soleil par rapport à l'Equateur à son entrée dans chaque signe du Zodiaque. *(Fig. 32)*

Le Trigone *(Fig. 32)*

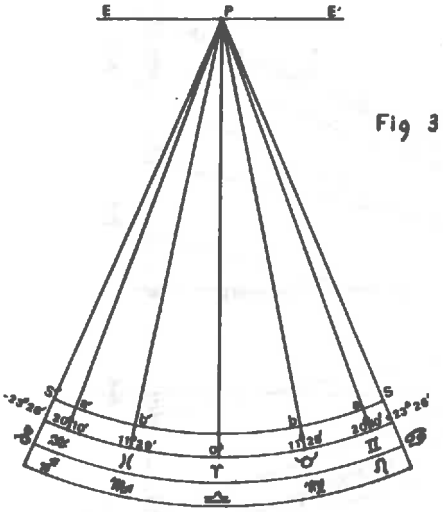


Fig 32

Sur la ligne EE' à partir d'un point P tirons les droites PS et PS' faisant chacune un angle de 23°26', plus grande déclinaison aux Solstices. Tirons ensuite les droites Pa et Pa' faisant un angle de 20°10' avec l'Equateur déclinaison du Soleil à son entrée dans les Gémeaux et le Lion en Eté et dans le Sagittaire et le Verseau en Hiver.

Tirons encore les droites Pb et Pb' qui fassent un angle de 11°29', déclinaison du Soleil à son entrée dans le Taureau et la Vierge au Printemps et dans les Poissons et le Scorpion en Automne.

L'Equateur correspond à la déclinaison 0° aux équinoxes, Balance et Bélier.

Tracé des Arcs des Signes sur le Cadran Horizontal

(Fig. 33) - A gauche on a tracé le cadran horizontal de la Fig. 22 et à droite le trigone de la Fig. 32. Sur une droite horizontale passant par le sommet du trigone à gauche la longueur C1. S1 égale à C.S longueur du style.

Le Cadran étant symétrique par rapport à la ligne de midi, nous ferons le tracé seulement pour une moitié, le Matin par exemple. Par suite les heures correspondront 11 h matin 1 h soir, 10 h matin 2 h soir, etc...

Opérons pour la ligne de midi. Prenons avec le compas la longueur CA pour en partant de C1 sur le trigone couper la ligne médiane S.0° en a. la droite C1.a coupe d'abord la ligne d'Eté en a1 puis, prolongée coupe aussi la ligne d'Hiver en a2.

La distance C1.a représente la longueur de l'ombre à midi aux jours d'Equinoxe (Bélier et Balance) C1.a1 la longueur de l'ombre à midi au Solstice d'Hiver quand le Soleil est le plus bas sur l'horizon (Capricorne) et C1.a2 est la longueur de l'ombre à midi au Solstice d'Eté quand le Soleil est le plus haut sur l'horizon (Cancer).

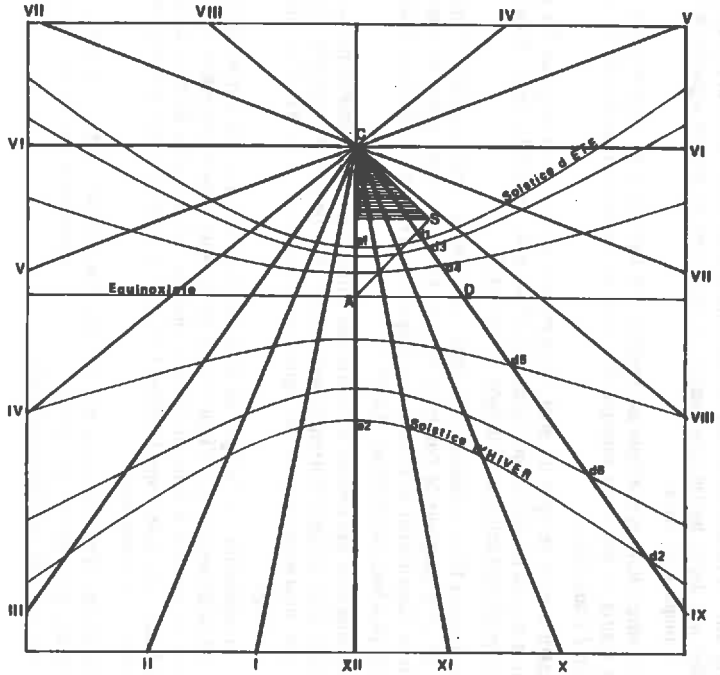
Les longueurs des ombres à l'entrée des autres Signes sont donnés par la distance C1 aux intersections avec les lignes correspondantes à 20°10' (Verseau et Sagittaire. Gémeaux et Lion) ainsi qu'aux intersections avec les lignes correspondantes à 11°29' (Poissons et Scorpion - Taureau et Vierge).

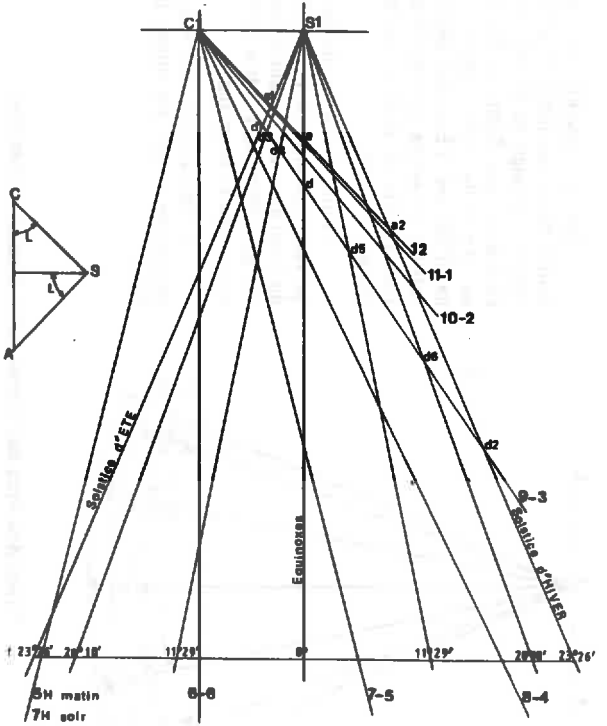
Cette opération sur la ligne de Midi sera reportée pour les autres lignes des heures en transportant la distance de C à l'Equinoxiale sur la ligne d'heure considérée, par exemple sur la ligne de 9 h on prendra la distance CD qui, reportée sur le trigone donnera la distance C.d sur la ligne des Equinoxes, puis respectivement Cd1, Cd2 sur les lignes des Solstices, ensuite Cd3, Cd4, Cd5 et Cd6 sur les autres lignes.

Ces points, déterminés pour chaque ligne horaire et reportés sur le cadran seront joints les uns aux autres pour former des courbes continues, symétriques par rapport à la ligne de midi et qui sous nos latitudes sont des hyperboles.

CADRAN HORIZONTAL LYON Tracé des Arcs des Signes

Fig 33





Cadran vertical déclinant de 15° du MIDI à l'EST LYON Tracé des Arcs des Solstices

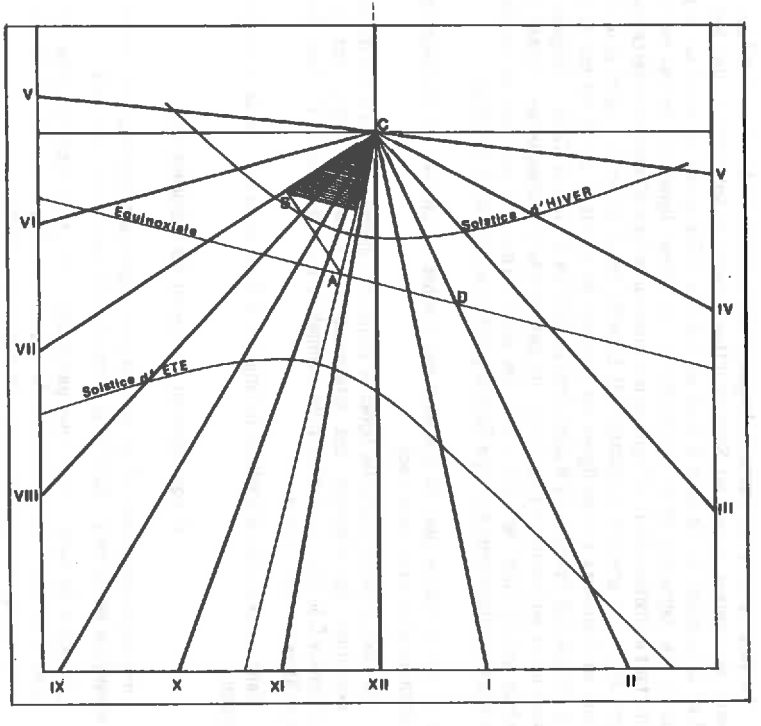
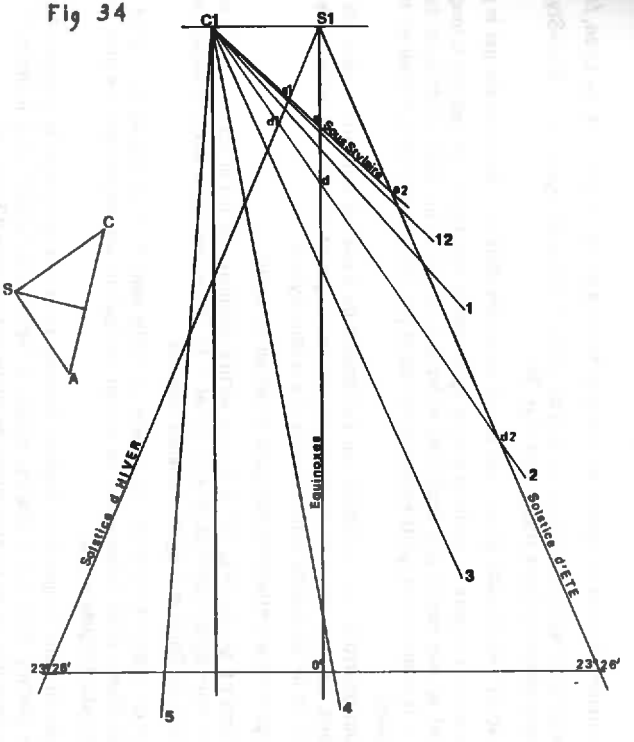


Fig 34



Tracé des Arcs des Signes sur un cadran vertical déclinant

Reprenons le tracé du cadran déclinant au Sud-Est de 15° à la latitude de Lyon, *(Fig. 25).*

Portons les lignes horaires en partant du centre C et traçons également la Sous-Stylaire sur laquelle nous plaçons le Style triangulaire *(Fig. 34).*

Traçons l'équinoxiale qui est une droite perpendiculaire à la Sous-Stylaire par le point A.

Cette Sous-stylaire se confond avec la ligne horaire, non tracée, sur laquelle la longueur de l'ombre est la plus courte aux équinoxes et les arcs de signes lui sont symétriques de part et d'autre, de la même façon qu'ils étaient symétriques par rapport à la ligne de midi sur le cadran non déclinant.

Nous pourrons nous contenter par conséquent de tracer les demi-arcs à partir de la ligne sous stylaire, par exemple à sa droite, en portant les longueurs d'ombre sur les lignes de midi et après-midi : et de les reporter symétriquement à la sous stylaire.

Reprenons la méthode utilisée pour le cadran horizontal.

Traçons à gauche *(Fig. 34)* le cadran vertical déclinant de la Fig. 25 et à droite le trigone réduit aux deux lignes extrêmes de +23°26' et – 23°26' en mettant à droite la valeur positive de la déclinaison du Soleil et à gauche la valeur négative.

Sur un cadran horizontal, les ombres du Style sont les plus courtes en Eté et les plus longues en Hiver. C'est l'inverse sur un cadran vertical où ces ombres sont les plus courtes en Hiver et les plus longues en Eté.

Opérons pour la ligne Sous-Stylaire. Prenons au moyen du compas la longueur CA pour la porter en partant de Cl sur le trigone couper la ligne médiane S.O° en a, la droite Cl.a coupe d'abord la ligne d'Hiver en a1 puis prolongée coupe aussi la ligne d'Eté en a2.

La distance C1.a représente la longueur de l'ombre à midi aux jours d'Equinoxe, C1.a1 la longueur de l'ombre à midi au Solstice d'Hiver quand le Soleil est le plus bas sur l'horizon et C1.a2 la longueur de l'ombre à midi au Solstice d'Eté quand le Soleil est le plus haut sur l'horizon. On reportera cette opération sur les autres lignes des heures de l'après-midi en transportant la distance de C à l'Equinoxiale prise sur la ligne d'heure considérée, par exemple sur la ligne de 2 h on prendra la distance CD laquelle, reportée sur le trigone pour couper la ligne médiane en d donnera sur les lignes des Solstices les points d1 et d2 tels que la distance C1.d1 sera la longueur de l'ombre à 2 h après-midi au Solstice d'Hiver et C2.d2 la longueur de l'ombre à la même heure au Solstice d'Eté. Ces points, déterminés pour chaque ligne horaire et reportée sur le cadran seront joints les uns aux autres pour former des portions de courbes qui seront reportées symétriquement à la ligne Sous-Stylaire pour compléter le Cadran.

Nota - Il est profitable pour la précision des courbes de calculer les longueurs des ombres en même temps qu'on exécute le tracé.

En effet, il arrive quand les lignes se coupent à angles aigus, qu'il soit difficile de prendre avec exactitude les distances des intersections. La base de calcul est la longueur de l'hypothénuse C.S dans le cas d'un style triangulaire ou la distance de C à l'œil du disque dans le cas d'un Style axe avec disque.

Dans les exemples précédents la longueur C.S est égale au 1/5e de la hauteur de C au bas du cadran.

L'équation du Temps et les Méridiennes

Longtemps dénommée «Equation de l'horloge» c'est une relation entre le temps solaire vrai indiqué par les cadrans solaires et le temps moyen indiqué par nos montres.

L'équation du temps est obtenue par le calcul des irrégularités du mouvement apparent du Soleil, dues à la fois à la variation de la vitesse de la Terre sur son orbite elliptique et à la variation de la projection sur l'écliptique de sa position orbitale.

La première est dénommée «équation au centre» et la seconde «réduction à l'équateur».

La somme de ces deux relations, à laquelle il faut ajouter le résultat de petites perturbations, dues aux variations des attractions des planètes, constitue l'Equation du Temps.

L'apparition des horloges mécaniques et des montres ne rendit pas pour autant les cadrans solaires inutiles.

La précision de ces nouveaux appareils laissait fortement à désirer malgré le talent des grands horlogers du passé.

Pour régler les montres on consultait donc le cadran solaire et de préférence à midi. Alors on se contenta la plupart du temps de poser des méridiennes toutes simples dans le but de ces consultations.

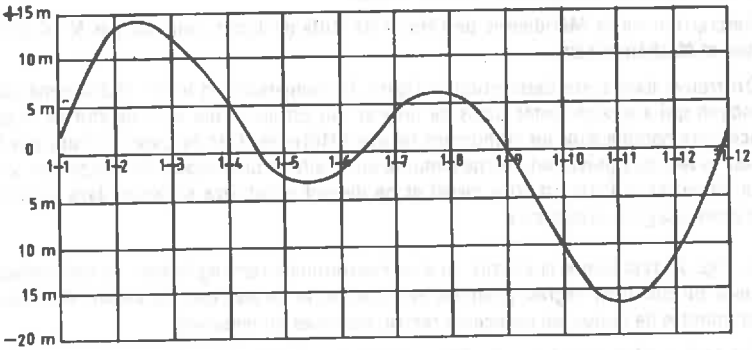
Une méridienne de temps vrai est une ligne droite verticale sur laquelle se projette à midi solaire vrai le rayon du Soleil passant par le trou d'un disque portant ombre. Cette droite est généralement tracée sur une plaque rapportée sur un mur vertical surmontée d'un gnomon à trou convenablement placé. C'est en somme un cadran solaire réduit à sa ligne de Midi.

Pour régler sa montre il fallait alors confronter son indication avec celle de la méridienne quand le rayon du soleil s'y projetait et tenir compte de l'équation de l'Horloge. Il fallait alors consulter la Connaissance des Temps, ou des Tables dans les Almanachs qui donnaient la valeur de cette équation en partant d'une correction «Zéro» au 1er Novembre.

La Connaissance des Temps de 1759, nous informe «qu'on a choisi pour époque de l'équation de l'Horloge le premier de Novembre, parce que si l'on met ce jour-là une pendule réglée sur le moyen mouvement du Soleil à l'heure de Midi dans le temps que le Soleil passe par le Méridien, elle se trouvera au jour cherché, avancer sur l'heure véritable tous les autres jours de l'année».

On représentera par la suite l'équation du temps par la courbe *(Fig. 35)*.

Equation du Temps Fig 35

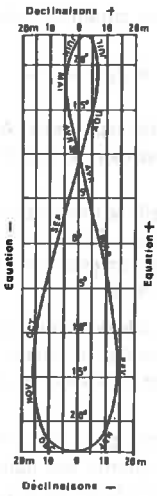


L'origine des coordonnées est en O. La ligne des abscices indique le 1er de chaque mois et le 31 décembre. Les valeurs de l'équation du Temps sont portées en ordonnées, positives au-dessus de la ligne des abscices, négatives en dessous, en minutes de 5 en 5.

Un certain nombre de Cadrans reproduisent cette courbe pour permettre de faire la correction du temps sans Table.

Les valeurs «Zéro» de l'équation se situent le 16 Avril, le 15 Juin, le 2 Septembre et le 25 Décembre. Mais étant donné que l'année ne renferme pas un nombre exact de jours, les coïncidences du temps vrai et du temps moyen sont différentes d'une fraction de jour et se retrouvent à chaque année bissextile (sauf variation due au déplacement du point vernal le long de l'écliptique, négligeable pendant de longues durées, nous avons vu plus haut : 1' par siècle).

Equation du Temps Fig 36



Ensuite on doit à Gérard de Fouchy de l'Académie des Sciences de Paris l'idée de la transposition de l'équation du temps en rapportant ses valeurs sur la ligne de midi (la méridienne) d'un cadran d'où résulta une courbe en forme de 8 allongé qui permit la lecture directe du temps moyen par le Soleil *(Fig. 36).*

Signalons en passant qu'à peu près à cette époque les horlogers mécaniciens fabriquèrent des montres à temps variable dont les indications étaient conformes à celles du temps vrai du Soleil.

On peut voir encore des Méridiennes simples, par exemple une très ancienne établie dans la Cathédrale de Strasbourg par Schwilgué alors qu'ils construisait l'horloge Astronomique. Une autre à Givry près de Châlon-sur-Saône sur une fontaine.

En Alsace, il en existe, sur des murs d'Eglises entre autres à Altkirch, à Damemarie.

Citons aussi deux grandes méridiennes, l'une à Saint-Sulpice à Paris, l'autre dans l'Hospice de Tonnerre.

La courbe en 8 de Fouchy qui fut alors dénommée «Méridienne du temps moyen» fut naturellement adaptée sur les méridiennes simples.

On peut voir à Lyon une très belle Méridienne de ce genre dans la cour d'Honneur de l'Hôtel de Ville de Lyon près de l'angle Nord-Ouest sur le mur regardant le Sud.

L'Hôtel de Ville était terminé en1672 et la méridienne fut tracée de 1784 à 1786.

Citons le journal des Savants - Janvier 1785 :

Description de la Méridienne de l'Hôtel de Ville de Lyon, calculée par M. Villard ancien Navigateur et Mathématicien...

On trouve dans cette description la figure, les dimensions et le calcul d'une méridienne de temps moyen qui a environ onze pieds de long et qui est en forme de 8 de chiffre, il était utile d'en tracer une pareille dans un monument tel que l'Hôtel de Ville de Lyon ; on sait que le temps moyen est le seul que puisse suivre une pendule bien faite et bien réglée. Le temps vrai, que l'on a coutume de suivre à Paris est trop inégal et ne devrait point être employé dans la Société ; on n'en fait point usage en Angleterre.

La *Fig. 36* représente la courbe en 8 en coordonnées rectangulaires : en ordonnées sont les déclinaisons du Soleil en degrés, positives et négatives et en abscisses les valeurs de l'équation du temps en minutes de temps, en avance ou retard, positives ou négatives.

Sur la *Fig. 37* on voit le tracé préliminaire à l'adaptation de la courbe sur un cadran solaire vertical. On tire du centre du cadran des lignes horaires de 5 en 5 minutes de temps par exemple jusqu'à 20 minutes et on les coupe horizontalement par des segments de droites correspondant à l'ombre du style à la déclinaison du Soleil de 5 en 5 degrés.

Une grande précision voudrait que ces segments de droite fussent des portions d'hyperboles, mais l'erreur est négligeable.

Pour positionner ces segments sur le cadran on tracera le profil du style avec les angles de projection de l'ombre de son extrémité de 5 en 5 degrés comme il vient d'être dit, de part et d'autre de l'angle de la projection de l'ombre sur l'équinoxiale pour obtenir leurs distances respectives au centre du cadran sur la ligne de midi.

La *Fig. 38* représente la courbe en 8 adaptée sur un cadran vertical méridional, les valeurs positives des déclinaisons du Soleil sont en bas du cadran et les négatives en haut tandis que les valeurs positives de l'équation du temps sont à gauche de la ligne de midi et les négatives à droite.

Fig 37

C : Centre du cadran

P : Pied du style

L : Latitude du lieu

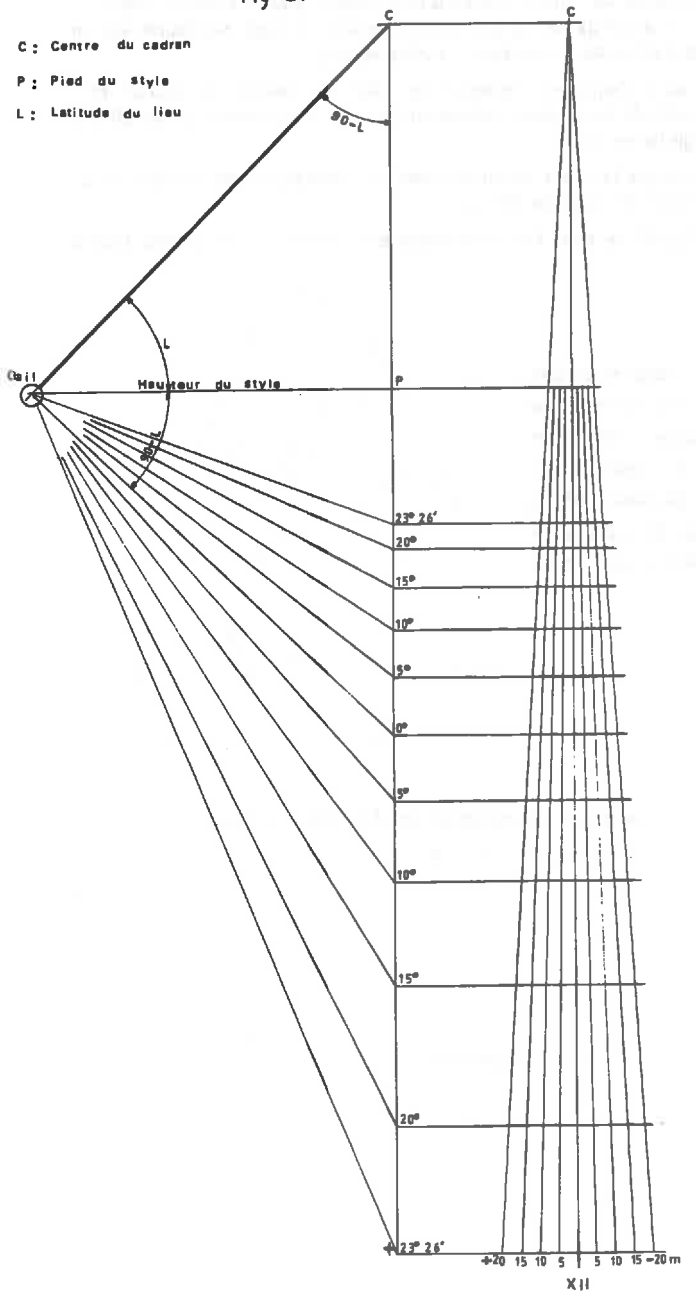
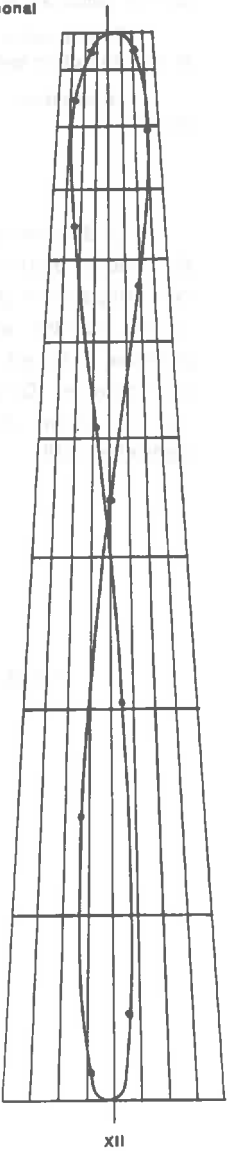


Fig 38

Meridienne du temps moyen sur cadran vertical méridional



Les Cadrans Equatoriaux

Nous avons vu la construction simple du cadran équatorial *(Fig. 20)*. Si l'on note que le plan d'un cadran équatorial est toujours parallèle à l'équateur et le style dirigé suivant l'axe du monde, il s'ensuit qu'à la latitude de 45° Nord (soit dans notre région près de Pont de l'Isère) ce plan fait aussi avec l'Horizon un angle de 45° et que par conséquent le tracé des heures sur un cadran horizontal est identique à celui des heures sur un cadran vertical.

Il s'ensuit également qu'à l'équateur terrestre le plan du cadran équatorial est perpendiculaire à l'Horizon (latitude Zéro) donc vertical sur le point considéré et qu'au pôle le plan du cadran est tangent au globe terrestre.

En tout autre lieu, l'angle que fait l'axe du monde avec l'horizon étant égal à la latitude L, le plan du cadran fait avec l'horizon un angle de 90°-L.

La disposition de la Fig. 20 ne peut être commodément utilisée, on en a donc trouvé d'autres.

La découverte, il y a quelques années, d'un cadran particulier dans les ruines d'une cité antique en Afghanistan permet de penser qu'une manière originale de résoudre ce problème avait été réalisée plusieurs siècles avant notre ère. Ce cadran *(Fig. 39)* a été décrit par L. Janin dans l'Astronomie de Septembre 1979.

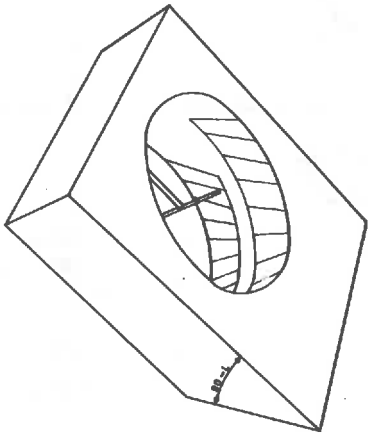


Fig 39 Cadran d'AL KANOUM (Maquette)

TABLEAUX pour le tracé des méridiennes de Temps moyen

(Figures 36 - 37 - 38)

(Voir ci-contre)

Valeur moyenne de l'Equation du Temps de 5 en 5 degrés de la déclinaison du Soleil en minutes		
Déclinaison du Soleil	Date	Equation du Temps
+23°26'	21 Juin	+ 1,5
+20	20 Mai	– 3,6
	23 Juil.	+ 6,4
+15	30 Avril	– 2,8
	11 Août	+ 5,2
+10	15 Avril	+ 0,2
	26 Août	+ 1,9
+ 5	2 Avril	+ 3,8
	9 Sept.	– 2,1
0	20 Mars	+ 7,7
	23 Sept.	– 7,4
– 5	7 Mars	+ 11,2
	6 Oct.	– 11,7
– 10	23 Févr.	+ 13,5
	19 Oct.	– 14,9
– 15	8 Févr.	+ 14,2
	3 Nov.	– 16,4
– 20	21 Janv.	+ 11,2
	21 Nov.	– 14,3
– 23°26'	21 Déc.	– 2,2

Déclinaison du Soleil pour les valeurs 0 et maxi de l'Equation du Temps		
Equation du Temps	Date	Déclinaison du Soleil
0	25/26 Déc.	
+14,3	9 Févr.	– 14°51'
	14 Févr.	– 13°12'
0	15/16 Avril	+10°
– 3,7	11 Mai	+17°59'
	18 Mai	+19°39'
0	14 Juin	+23°17'
+ 6,4	23 Juil.	+19°59'
	30 Juil.	+18°24'
0	1/2 Sept.	+ 8°
– 16,4	2 Nov.	– 14°53'
	5 Nov.	– 15°49'

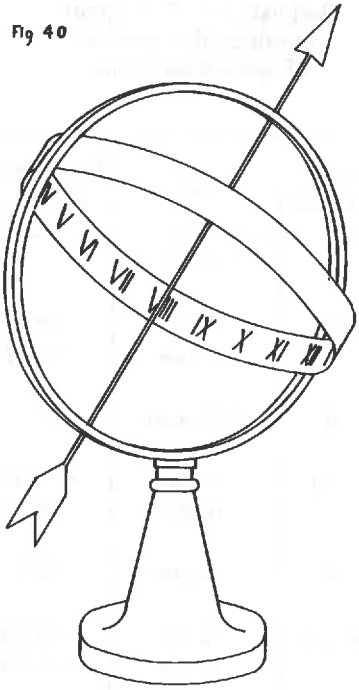
Des cadrans ont été réalisés en partant de la Sphère Armillaire sur laquelle on supprime les cercles des méridiens et des parallèles *(Fig. 40)*.

On utilise l'axe de la Sphère comme style et on divise le cercle de l'équateur en arcs de 15° qui correspondent chacun à l'arc décrit en 1 heure par le Soleil. Mais dans ce système, aux alentours des équinoxes une partie du cercle de l'équateur qui a nécessairement une certaine largeur porte ombre sur la partie graduée et la lecture devient impossible. On a donc coupé la partie non graduée et l'on a obtenu le cadran *Fig. 41*.

A partir du XVIe siècle on fabriqua des cadrans portatifs de différents modèles, en particulier un type équatorial rendu universel par articulation du plan équatorial de manière à pouvoir l'incliner suivant la latitude du lieu. La plaque horizontale était munie d'une boussole *(Fig. 42)*. Puis la plaque inclinable fut remplacée par un arc ouvert et le style fut monté sur un pivot horizontal pour renvoyer son ombre en le tournant vers le haut en Eté et vers le bas en Hiver, le Soleil se trouvant suivant la saison au-dessus ou en-dessous de l'équateur *(Fig. 43)*.

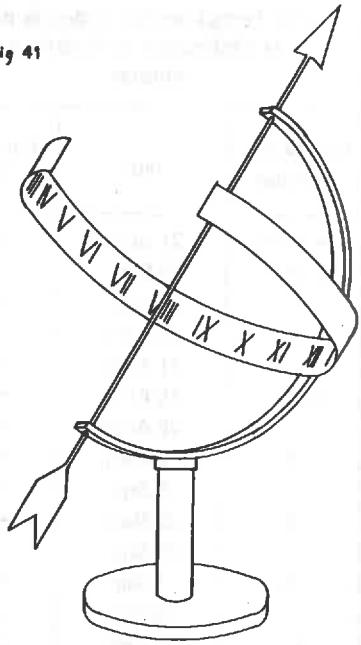
Ces éléments étaient montés sur une plaque contenant une boussole et portée par 3 vis de calage avec fil à plomb ou un ou deux niveaux à bulle d'air.

Fig 40



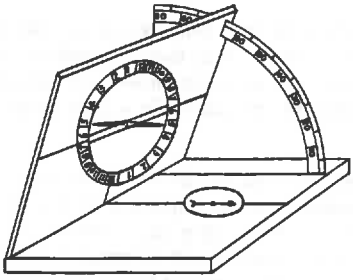
Cadran équatorial armillaire

Fig 41



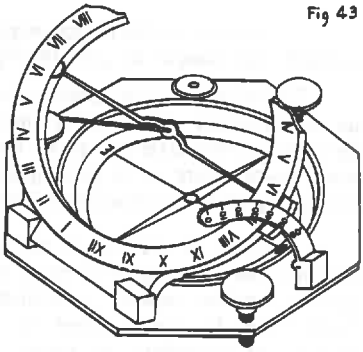
Cadran équatorial

Fig 42



Cadran équatorial Universel portatif — CLAVIUS 1581

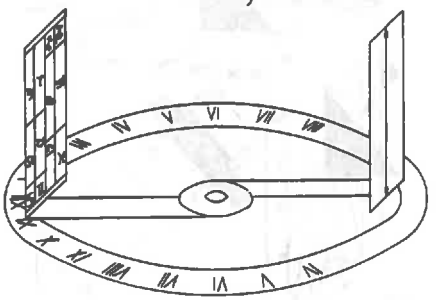
Fig 43



Cadran équatorial Universel moderne

Un autre système comportait une alidade *(Fig. 44)*, composée de de deux plaques verticales placées aux extrémités d'un bras pivotant autour d'un axe placé au centre du cadran.

Fig 44



Alidade de cadran équatorial — CLAVIUS 1581

Sur l'une des plaques étaient percés deux trous, un à la partie supérieure l'autre à la partie inférieure.

Le cadran était un cercle, ou une plaque portant les heures marquées circulairement de 15° en 15° et il devait être incliné sur l'horizon vers le Nord d'un angle égal au complément de la latitude du lieu.

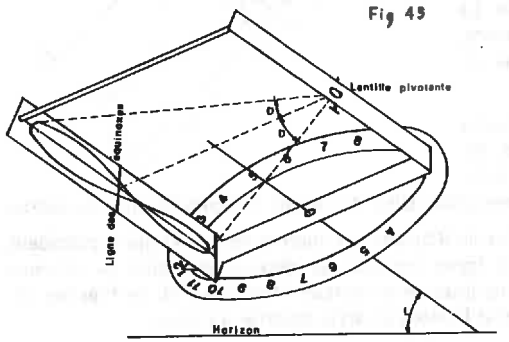
Ce système permet d'utiliser toute l'année les rayons du Soleil au dessus du plan du cadran.

Les heures pouvaient être subdivisées en demies, en quarts, jusqu'à la minute et elles étaient indiquées par un index placé à l'extrémité du bras pivotant à l'opposé de la plaque portant les trous.

Quand l'alilade était tournée convenablement vers le Soleil, un rayon passait par l'un des trous, celui du haut en été, celui du bas en hiver, et se plaçait sur une plaque en face. Celle-ci portait des lignes et les signes du Zodiaque, ce qui permettait de connaître en même temps que l'heure, la période de l'année dans laquelle on se trouvait.

Des perfectionnements importants furent réalisés sur ce genre de cadran en 1826 par l'abbé Guyoux, curé de Montmerle s/Saône (Ain) en remplaçant les trous de passage du rayon solaire sur une branche de l'alilade par une lentille dont la distance focale était égale à la distance à l'autre branche, et en inscrivant sur cette dernière une méridienne de temps moyen avec indication des mois *(Fig. 45)*. On connaissait par ce cadran l'heure à moins d'une minute près et la date à un jour près.

Fig 45



Principe du cadran Guyoux

Les Cadrans de l'abbé Guyoux étaient exécutés de façon artisanale et placés sur des stèles dans les jardins.

En 1860, M. Fléchet ingénieur à Paris prit un brevet pour un cadran sur lequel la branche qui portait la courbe du temps moyen avait une forme sphérique, donnant ainsi une plus grande précision.

Il avait baptisé son cadran «chronomètre solaire».

Cadrans Polyédriques

Les cadrans polyédriques ont eu dans un temps (XVIe et XVIIe) les faveurs de la mode.

Ils consistaient dans des polyédres, réguliers ou non sur chaque face desquels on traçait un cadran correspondant à son orientation. Ce groupage de cadrans permettait aussi de se passer de boussole car l'ensemble devait être orienté de façon que tous les cadrans indiquent la même heure au même instant.

Voyons en particulier le cadran cubique : *(Fig. 46)* sur la face supérieure est placé un cadran horizontal, sur la face que l'on tournera au Sud, un cadran vertical méridional, sur la face à l'est un cadran oriental, sur la face ouest un cadran occidental et sur la face exposée au nord un cadran septentrional.

Nous connaissons les deux premiers, nous allons maintenant tracer les trois autres.

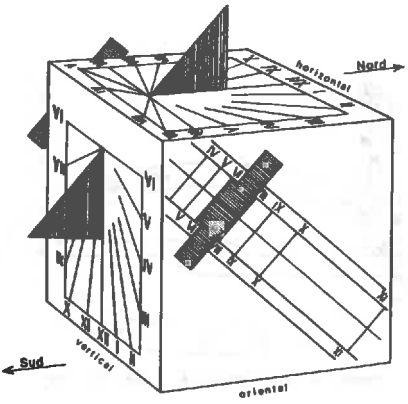


Fig 46 Cadrans sur un cube

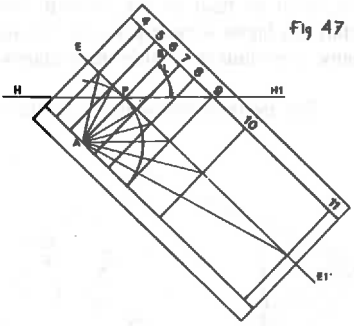
Tracé du cadran vertical oriental *(Fig. 47)*

Ce cadran s'exécute sur un plan situé dans le plan du méridien. Il est tourné exactement à l'est.

Pour le tracer partons d'un point P du plan qui sera le pied du style, lequel sera perpendiculaire au plan.

Faisons passer par P une droite horizontale H.H1 puis une ligne AB faisant avec H.H1 un angle égal à la latitude du lieu, enfin la ligne E.E1, perpendiculaire à A.B et qui sera l'équinoxiale.

La ligne AB sera la sous stylaire et en même temps la ligne de 6 heures du matin. La distance P.A sera choisie, par expérience, suivant la grandeur que l'on veut donner au cadran.



Prenant pour centre le point A traçons les divisions du cadran équatorial dont les rayons horaires couperont l'équinoxiale E.E1 en des points desquels nous tirerons des perpendiculaires qui seront les lignes horaires du cadran.

Les lignes horaires au-dessus de celles de 6 heures marqueront les heures qui la précèdent, soit 4 heures et 5 heures du matin. Les lignes horaires au dessous de celles de 6 heures marqueront les heures jusqu'à 11 ; il n'est pas possible de marquer l'heure de midi, la direction du soleil étant alors parallèle au plan du cadran et l'ombre du style reportée à l'infini.

La hauteur du style sera égale à la distance AP et l'ombre de son sommet indiquera l'heure en passant successivement sur chacune des lignes horaires.

On peut remplacer le style simple par une plaque perpendiculaire au plan, placée sur la ligne de 6 heures et dont la hauteur du côté supérieur sera égale à la hauteur du style. Voir le cadran cubique *(Fig. 46)* .

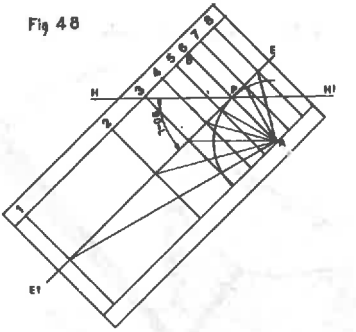
Tracé du cadran vertical occidental *(Fig. 48)*

C'est le cadran sur un plan situé dans le plan du méridien et tourné exactement à l'ouest.

L'exécution de ce cadran demande un tracé analogue au précédent mais symétrique et la graduation inversée. La ligne AB est la ligne de 6 heures du soir. Les lignes horaires au-dessus sont

les dernières heures du soir et les lignes au-dessous marquent les heures de l'après-midi. On ne peut pas marquer l'heure de midi, la direction du Soleil étant alors parallèle au plan du cadran et l'ombre du style reportée à l'infini.

Fig 48



Tracé du Cadran Vertical Septentrional *(Fig. 49)*

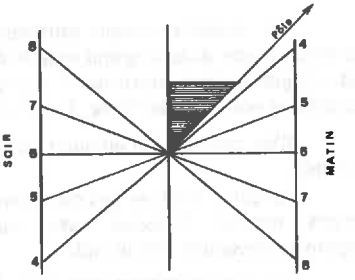
Ce cadran s'exécute sur un plan vertical exposé exactement au Nord. Il ne peut être éclairé que de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne et seulement le matin depuis le lever du Soleil jusqu'à son passage au premier vertical et le soir depuis son deuxième passage au premier vertical jusqu'à son coucher.

Au solstice d'été, 21 Juin, le Soleil se lève à Lyon à 3 h 48 min, et passe au premier vertical à 7 h 42 min le matin ; il se couche le soir à 7 h 46 min après être passé une deuxième fois au premier vertical à 4 h 18 min après-midi. Il suffit dès lors de marquer les lignes horaires à partir de 3 h du matin jusqu'à 8 h et de 4 h après-midi jusqu'à 8 h du soir.

Les directions des lignes horaires sont les mêmes que sur le cadran méritional vertical mais retournées de bas en haut ; le style dans le plan de la méridienne du lieu est dirigé vers le pôle et fait avec le plan du cadran un angle de 90°-L.

Fig 49

Cadran vertical Septentrional



Le Cadran du Mont Sainte-Odile

On a décrit des cadrans sur toutes sortes de volumes, polyèdres réguliers ou non. Un des plus originaux et sans doute le plus beau se trouve sur la terrasse du couvent du Mont Sainte-Odile en Alsace.

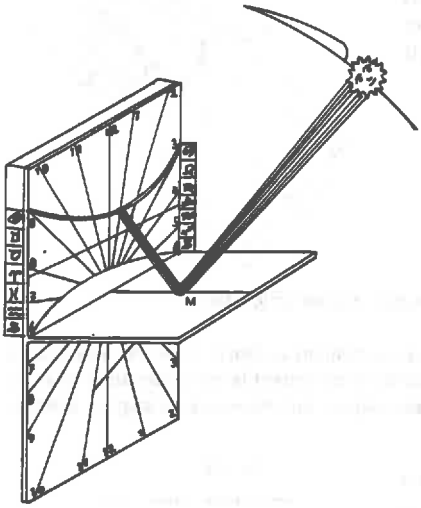
Sur ce cadran on voit 8 faces verticales carrées regardant des directions différentes plus 8 faces inférieures dont 4 carrées et 4 triangulaires inclinées tournées vers le sol plus 8 faces supérieures dont 4 carrées et 4 triangulaires inclinées tournées vers le ciel, soit en tout 24 faces portant des graduations horaires.

Les lignes horaires indiquent sur chacune des faces les heures dans autant de pays différents. Le cadran gravé sur la face verticale méridionale indique l'heure locale vraie pour l'Alsace. Les autres faces indiquent des heures pour diverses villes des cinq parties du monde. La description en a été faite par R.J. Rohr dans «Les Cadrans solaires d'Alsace», mais les tracés de ces cadrans sortent du cadre de cet exposé.

Les Cadrans à miroir

Le fait d'observer un rayon de soleil réfléchi sur un miroir placé à l'extérieur d'une fenêtre et renvoyant un point lumineux à l'intérieur de la pièce apparaît au cours du 16e siècle. Le principe d'utilisation de cette observation se retrouve dans la *Fig. 51* tirée d'un ouvrage du moine Kircher publié en 1646.

Fig 51 KIRCHER 1646



Le miroir M placé sur un plan horizontal renvoie l'image du soleil sur un plan vertical au-dessus de ce plan horizontal. En vertu de la loi de réflexion de la lumière, cette image est symétrique de celle qu'on obtiendrait si le rayon solaire, passant au travers du miroir avait frappé le plan vertical en dessous du plan horizontal.

Il s'ensuit que des lignes horaires tracées au-dessus du plan horizontal sont symétriques de celles d'un cadran vertical tracé en dessous de ce plan en remplaçant le miroir par un trou qui laisserait passer le rayon solaire.

En 1689 le R.P. Pardiès, jésuite publia un ouvrage intitulé «Deux machines propres à faire les Cadrans». Il écrit notamment : Les plus beaux Quadrans sont ceux de réflexion et il explique comment «Faire une horloge de réflexion dans une chambre». Il indique à cette occasion une méthode pour opérer de nuit avec ses «machines» et un flambeau ou autre lumière.

Un véritable tableau astronomique modestement dénommé Méridienne, établi sur ce principe existe dans un grand escalier du Lycée de Jeunes Filles (Lycée Stendahl) à Grenoble. Il a été magistralement décrit par J. Rey de la Pailhade, A. Rome et A. Favot dans le Bulletin de la Société scientifique de l'Isère, T : 42 - 1921.

C'est sans doute l'unique cadran ancien à réflexion existant en France, peut-être même au monde.

Le Soleil n'éclaire pas directement le cadran qui est tracé et peint sur les murs à l'intérieur d'une montée d'escalier avec mur de refend éclairée par deux fenêtres tournées approximativement vers le Sud.

Deux petits miroirs sont placés à l'extérieur respectivement devant chacune des fenêtres et renvoient l'image du soleil sur les murs intérieurs sous la forme d'un gros point lumineux qui en parcourt les surfaces.

Entre 1672 et 1673, un jésuite, le P. Boufa qui professait à Grenoble a donc exécuté ce tracé monumental qui couvre au total près de cent mètres carrés.

Cet ensemble présente :

Les heures françaises, c'est-à-dire actuelles comptées de minuit à minuit,
les heures babyloniques commençant au coucher du soleil,
les levers et couchers du soleil pour certaines époques,
les douze mois de l'année solaire,
les douze signes du zodiaque représentés par des figures allégoriques,
les arcs des signes,
les quatre saisons,
un tracé servant de cadran lunaire,
une table des Epactes et un calendrier civil de la lune
enfin une table par laquelle on obtient la position de la lune dans le ciel à n'importe quelle heure et pour les lieux de l'univers.

C'est en fait un calendrier luni-solaire perpétuel.

Dans les parties de l'escalier qui ne reçoivent pas le soleil, le P. Bonfa a peint un tableau des victoires de Louis XIV, un calendrier des fêtes de la Vierge, un tableau des Jésuites canonisés et un graphique indiquant la concordance des heures dans les collèges de toutes les parties du monde.

Cet ensemble, a été restauré plusieurs fois, dont la dernière en 1918. Il est en fort bon état.

La revue SKY et Télescope a publié dans son numéro d'Avril 1975 la description d'un cadran à miroir établi par un Américain dans son bureau de travail.

Les lignes horaires sont marquées sur le plafond sous la forme de courbes en 8 tenant compte par conséquent de l'équation du temps pour chaque heure.

L'auteur indique qu'il en a traité le calcul sur ordinateur.

Les Cadrans sur colonnes

L'usage des cadrans sur colonnes placés aux carrefours des routes à l'intention des voyageurs devait être très répandu au 13e siècle, si l'on en croit une étude du Dr Dubreuil-Chambardel sur les cadrans solaires tourangeaux. L'auteur signale qu'une enquête avait été ordonnée par le roi Louis IX en 1267 «afin de savoir si la garde des chemins à Cormery près de Tours appartenait au Roi et s'il avait le droit de faire enlever, entre autres, les cadrans solaires qui encombraient les chemins».

Il ne semble pas subsister beaucoup de ces colonnes.

On peut en voir une dans un carrefour à la campagne près de Dorlisheim, non loin de Strasbourg et une autre à Vermenton (Yonne) à l'angle de la route nationale et d'une rue dans le centre même. (Encore que ce dernier semble ne dater que de la Révolution).

Description de quelques cadrans remarquables

Le Monument de Bagneux (Hauts de Seine)

On le trouve dans le Parc Municipal, à l'emplacement d'une propriété ayant appartenu à Richelieu.

Il est constitué d'une stèle en pierre finement sculptée sur ses quatre faces et surmontée du cadran proprement dit formé de deux anneaux, en pierre également.

L'un des anneaux est vertical, de forme octogonale extérieurement comme intérieurement. Il est orienté Nord-Sud et il était autrefois traversé par un style dirigé vers le pôle.

L'autre anneau, scellé à l'intérieur du premier est de forme elliptique avec des encoches. Il est parallèle à l'équateur.

On a compté sur ces deux anneaux dix-huit cadrans équatoriaux, supérieurs et inférieurs, verticaux, polaire supérieur et inférieur mais aucun style ne subsiste.

On ne connaît ni l'auteur, ni les exécutants de ce monument qui pourrait dater du 17e ou 18e siècle.

Le Cadran du Jardin des Plantes

A l'époque, Buffon avait imaginé un système pour annoncer l'heure à midi au moyen d'un gong.

Il fit élever un kiosque au sommet de la butte sur laquelle se trouve le labyrinthe au Jardin des Plantes de Paris.

Ce kiosque était surmonté d'une sphère armillaire, encore existante, au centre de laquelle était suspendue une boule figurant le globe terrestre. Cette boule était retenue en l'air par un fil exposé au foyer d'une forte loupe orientée dans la direction du soleil quand il passait au méridien. A midi, ce fil était brûlé par les rayons et la boule venait frapper un gong.

Le Cadran (canon) du Palais Royal

Il y avait autrefois dans Paris un grand nombre de cadrans solaires.

Le plus à la mode d'entre-eux était sans doute la méridienne placée sur un bâtiment dans un angle du jardin, dont parle Casanova en 1750. Vers 1782, le duc d'Orléans fit une autre méridienne, agrémentée d'une chambre à poudre qui faisait explosion quand le soleil y frappait à midi. Plus tard, les Parisiens furent avertis qu'il était midi par le célèbre petit canon dont la chambre à poudre reçoit les rayons du soleil concentrés par une lentille.

Ce petit canon existe toujours. Il est placé sur une pelouse à quelques mètres de l'entourage et protégé par une cage transparente.

Le Cadran du frère Arsène à Annecy

Sur le bord du Lac d'Annecy dans un jardin promenade on peut voir un joli monument de pierre blanche.

Il se compose d'un socle assez haut surmonté d'une étoile à sept branches d'une certaine épaisseur posée sur un support plus étroit que le socle. Ce cadran fut exécuté par un capucin connu sous le nom de frère Arsène et porte la date de 1874.

Le support de l'étoile présente un cadran vertical méridional, un vertical oriental et un vertical occidental.

Les branches de l'étoile inclinées suivant la latitude d'Annecy portent des tracés de cadrans polaires, l'extrémité d'une branche servant de style pour la branche suivante.

Sur la face supérieure inclinée de l'étoile est tracé un cadran équatorial supérieur.

Sous les deux branches de l'étoile tournées vers le midi on trouve encore deux petits cadrans équinoxiaux inférieurs.

Enfin sur la face verticale sud du socle un tracé des arcs des signes du Zodiaque indique les mois et des lignes indiquent qu'il est midi dans différentes capitales : Lisbonne, Londres, Paris, Rome, Vienne, Pétersbourg.

A Bourg-en-Bresse

On peut voir un cadran polyédrique original dans un des cloîtres attenant à l'église de Brou, au Musée bressan à Bourg-en-Bresse.

Les tracés des divers cadrans qu'il présente sont réalisés soit sur des plans, soit sur des surfaces concaves de forme demi-cylindriques ou demi-coniques creusées dans le bloc de pierre. Ce bloc est posé sur un socle portant les indications Midi, Orient, Occident, Nord. Le bloc mesure environ 38 cm de hauteur avec une base carrée de 22 cm de côté. On trouve sur cet ensemble un cadran équatorial supérieur et un équatorial inférieur, un cadran oriental, deux cadrans polaires et un cadran occidental.

Le Cadran Solaire de Juvisy (Essonne)

Ce très beau cadran est placé sur un fronton de l'entrée de l'Observatoire de Flammarion sur la route nationale n°7 à droite en direction de Paris dans Juvisy même.

Il a été construit en 1912 puis ayant fortement souffert des injures du temps, il a été entièrement refait par les soins de la Société Astronomique de France. La table qui a reçu le tracé est en forme de trapèze et mesure environ 4 m 30 à la grande base et 2 m 15 de hauteur. La partie supérieure est ornée de sculptures représentant la Lune, le Soleil et Saturne.

C'est un cadran déclinant au Sud-Est de 6°40'.

Le tracé comporte les heures et les demies en lignes fléchées.

Entre les lignes sont placés des points qui suivent les arcs des signes et indiquent des intervalles de 10 en 10 minutes.

On lit l'heure par la position de l'image du Soleil passant par l'œilleton du style. On a en même temps, l'indication de l'époque de l'année en se repérant aux arcs des signes et aux dates indiquées à leurs extrémités (au lieu des anciens signes du Zodiaque).

Le cadran indique en traits noirs l'heure vraie locale de Juvisy. Latitude nord 48°41'37" et 2°22'15" est de Greenwich, soit 9 min 29 s d'avance.

La correction de l'équation du temps s'opère en utilisant les chiffres précédés d'un signe + ou – à côté de la date : ex. la date 22 novembre est suivie de l'indication + 22M.

Pour avoir directement midi en TU on a placé la courbe en 8 du temps moyen (en rouge) sur laquelle l'image du soleil passe quand il est exactement 12 heures TU (soit 13 h ou 14 de nos montres suivant la saison).

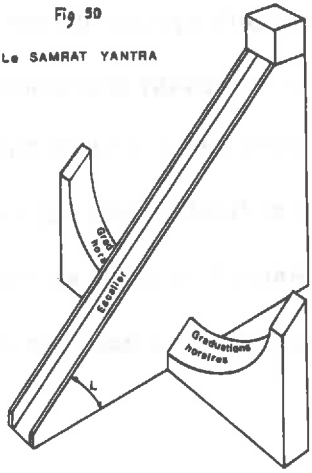
Aux Indes

Il existe aux Indes plusieurs observatoires anciens dont les moyens d'observation consistent en des constructions plus ou moins importantes et présentent diverses dispositions. Ces observatoires, élevés pour la plupart sous le Maharajah Sawai Jai Singh II, né en 1686 et mort en 1743 se trouvent à Dehli, Jaipur, Ujjain et Bénarès.

Nous signalerons seulement parmi ces installations le monument appelé «Samrat Yantra», traduit par les Anglais «Suprême instrument» qui est en fait un cadran équatorial *(Fig. 50)*. Le plus grand se trouve à Jaipur. La partie centrale est un mur épais vertical formant escalier avec une rampe de chaque côté, portant des graduations gravées dans la pierre, ayant la forme d'un triangle rectangle dont l'hypothénuse est parallèle à l'axe du monde. De part et d'autre du mur se trouvent des quarts de cercle, gradués également sur lesquels l'ombre des rampes du mur figurant l'hypothénuse indique à chaque instant l'angle horaire du soleil. La hauteur du mur est de 27 mètres. C'est certainement le plus grand cadran solaire équatorial actuellement connu.

Fig 50

Le SAMRAT YANTRA



Ces monuments sont décrits dans «Kalenderbauten» édité par le Staatliches Muséum de Munich.

Les devises des Cadrans Solaires

N'oublions pas les «devises» qui agrémentent la majeure partie des cadrans solaires muraux. Toutes nous portent à la réflexion, voire à la méditation. Les unes sont à la gloire de Dieu, ou du Soleil, ou de la Patrie beaucoup sont philosophiques ou morales. D'autres sont optimistes, épicuriennes, évoquent la fuite du temps, l'amitié et quelquefois la mort.

On trouve aussi des pensées diverses, humoristiques ou sérieuses.

Un auteur contemporain, Ch. Boursier a publié un agréable petit livre intitulé «800 Devises de Cadrans solaires».

En voici quelques-unes :

HORA FUGIT STAT JUS — Palais de Justice de Paris
L'heure fuit la justice demeure

PRO PATRIA VINCERE AUT MORI *Pour la Patrie vaincre ou mourir*	Poliénas (Isère) 1791
HORA NON NUMERA NISI SERENA *Je ne compterai que les heures sereines*	Nombreux cadrans
CARPE DIEM *Jouissez du jour*	Nombreux cadrans
VULNERANT OMNES ULTIMA NECAT *Toutes blessent, la dernière tue*	Nombreux cadrans
DUBIA OMNIBUS / ULTIMA MULTIS *Incertaine pour tous la dernière pour beaucoup*	Plusieurs cadrans
HORA EST BENEFACIENDI *C'est l'heure de faire le bien*	Beauvallon (Var)
SILENS LUQUOR *Je m'exprime sans paroles*	Paris à la Charité

d'autres devises dans notre région :

AMI CHEZ NOUS NE COMPTEZ PAS LES HEURES
Saint-Cyr au Mont d'Or (Rhône)

A TOUT VENANT MES HEURES SONT CLAIRES
Beaujeu (Rhône)

COURS TANT QUE TU VOUDRAS L'HEURE DE LA MORT T'ATTRAPERA
Courzieu (Rhône)

JE NE TE MARQUERAI QUE L'HEURE DES BEAUX JOURS
Pérouges (Ain)

CHAQUE FOIS QUE TU ME REGARDES TU VOIS TA VIE QUI S'EN VA
Palais du facteur Cheval à Hauterive (Isère)

DES QUE SOLEIL PARAITRA HEURES BELLES COMPTERA
Les Avenières (Isère)

CONCLUSION

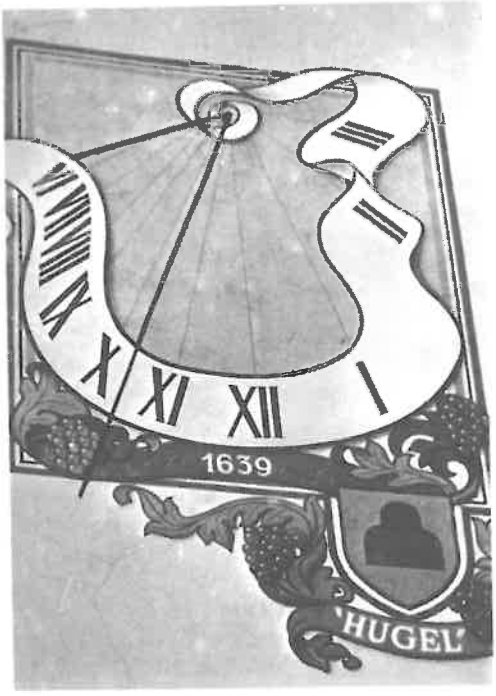
Nous terminerons cet exposé, certes bien succint, en formulant le souhait de vous avoir attiré vers ces Cadrans Solaires quelque peu délaissés qui font pourtant partie de notre Patrimoine à la fois mathématique, artistique et social.

Mathématique parce qu'ils évoluèrent en même temps que les connaissances des hommes en géométrie, en astronomie et en trigonométrie ; artistique parce qu'ils furent prétexte à décoration de nombreux bâtiments publics ou privés et à de véritables chefs-d'œuvre d'orfèvrerie qui sont dans les musées ou dans des collections particulières, social enfin parce qu'ils participèrent pour une grande part pendant des siècles à l'information du temps dans l'organisation de l'existence et des travaux dans les sociétés humaines.

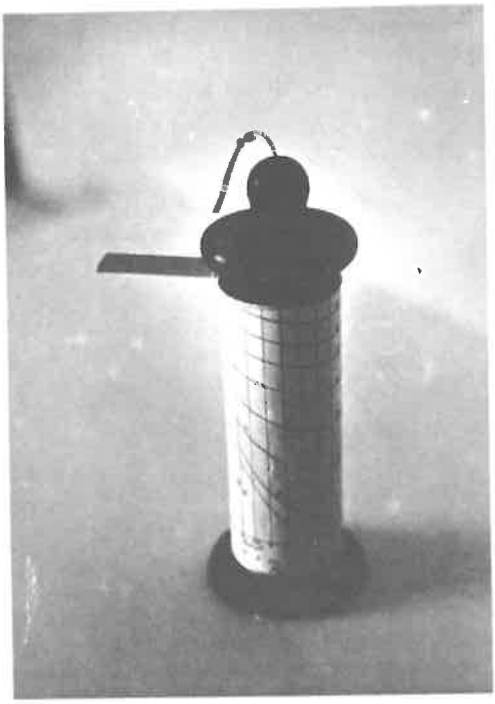
Une dernière citation sur l'imagination créatrice de cadrans solaires, extraite de l'HISTOIRE COMIQUE par Monsieur Cyrano de Bergerac, à Lyon chez Christophe Fourmy, rue Mercière M. DC. LXIII :

Ma promenade qui fut si longue que quand je revins il y avait deux heures que le dîner était prêt. On me demande pourquoi j'étais arrivé si tard ; ce n'a pas été ma faute répondis-je au cuisinier qui s'en plaignait : j'ai demandé plusieurs fois parmi les rues quelle heure il était mais on ne m'a répondu qu'en ouvrant la bouche, serrant les dents et tournant le visage de travers.

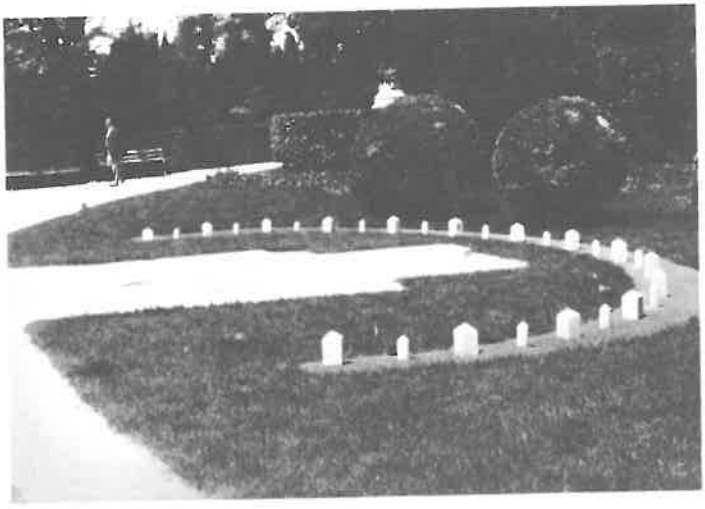
Quoi, s'écrie toute la compagnie, vous ne savez pas que par là ils vous montraient l'heure ? par ma foi répartis-je ils avaient beau exposer leur grand nez au Soleil, avant que je l'apprisse. C'est une commodité, me dirent-ils, qui leur sert à se passer d'horloge, car de leurs dents ils font un cadran si juste, qu'alors qu'ils veulent instruire quelqu'un de l'heure, ils ouvrent les lèvres ; et l'ombre de ce nez qui vient tomber dessus leurs dents, marque comme un Cadran celle dont le curieux est en peine. Maintenant afin que vous sachiez pourquoi en ce pays tout le monde a le nez grand,...



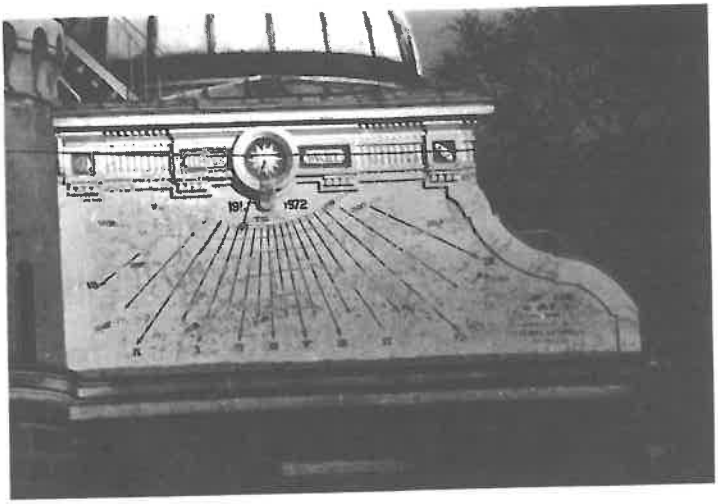
RIQUEWIHR (Haut-Rhin) - *Maison Hugel*



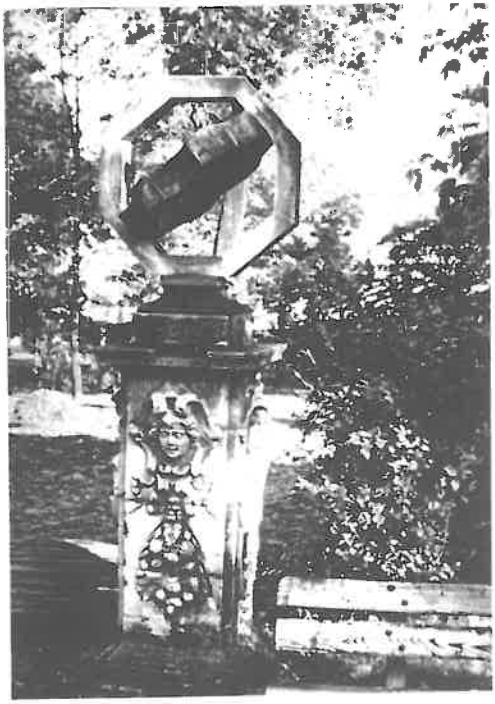
Cadran de berger



AVIGNON - *Jardin des Dom*

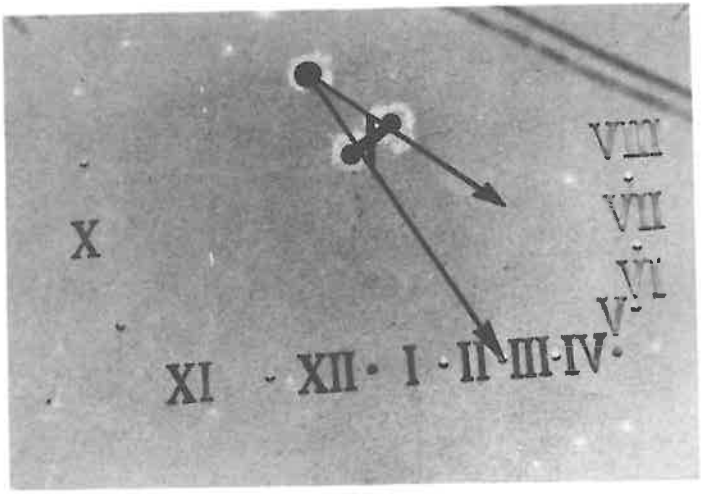


Maison de Camille Flammarion - **JUVISY (Essonne)**

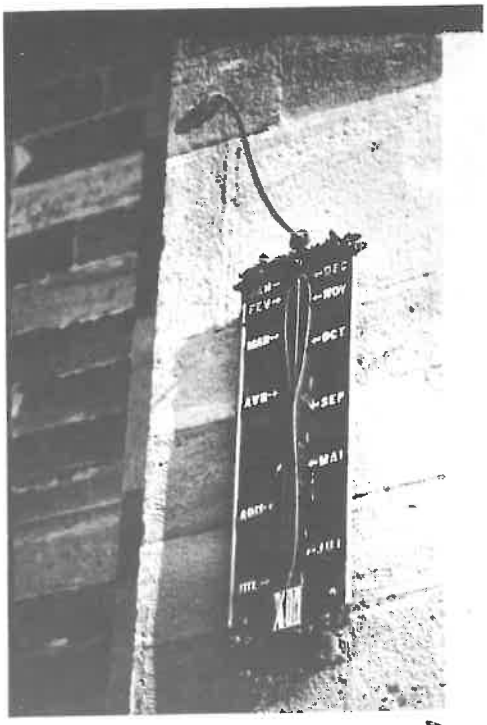


Monument de **BAGNEUX (Hauts de Seine)**

ANNECY (Haute-Savoie)

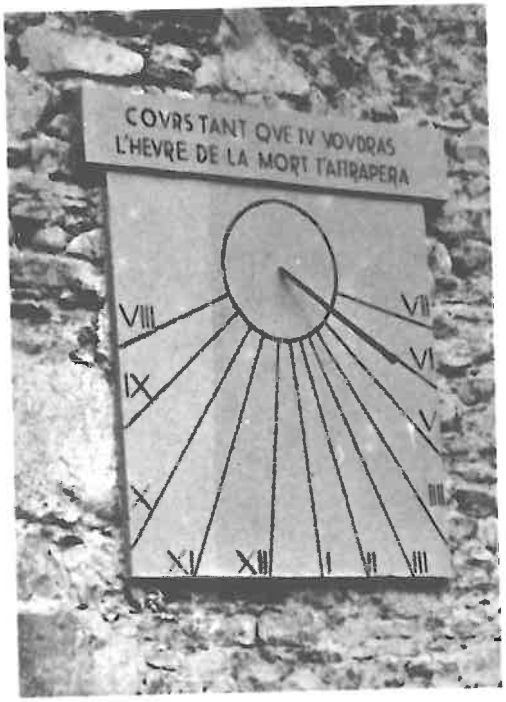


CHAPONOST (Rhône) - *Mur déclinant 52° S.W.*
(tracé par l'auteur, voir présentation en début d'ouvrage).



***Hôtel de Ville de* LYON - 1784**

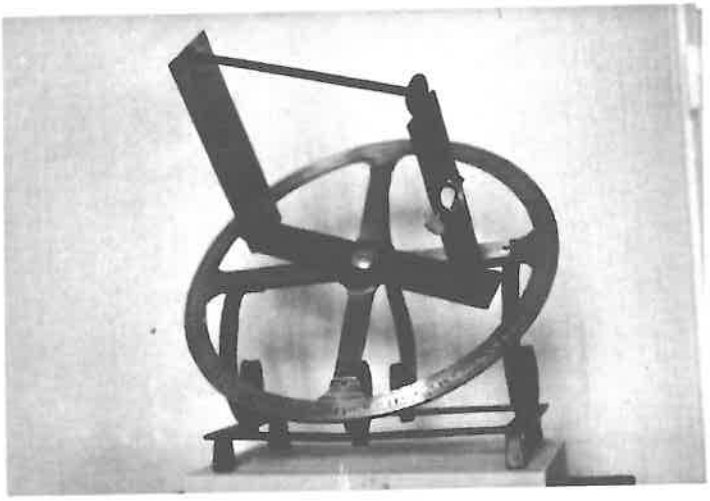
GUEBERSCHWIHR (Haut-Rhin)



COURZIEU (Rhône)

BEAUJEU (Rhône) - *Eglise St.Nicolas*

RIQUEWIHR (Haut-Rhin) - *Cour du Notaire*



Cadran équatorial Guyoux

Cadran sur colonne - **DORLISHEIM (Bas-Rhin)**

Cadran polyédrique - **Mont Sainte-Odile (Haut Rhin)**

Imprimerie du Centre Régional de Documentation Pédagogique de l'Académie de Lyon
47-49, rue Philippe-de-Lassalle - 69316 LYON Cedex 1
Dépôt Légal : 3e trimestre 1981 - N° de la publication : 15362/1000 - Le Directeur : D. SONDAZ

TABLE DES MATIERES

Société Astronomique de Lyon
69230 — Saint-Genis-Laval

Prix : 35 F