

CADRAN-INFO

Sommaire du N° 7

▪ CADRANS SOLAIRES A DIFFRACTION	Catamo M & Lucarini C / Collin D
▪ CADRAN INCLINE-DECLINANT (chapitre 10/13 de "Cadrans de Corrèze")	Dallet P
▪ IMAGES DE CADRANS SOLAIRES DANS LE MONDE DES EMBLEMES	Gagnaire P
▪ CURIOSITE GNOMONIQUE	Fort J
▪ CADRAN SOLAIRE POLAIRE TROUVE A CLUNY	Gagnaire P
▪ LE TEMPLE ASTRONOMIQUE DE MNAJDRA A MALTE	Gotteland A
▪ CADRAN CANON DE CHINON	Pineau F
▪ BASE DE DONNEES INFORMATIQUE DE LA CCS	Sauvageot Ph
▪ CULMINATION ET MERIDIEN	Savoie D
▪ DETERMINATION SIMULTANEE DE L'ORIENTATION ET DE LA DECLINAISON D'UN PLAN	Savoie D
▪ CADRANS CANONIAUX ET INSTITUTIONS ECLESISTIQUES	Schneider D
▪ INFOS-ECHANGES-BRIC A BRAC GNOMONIQUE: Des photos - Des livres et des revues - Des sites internet	

CADRAN-INFO

est un moyen **de diffusion d'articles gnomoniques** rédigés principalement par les membres de la "commission des cadrans solaires" et destinés essentiellement à ceux-ci.

Il vient en complément des publications de la SAF: "L'Astronomie" et "Observations & travaux" qui présentent épisodiquement des sujets concernant les cadrans solaires

CADRAN-INFO est une formule simple et flexible qui regroupe les articles reçus, sans mise en forme, sans contrainte d'impression.

Il paraît en Mai et en Octobre. Il est vendu lors des deux commissions ou adressé sur demande (participation aux frais) sous forme: papier (tirage N&B ou en couleurs) et CD.

Remarques:

- ◆ Les articles sont présentés par ordre alphabétique des auteurs (ou en fonction de la composition du bulletin). Le contenu est sous leur responsabilité.
- ◆ Les articles sont à envoyer à Ph. Sauvageot (directement à son domicile) sous disquette/CDrom PC (logiciel Word, Excel, Access) éventuellement sur papier. Certains sujets pourront être repris dans une parution ultérieure de "L'Astronomie" ou "Observations & Travaux".
- ◆ Les personnes qui souhaiteraient que leurs articles soient réservés exclusivement aux revues "L'Astronomie" ou "Observations & Travaux" devront le préciser dans leurs envois.
- ◆ Toute reproduction totale ou partielle des présents articles ne peut se faire qu'avec l'accord des auteurs.
- ◆ Les articles, documents, photos... ne sont pas retournés aux auteurs après publication.

Ph. Sauvageot

Vice-Président de la Commission des cadrans Solaires

CADRAN-INFO

CADRANS SOLAIRES A DIFFRACTION

(MARIO CATAMO et CESARE LUCARINI Traduction et notes de DOMINIQUE COLLIN)

Il est facile d'observer que lorsque la surface d'un compact-disc est éclairée par une source lumineuse, elle présente des zones de lumière irisée qui passent par le centre du disque. Si la source lumineuse n'est pas trop proche, la tache lumineuse réflétrie par le CD devient un fin rayon, disposé radialement et orienté dans la direction de la source. Le phénomène se vérifie, en fait, pour n'importe quelle surface sur laquelle ont été réalisés des sillons concentriques très fins et très rapprochés, **faisant du CD sous ces conditions, une surface particulièrement idéale.**

Ce comportement optique du disque est dû aux phénomènes de diffraction provoqués par "le réticule circulaire de réflexion" constitué par les sillons du disque, comme cela est expliqué dans la note à la fin de l'article, contribution de notre ami Edmondo Marianeschi.

En observant avec attention le phénomène, nous avons noté que la droite "suit" le soleil (comme toute autre source lumineuse) d'après des lois très complexes. De ce fait, la droite tourne dans tous les sens d'après deux facteurs : la position dans l'espace de la surface réfléchissante pour ce qui est de la direction de la source lumineuse, et la position de l'œil de l'observateur. Notre objectif est d'identifier les relations qui existent entre la position (et la rotation) du rayon lumineux réfracté et les coordonnées astronomiques du soleil, qui est la source lumineuse la plus naturelle et la plus significative pour les gnomonistes.

La détermination de ces relations et des lois qui la règlent confirmeront ou démentiront notre hypothèse : la droite, liée dans sa rotation aux coordonnées astronomiques du soleil, devrait indiquer l'heure.

La première étape de notre recherche a été la détermination des conditions géométriques dans lesquelles le rayon lumineux réfracté (que nous désignerons brièvement sous le terme de "droite") doit s'observer pour pouvoir étudier le **comportement gnomonique du CD.**

Nous sommes parti de la disposition du disque dans les positions quelconques classiques des cadrans solaires plans : horizontal, équinoxial et vertical.

L'étape décisive pour avancer positivement dans cette recherche a été la découverte de la condition de perpendicularité des observations par rapport au centre du CD pour arrêter la "droite" et lui permettre de tourner seulement en fonction du mouvement du soleil. Afin d'obtenir plus facilement et avec une plus grande précision cette position, nous nous sommes servis d'un petit miroir placé sous le centre du disque, réalisant ainsi une autocollimation immédiate. Bien entendu, il est possible d'utiliser d'autres méthodes d'autocollimation.

Les résultats ont confirmé pleinement l'hypothèse de départ et nous les exposerons successivement suivant une classification

gnomonique. Nous avons démontré qu'il est possible de construire des cadrans solaires sans gnomon en utilisant le phénomène optique de la diffraction. Naturellement nous ne nous sommes pas cachés qu'il existe quelques difficultés pratiques dans la construction et dans l'utilisation, difficultés également présentes dans tous les cadrans solaires portatifs. Le temps et l'expérience suggéreront les adaptations et les améliorations qui peuvent être utiles.

CADRANS SOLAIRES DE DIFFRACTION

1.- horloge solaire azimutale.

Nous avons tracé sur la périphérie du disque des graduations de 240^{gr}, divisé en deux arcs de 120^{gr} chacun. Afin de l'orienter, nous avons établi la direction du sud au repère 0° ; ainsi, nous plaçons le disque horizontalement en orientant sa ligne Nord-Sud sur le méridien local.

Nous constatons que lorsque l'œil se place perpendiculairement au centre du disque et à une distance de 20-30 centimètres, l'observateur perçoit clairement l'image d'une droite qui forme **avec le repère 0°** un angle égal à l'azimut du soleil à l'instant de l'observation. Par symétrie, étant donné le caractère circulaire de la surface réfléchissante, la droite forme le même angle avec la direction opposée.

Ainsi la droite correspond à l'intersection du plan vertical passant par le soleil et par le centre du disque qui est en position horizontale. L'observateur, néanmoins, continu de percevoir la direction de l'azimut du soleil même si son œil se déplace, à condition qu'il se maintienne dans le plan vertical passant par le soleil et le centre du disque.

Par conséquent, un disque qui possède les caractéristiques d'un CD, qui est correctement gradué, orienté et observé, mesure l'azimut du soleil et donc fonctionne exactement comme un cadran solaire azimutal horizontal avec un style vertical fixe, rendant l'azimut graphiquement transformable en heure solaire vraie du lieu d'observation.

Nous avons dessiné à l'aide d'un ordinateur, les lignes horaires d'un tel cadran, avec les lignes horaires graduées selon la date. Ceci fait, nous avons calculé l'azimut du soleil pour des heures distinctes le premier jour de chaque mois et une fois marqué tous les points, nous les relierons par une courbe continue. Nous avons imprimé le schéma sur une feuille en polyester transparente que nous avons découpée pour l'appliquer sur le disque (fig. 1).

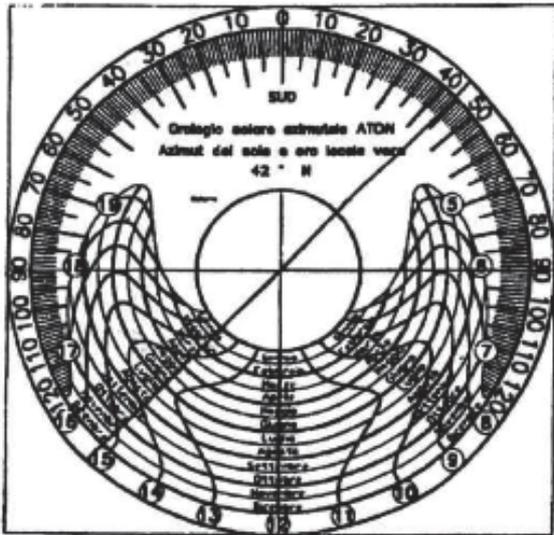


FIG. 1

Pour le calcul de l'azimut du soleil nous nous servons de la formule bien connue

$$\tan Az = \frac{\sin AO}{\sin j \cos AO - \cos j \tan d}$$

dans laquelle :

- Az = azimut du soleil,
- AO = angle horaire du soleil,
- φ = latitude,
- δ = déclinaison du soleil.

Les lignes horaires sont calculées et dessinées pour la latitude de Rome et pour le temps solaire vrai local, bien que rien ne nous empêche de poursuivre les calculs et dessiner les lignes horaires de temps vrai du fuseau ou même les ½ heures. On obtient l'heure par l'intersection de la "droite" avec la ligne horaire qui correspond à la date d'observation.

La figure 1 nous montre le CD avec le graphique. La "droite" est représentée par la ligne qui traverse diamétralement le disque. L'azimut indiqué le 1^{er} avril est de 44°. Symétriquement la "droite" indique l'heure dans le cadran opposé : à la date du premier avril au point d'intersection de la ligne horaire de 14^h. D'après la forme si particulière des lignes horaires il est normal qu'il existe quelques difficultés de lecture, surmontable avec la pratique. Une solution qui facilite notablement la lecture de l'heure, consiste à dessiner deux droites, une pour le semestre d'été et l'autre pour l'hiver, comme cela peut se voir dans les figures suivantes du paragraphe "instrument solaire multiple". Il faut prévenir que lorsque la déclinaison positive du soleil est élevée, c'est-à-dire proche du solstice d'été dans les zones du midi, on peut observer des effets de réflexion qui rendent la lecture difficile et qui peuvent se corriger ou s'éliminer à l'aide de filtres appropriés.

2.- Cadran solaire équatorial

Nous avons placé un CD (toujours après avoir gradué la circonférence) sur un plan équatorial, c'est-à-dire incliné sur l'horizon d'un angle égal à la colatitude du lieu d'observation. Ce plan, comme on sait, est éclairé par les rayons solaires sur la face inférieure quand la déclinaison du soleil est négative, au semestre hivernal et sur la face supérieure quand la déclinaison est positive au semestre d'été.

Après avoir orienté le disque de la manière décrite précédemment, nous observons que lorsque l'œil se place perpendiculairement à la surface du CD regardant la face

inférieure en hiver et la face supérieure en été, l'observateur perçoit clairement l'image d'une "droite" qui forme avec la direction 0° un angle égale à l'angle horaire du soleil depuis le sud, à l'instant de l'observation, immédiatement transformée en heure grâce aux graduations adéquates. La collimation est obtenue comme précédemment.

La "droite" est l'intersection du plan horaire du soleil qui passe par le centre du CD avec le plan du disque placé en position équatoriale (fig. 2). Le cadran représenté dans la figure indique l'heure vraie locale de 10^h40^m.

Donc, un disque qui possède les caractéristiques du CD, lorsqu'il est éclairé par la lumière du soleil, fonctionnera exactement comme un cadran solaire équatorial, s'il est correctement gradué, incliné, orienté et observé, et si l'angle horaire est immédiatement transformé en heure vraie locale

Le dessin des lignes horaires, comme dans tout cadran solaire équatorial, est particulièrement facile puisqu'il est constitué par les rayons du cercle espacés de 15°. Il est inutile de dire que ce cadran est universel, comme tout cadran équatorial. Pour ne pas rendre la lecture difficile pour la face inférieure nous utilisons un CD partiellement transparent, comme le sont tous les disques vierges dont aucune étiquette n'a été collée. C'est un résultat remarquable parce qu'il permet de lire l'heure par transparence en observant seulement la face supérieure du cadran solaire équatorial.

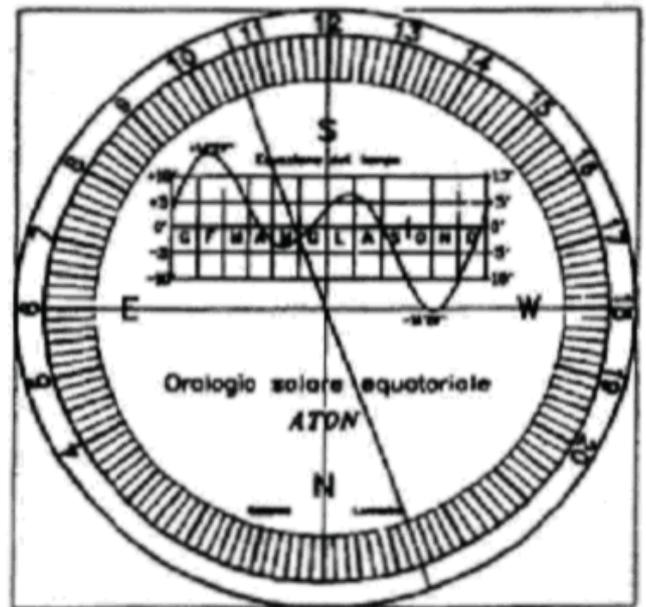


FIG 2

La forme circulaire du disque facilite la rotation pour la correction du fuseau et pour la correction de l'équation du temps, comme on pourra le voir ultérieurement dans le paragraphe intitulé "instrument solaire multiple".

3.- Cadran solaire de hauteur

Finalement, si l'on place le disque dans le plan vertical contenant le soleil, l'observation de la position de la "droite" indique la hauteur du soleil à l'instant de l'observation (à condition que le disque ait été préalablement gradué et que l'on utilise le miroir pour l'autocollimation afin que l'œil soit placé perpendiculairement par rapport au centre du disque).

Ainsi donc, un disque qui a la caractéristique du CD, s'il est correctement gradué et orienté, se comporte comme un cadran solaire de hauteur, rendant cette hauteur transformable en heure solaire vraie locale.

Nous avons tracé les lignes horaires d'un cadran de ce type avec une échelle horaire graduée d'après la date, suivant le même procédé utilisé pour le cadran solaire azimutal.

Nous avons calculé les hauteurs du soleil pour les diverses heures du premier jour de chaque mois et une fois marqué les points obtenus, nous les avons reliés pour former une courbe continue. Pour le calcul de la hauteur du soleil nous avons employé la formule bien connue :

$$\sin h = \sin d \sin j + \cos d \cos j \cos A O$$

Les lignes horaires de la figure 3 ont été calculées pour la latitude de Rome et pour les heures solaires vraies mais rien n'empêche, comme cela a déjà été exposé dans le cadran azimutal, de dessiner celles des heures du fuseau ou celles des demi-heures. L'heure s'obtient au point d'intersection de la "droite" coupant la ligne horaire correspondant à la date d'observation.

Il est intéressant de souligner que le cadran décrit est portatif et auto-orientable. Pour lire l'heure il suffit de suspendre le CD verticalement et le tourner jusqu'à amener le disque dans le plan du soleil et pour finir regarder perpendiculairement le centre (fig. 3).

Dans la figure la "droite" indique une hauteur de 47° le 1^{er} juin ; par symétrie la "droite" indique l'heure dans le quart de cercle opposé : il est 9^h.

C'est avec raison qu'il faut constater que ce cadran présente quelques inconvénients communs aux autres cadrans solaires de hauteur. En particulier la lecture des heures proche du midi entre 11^h et 13^h est assez critique. Comme pour le cadran azimutal, la difficulté de la lecture vient de la forme particulière des lignes horaires. En outre dans ce cas-ci, le dessin de deux dispositions, une pour le semestre d'été et une autre pour l'hiver, facilite beaucoup la lecture des heures.

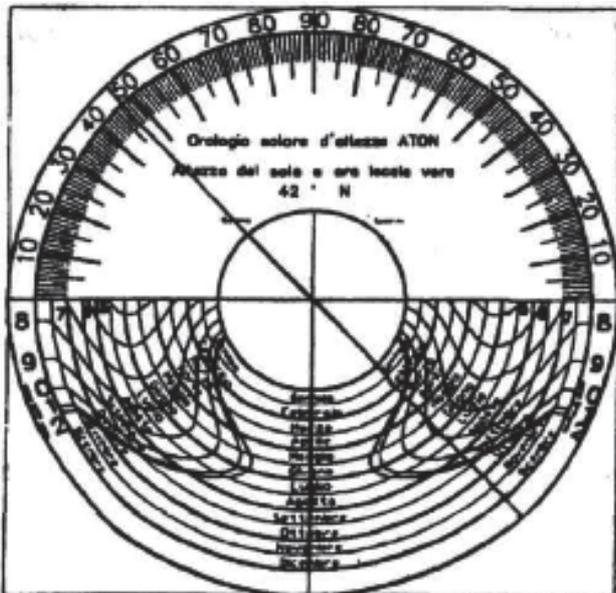


FIG 3

4.- Instrument solaire multiple

Une synthèse remarquable des meilleures expériences qui ont été faites jusqu'à présent sont placées dans les figures 4 et 5.

On fait allusion à un instrument solaire et à un CD dans lequel un appareil unique peut fonctionner mesurant l'azimut, l'angle horaire et la hauteur du soleil et par conséquent comme pour les cadrans solaires des trois types précédents afin de ne pas

surcharger le dessin, seuls ont dessiné les lignes horaires du cadran azimutal et celles de l'équatorial, omettant les courbes de hauteur

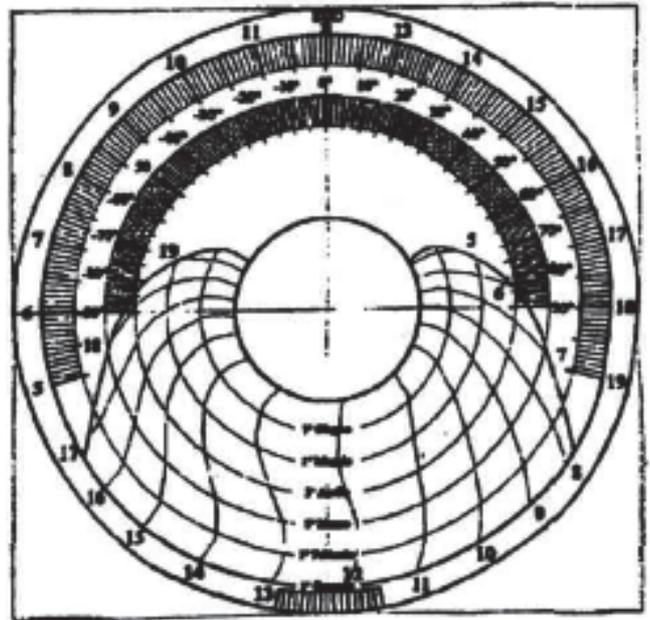


FIG. 4

Dans ce schéma nous avons adopté pour la mesure azimutale de l'heure, le tracé semestriel (fig. 4) et non pas le tracé annuel. Le tracé semestriel des lignes horaires permet d'éliminer le "rebroussement" de l'été, avantageant nettement la lecture.

On peut utiliser des disques interchangeables l'un avec le tracé du semestre d'été et l'autre avec le tracé du semestre d'hiver.



L'instrument (fig. 5) est en laiton, poli pour éliminer les reflets lumineux que peuvent créer les autres rayons de diffraction empêchant de faire une bonne lecture de l'heure.

Le disque peut tourner autour d'un axe horizontal muni d'un cadran gradué pour obtenir l'inclinaison correspondant à n'importe quelle latitude ; il peut également tourner

autour d'un axe perpendiculaire au cadre, en vue de corriger la différence de longitude et celle de l'équation du temps.

Dans la figure 4 le tracé d'un seul semestre met en évidence la facilité de la lecture par rapport au tracé annuel.

Nous avons souhaité attirer l'attention sur cet instrument, par la multiplicité de fonctions qu'il développe et par sa polyvalence : il mesure les trois coordonnées astronomiques du soleil et transforme deux de celles-ci en heure. Il est universel quand le disque se place en position équatoriale permettant la correction de l'heure avec la différence de longitude et l'équation du temps.

5.- Cadran solaire horizontal d'Oughtred

Une suggestion très intéressante nous a été faite par Alessandro Gunella, qui nous a proposé l'idée d'appliquer notre

invention au cadran d'Oughtred, dessinant les lignes horaires et de déclinaison de ce cadran au moyen de la projection stéréographique sur une surface circulaire (fig. 6). Nous avons respecté dans ce cas la tradition, utilisant les échelles des déclinaisons dans l'entrée des signes du Zodiaque au lieu des dates.

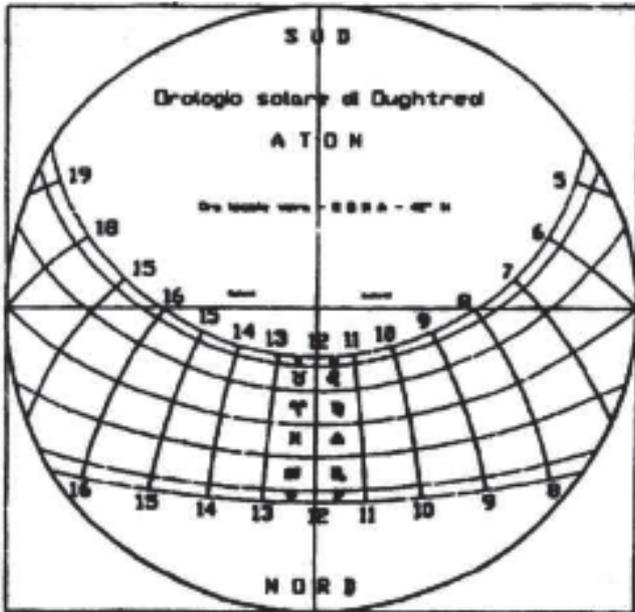


FIG. 6

POSSIBILITES D'APPLICATION DU CD DANS LE DOMAINE DE LA GNOMONIQUE

La description de ce travail n'épuise pas la possibilité d'appliquer le CD dans le domaine de la gnomonique. Il est possible de réaliser des cadrans avec des heures italiques et babyloniennes, avec une construction opportune sur laquelle nous ne nous arrêtons pas par brièveté. Le CD placé horizontalement permet de mesurer la déclinaison d'un mur. Avec une construction appropriée il est encore possible de réaliser une boussole solaire non affectée par la proximité de masses métalliques, ni par les variations de la déclinaison magnétique.

Nous remercions nos amis gnomonistes pour leur collaboration très utile et efficace. ..Gianni Ferrari fut généreux en conseils et en programmes informatiques nous suggérant des voies toutes inexplorées comme réaliser avec le CD des cadrans solaires d'heures italiques ou encore des cadrans de hauteur, a courbes très sinueuses.

Dans le paragraphe suivant Edmondo Marianeschi nous a courtoisement fourni l'interprétation du phénomène de diffraction du CD.

LA DIFFRACTION DANS LE CD UTILISE COMME CADRAN SOLAIRE

Edmondo Marianeschi

La diffraction est un phénomène optique complexe qui peut se produire avec toutes les radiations qui se propagent ondulatoirement, comme le sont les vibrations mécaniques, les ondes électromagnétiques etc...

Dans le cas de la lumière lorsque les rayons lumineux passent près des limites d'un objet illuminé ils se dévient uniformément et viennent comme à tourner. Lorsque les objets sont des segments rectilignes, parallèles et à égale distance de l'ordre d'un micron (réticule de diffraction), la dispersion a lieu, c'est-à-dire qu'il y a une décomposition du faisceau lumineux incident. La découverte de la diffraction est dû au père F. M. Grimaldi (1618-1663).

Pour approfondir et développer les concepts exposés ici, consulter les ouvrages spécialisés d'Optique.

Voyons comment est un CD, du moins dans les aspects qui nous intéressent. La face sans étiquette, celle qui permet l'enregistrement du CD, est constituée d'un sillon en forme de spirale plane très fine, de 33 millimètres de largeur totale, avec un pas de 1.6 microns (625 sillons par millimètre), avec une largeur pour tous les sillons de 0.5 µm et une profondeur de 0.1 µm. Le support est en polycarbonate (plastique). La surface sillonnée est métallisée avec de l'aluminium et protégée par un léger et uniforme revêtement en plastique transparent.

Les dimensions des sillons conviennent de sorte qu'une fois que la lumière blanche les illumine, il apparaît les effets de la diffraction et la surface contenant les sillons agit pour la réflexion comme un réseau de diffraction.

Apparemment le CD a besoin d'une condition supplémentaire pour servir de réseau de diffraction, c'est-à-dire qu'il manque le caractère rectiligne et le parallélisme, puisque les sillons appartiennent à une spirale continue et non à un faisceau de lignes parallèles. Mais la condition est satisfaite si l'on pense qu'en définitive les arcs de la spirale, qui sont employés quand la source lumineuse est angulairement très petite et assimilable à un petit disque, comme l'est le disque solaire, sont simplement ceux qui s'ordonnent sur un rayon dans une bande d'une fraction de millimètre de largeur ; pour ceux qui peuvent être confondus avec la corde géométrique et se considérer tous égaux, parallèles et sans aucune courbure.

a = écartement des sillons

c = plan horizontal du CD

GS = rayon solaire

GS'' = axe de du réseau élémentaire radial, axe du spectre et projection de GS sur l'horizon

SGS' = hauteur du soleil sur l'horizon

SGO = α = angle d'incidence = 90-h

OGR = β = angle de diffraction

AGS' = azimut de l'axe du spectre et azimut du soleil

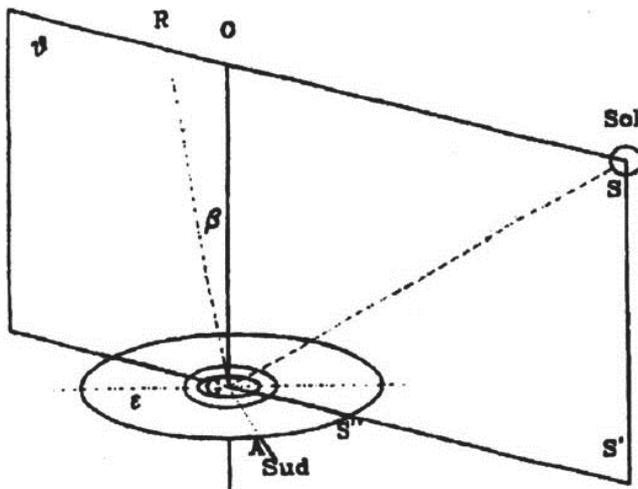
OG = direction de l'œil dans l'autocollimation

q = plan vertical passant par S et G

Pour le spectre d'ordre 1 :

$$\sin b = \frac{1}{a} - \sin a$$

L'angle de diffraction β qui est fonction de la longueur d'onde qui caractérise la lumière incidente, – ici la dispersion de la lumière – peut être calculée au moyen de la formule précédemment donnée sur le schéma 7. Cette formule est valable pour le spectre appelé d'ordre 1 qui est pratiquement le seul qui s'utilise dans les cadrans solaires. Les autres spectres ou se produisent hors du champ ou se superposent, brouillant le résultat. En général, il n'y a pas à se préoccuper de l'ordre du spectre, puisqu'ils sont presque tous contenus dans le rayon GS''.



Entre tous les rayons qui tombent sur la surface ϵ du CD il suffit que ceux qui tombent sur l'étroite bande diamétrale (nous l'appellerons réticule élémentaire) qui a pour axe la projection sur le plan du CD la droite qui joint le soleil au centre G , réunissent

Si le CD que nous avons supposé jusqu'à présent horizontal, est placé dans le plan équatorial, conservant les relations de perpendicularité et d'orientation précédemment cités (plan passant par S , par l'axe du réticule élémentaire et par la mire OG normale à ϵ), la projection de S tombe dans le plan de l'équateur céleste et par conséquent, on peut obtenir la mesure de l'angle horaire. **Encore dans ce cas**, pour ce qui est de la graduation angulaire périphérique du disque, le petit miroir placé au centre du CD permet l'autocollimation et garantit une observation correcte.

les conditions requises pour la théorie de la diffraction, parce qu'on obtiendra la lumière décomposée dans ces composantes chromatiques, c'est-à-dire, un spectre de lumière blanche. En fait le réticule élémentaire peut être considéré comme une série de fentes, parallèles, équidistantes et perpendiculaire à la direction de la lumière incidente. Les rayons diffractés sont tous dans le plan d'incidence des rayons lumineux qui proviennent de S pour autant que le spectre se distribue dans toute la direction de la bande diamétrale fonctionnant comme un index (ou repère) azimutal.

Par conséquent la décomposition spectrale de la lumière issue de S est distribuée sur toute la largeur du diamètre du CD : c'est la projection de la droite SG sur l'horizon. De là se déduit la possibilité de mesurer l'azimut de S sur la graduation périphérique.

Afin de voir rapidement le spectre et garantir les conditions géométriques, il est suffisant que l'œil de l'observateur se situe dans le plan des rayons de diffractés et donc se place au milieu, sur G , centre du CD de telle manière à ce que l'observation se fasse perpendiculairement au plan du CD. Cette circonstance peut se garantir en mettant l'œil en autocollimation à l'aide d'un miroir situé au centre du CD dans le même plan ou dans un plan parallèle.

MARIO CATAMO

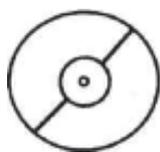
CESARE LUCARINI

Traduction : D. COLLIN
Mai 2002

Cet article a été présenté au X^{ième} Séminaire National de Gnomonique, qui s'est déroulé à S. Benedetto del Tronto (Italie) les 6, 7, 8, et 10 octobre 2000.

Il a été aussi publié dans les revues suivantes : "COMPENDIUM" , revue de la North American Sundial Society, N°3, Septembre 1990. "ASTRONOMIA" bulletin de l'Union Astronomique Italienne, N°5 (Septembre-octobre 1999)...?





CADRAN INCLINE DECLINANT (P. DALLET)

Cadran solaire de Corrèze au XX^{ème} siècle, pages 131 à 150. Chapitre X

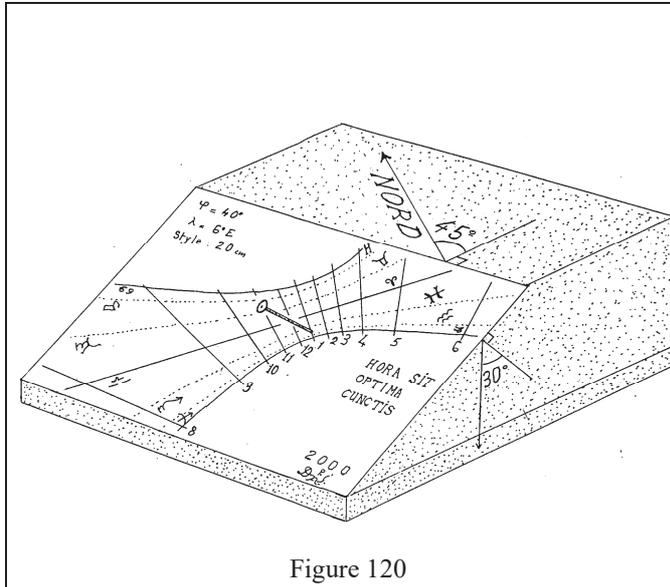


Figure 120

Cadran plan classique à style incliné-déclinant.

- ° Coordonnés:
40° N, $\lambda = -6^\circ$ E, $Z = 30^\circ$,
- ° Style droit GS = 20cm
- ° Déclinaison gnomonique $D = 45^\circ$ Ouest
- ° Renseignements procurés:
 - Heure vraie du fuseau
 - Tiers de saisons dénommées par les symboles du calendrier zodiacal.

Ce cadran est le plus souvent un cadran gravé sur une pierre, inclinée et exposée de façon très variable. Ce peut être aussi un cadran de parc floral construit sur un tertre. Ce n'est pas un cadran de mur de maison mais souvent un cadran de parc, de jardin, ou de mur de soutènement.

C'est un cadran plan, classique. Les lignes d'heures vraies se dessinent à partir d'un cadran équatorial rabattu sur sa surface. Pour ce cadran, le style est, comme pour un équatorial, un axe parallèle à l'axe de la Terre. On le nomme « style polaire ». L'origine des coordonnées cartésiennes est le pied du style droit. L'axe vertical sera l'axe des y, compté positivement vers le haut. L'axe horizontal sera l'axe des x, compté positivement vers la droite. Les coordonnées des points formant les lignes sont celles de l'ombre du point S, sommet du style droit. On calcule les coordonnées du pied du style polaire, dit point C, ou "centre du cadran" La construction se fait en utilisant des formules de calcul plutôt que par épure. En effet sur ce type de cadran le centre du cadran est très souvent hors de sa table, il peut être aussi bien au -dessus qu'au dessous de l'horizon.

On calcule par la trigonométrie sphérique l'angle (ψ) entre le style et la table du cadran, puis l'angle (ρ) « rotation de la ligne sous -stylaire ». Ils permettent de calculer les coordonnées rectangulaires du point C, centre du cadran, par rapport au pied du style droit.

L'algorithme propre au cadran consiste à transformer la hauteur (h) et l'azimut (A) en « hauteur sur cadran hc » et en « azimut de l'ombre sur le cadran Ac »

Voici les formules :

Transformations des coordonnées horizontales en coordonnées sur cadran incliné déclinant.

Après avoir éventuellement corrigé la hauteur (h) de la (ou des) réfractions nous utilisons :

Soit **hc** la « hauteur sur cadran »

Angle entre le Soleil et la surface du cadran : « hauteur sur cadran ». Cet angle a pour sommet le pied du style droit.

$$\sin hc = \sin Z * \sin h + \sin Z * \cos h * \cos (A - D)$$

Si cet angle est négatif le Soleil est au –dessous du cadran. Si H_c est inférieur à 1, il est raisonnable de sauter à la valeur suivante sans placer le point sur le dessin (pénombre).

Soit Ac l'« Angle azimut de l'ombre sur le cadran »

Angle entre la plus grande pente descendante du cadran et l'ombre d'un style droit, mesuré dans le sens anti-horloge. Cet angle a pour sommet le pied du style droit.

$$\tan Ac = [\cos h * \sin (A - D)] / [\sin Z * \sin h - \cos Z * \cos h * \sin (A - D)]$$

Cette formule est à utiliser avec la fonction arc –tangente à deux arguments.

La longueur de l'ombre du style droit est obtenue par la formule :

$$OM = GS / \tan hc$$

Les coordonnées du sommet de l'ombre sont obtenues par :

$$X = OM * \sin Ac$$

$$Y = OM * \cos Ac$$

Après avoir calculé ces angles on calcule :

La longueur de l'ombre du style droit.

Les coordonnées x et y du sommet de cette ombre, le pied du style droit étant pris pour origine.

Eventuellement nous transformerons ces coordonnées pour les obtenir en prenant pour origine le pied du style polaire.

D'autres auteurs préconisent des formules différentes. C'est un choix à faire. Nous pensons que les formules de Gauss citées ci dessus sont préférables parce qu'elles permettent éventuellement de tenir compte de la réfraction atmosphérique, ou de la réfraction de pénétration de la lumière dans l'eau (cadrans submergés).

Il se construit facilement à partir d'une maquette obtenue par tracé automatisé et copie d'écran

Pour sa gravure sur pierre il faut comme toujours réaliser un poncif en atelier.

• **Épure du cadran.**

Il n'est pas possible ici d'envisager une épure permettant de dessiner ce cadran dans tous les cas. Nous allons donc nous limiter à un exemple. Cet exemple permettra au lecteur de se faire une idée concrète des lignes de ce cadran.

Nous allons expliquer l'épure pour :

Une latitude (ϕ) de 40° N

Une longitude (λ) de 6° E.

Une inclinaison (Z) de 30°.

Une déclinaison gnomonique (D) de 45° OUEST

Un gnomon de longueur 20mm, les dessins seront grandeur réelle.

• **Déterminer les paramètres primaires l'inclinaison Z et la déclinaison gnomonique D.**

L'inclinaison gnomonique Z, nommée aussi « Distance zénithale de la normale au plan du cadran », se mesure ainsi :

- 0° pour un cadran horizontal, face vers ciel
- 90° pour un cadran vertical
- 0 à 90° pour un cadran incliné, face vers ciel
- 90 à 180° pour un cadran incliné, face vers sol.

L'inclinaison se mesure à l'aide, de deux règles de maçon, d'un niveau, et d'une calculatrice scientifique qui nous permet d'effectuer facilement le calcul trigonométrique qui nous donne sa valeur.

La déclinaison gnomonique « D » nommée aussi « Azimut de la normale au plan du cadran », se mesure, par convention :

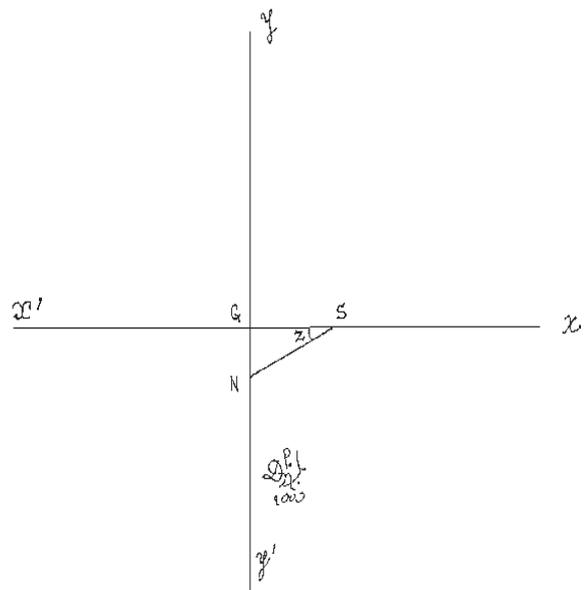
- négativement sur les cadrans orientés vers l'EST,
- 0° plein SUD
- 90° plein EST
- 180° plein NORD
- positivement sur les cadrans orientés vers l'OUEST
- 0° plein SUD
- 90° plein OUEST
- 180° plein NORD

Si l'épure est réalisée à son emplacement définitif, il n'est pas absolument nécessaire de déterminer l'inclinaison, ni la déclinaison gnomonique, en revanche le style droit, nommé aussi " Gnomon ", définitif doit être en place.

Les coordonnées géographiques, latitude ϕ , et longitude L , du lieu de construction du cadran sont à connaître, un atlas de poche est très pratique. Nous pouvons aussi utiliser un instrument de guidage par satellites le GPS, abréviation de, en langue anglaise, Global Positioning System.

Figure 121

$\Phi = 40^\circ, \lambda = -6^\circ, Z = 30^\circ,$
Style droit GS = 20 mm,
Déclinaison gnomonique $D = 45^\circ$ W



- **2) Débuter l'épure.**

(voir figure 121)

Tracer les axes $x'x$, horizontal, et $y'y$ vertical. Ils se coupent au point G, pied du gnomon GS, perpendiculaire au plan du cadran : l'extrémité S du gnomon est aussi le sommet du style polaire CS, parallèle à l'axe de la Terre.. Les emplacements de l'ombre du point S nous permettront de tracer les diverses lignes du cadran. Il ne faut pas confondre le point C dit « centre du cadran », qui est le point de rencontre du style polaire et de la surface du cadran, avec le point S. Le point S est le sommet aérien commun des styles du cadran : style droit, style polaire, style nadir / zénith . Ce dernier est celui qui nous sert pour tracer les lignes d'azimut et de hauteur au fil tendu.

- **3) Sur l'axe $x'x$:**

(figure 121)

Tracer le gnomon (ou « style droit ») rabattu.

- **4) Par le point S tracer la ligne SN (Sommet - Nadir).**

L'angle GSN égal à « Z » l'inclinaison du cadran. Dans l'espace SN est un segment de droite, vertical. Si le cadran était face vers le sol nous obtiendrions SZ (Sommet - Zénith).

Si l'épure est réalisée à son emplacement définitif : Nous obtiendrons le point N, ou le point Z, à l'aide d'un fil à plomb. La détermination de l'inclinaison n'est pas nécessaire.

- **5) Obtenir la ligne " Horizon du cadran ".**

Tracer le segment SH, l'angle GSH étant égal à $(90^\circ - Z)$. Dans l'espace le segment SH est horizontal. Le point H est situé sur la ligne dite " Horizon du cadran ". Cette ligne est la trace de l'intersection d'un plan horizontal, passant par le point S, sommet du style droit, avec le plan du cadran.

Si l'épure est réalisée à son emplacement définitif :

Le point H peut être obtenu à l'aide d'un niveau de maçon ou d'un niveau à fioles.

- **6) Obtenir le plan H S1 M, horizontal dans l'espace.**

Tracer l'arc de cercle, de centre H et de rayon HS, qui procure le point S1 sur l'axe $y'y$.

Tracer le segment S1 M, l'angle H S1 M étant égal à DG, la déclinaison gnomonique. S1 M est, dans l'espace, un segment de droite NORD - SUD, horizontal.

- **7) Tracer la ligne dite " Méridienne du cadran ".**

(Figure 122)

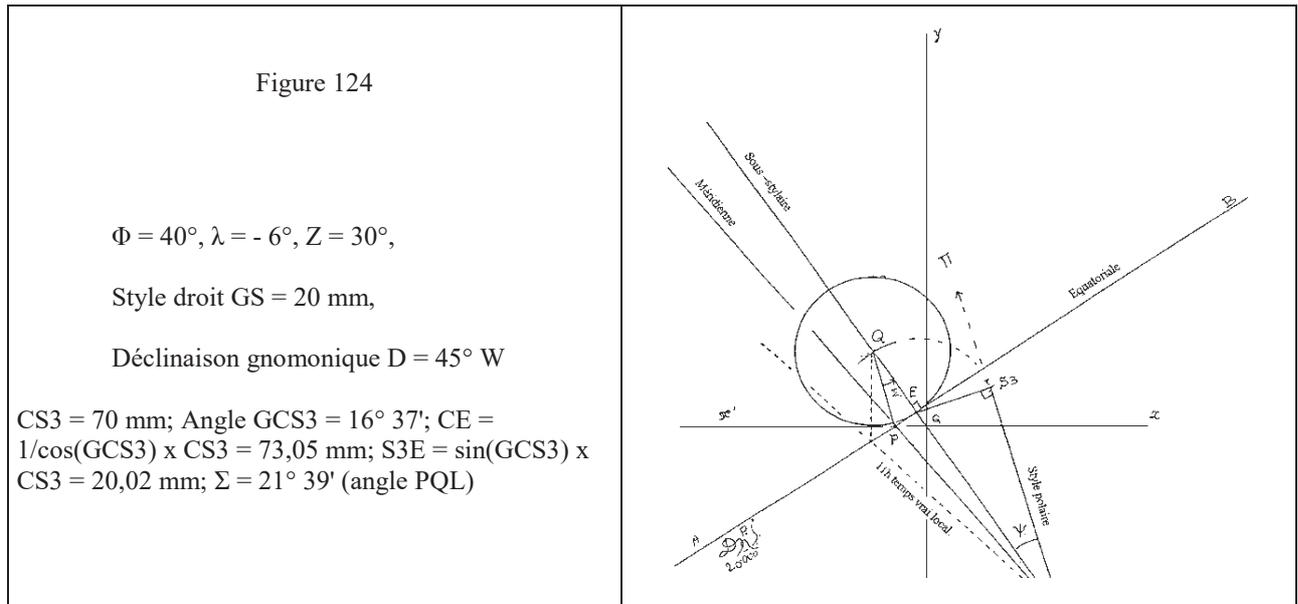
Cette ligne est la trace de l'intersection d'un plan vertical NORD - SUD avec le plan constitué par la table du cadran. Elle s'obtient en traçant à la règle une droite passant par les points M et N (ou Z si le cadran est face vers sol

style polaire rabattu sur l'épure; G S3 est le style droit, CG est un segment de la ligne sous-styilaire. L'angle γ 'GC mesure la rotation de la sous-styilaire, symbolisée par ρ (« rhô »)

Dans notre exemple nous avons $\rho = 34^{\circ}25'$.

L' angle GCS3 est l'angle formé par le style polaire et le plan du cadran, symbolisé ψ (« psi », parallèle latitude du cadran horizontal équivalent à notre cadran.).

Dans l'exemple d'épure ci-contre nous avons $\psi = 16^{\circ}37'$.



• **11) Tracer la ligne sous-styilaire.**

(figure 124)

Nous prolongeons assez loin sur l'épure le segment CG.

• **12) Obtenir E, le point de tangence du cadran équatorial auxiliaire à la table du cadran.**

(figure 124)

Depuis le point S3, abaisser une perpendiculaire au segment CS3, elle coupe au point E, le prolongement de la ligne sous-styilaire CG.

• **13) Dessiner l'équatorial auxiliaire rabattu sur l'épure.**

(figure 124)

De E pour centre, avec un rayon égal à S3E, rapportons la longueur S3 E sur la sous-styilaire. Nous obtenons le point Q, centre de l'équatorial auxiliaire. En prenant Q pour centre, QE pour rayon nous dessinons l'équatorial auxiliaire.

• **14) Construire la ligne " équatoriale " du cadran.**

(figure 124)

C'est une droite AB, perpendiculaire à la sous-styilaire CE, au point E.

• 15) Placer la ligne **MIDI VRAI** de l'équatorial auxiliaire.

(figure 124)

Soit P le point commun à MN (ou MZ) la méridienne du cadran et AB l'équatoriale. Tracer le segment de droite QP. Cette droite est celle de l'angle horaire (H) égal à zéro. Tout les angles horaires à reporter sur le cadran auront cette droite pour origine angulaire. Tous les côtés des angles horaires seront à prolonger jusqu'à l'équatoriale AB. C'est l'opération connue sous le nom de division de l'équatoriale.

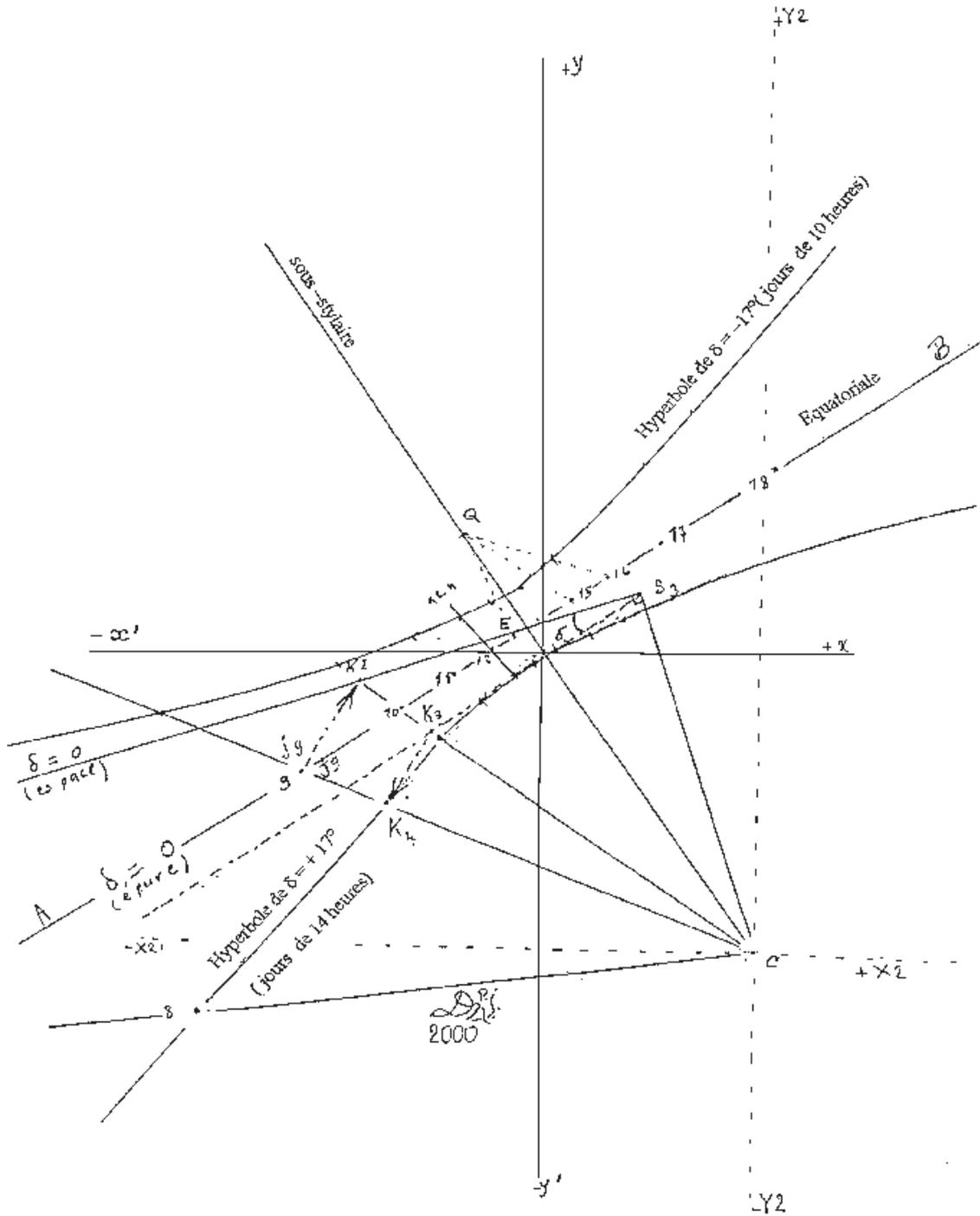


Figure 125

- **16) Valeur de l'angle $PQE = \Sigma$ (angle PSE dans l'espace) rabattu sur l'épure :**

(figure 124)

« Angle horaire à la sous-stylaire » ou « Différence de longitude » en raison d'une conception de cadran solaire horizontal équivalent.

C'est la valeur de l'angle horaire du Soleil lorsque l'ombre du style polaire couvre la ligne sous-stylaire. Ici il a pour symbole Σ .

Sur l'épure exemple nous avons $\Sigma = 21^{\circ}39'$.

- **17) Tracé de toutes les lignes d'angle horaire, de 15 en 15°, sur la table du cadran.**

- a) Nous traçons, en pointillé léger, depuis le segment QP tous les côtés des angles horaires H jusqu'à l'équatoriale AB. Ces lignes sont purement constructives et destinées à placer sur cette droite les points J numérotés en heures vraies. Seule la ligne Q-11h est visible figure 124

Figure 125 :

- b) Tracer les lignes partant du point C passant par les points J précédemment déterminés.

Ces lignes de temps vrai ne sont que provisoires si l'on ne désire pas un cadran donnant l'heure vraie, mais un autre type de temps, (lignes en HUIT de temps légal par exemple).

Il faut toutefois remarquer que pour être sûrs de bien réussir un cadran, elles sont une étape obligatoire.

- **18) Tracé des lignes de déclinaison sur la table du cadran.**

(Figure 125)

Les courbes de déclinaison, dites aussi " arcs des signes", les courbes d'almicantarats, nommées parfois courbes des cercles de hauteur, ainsi que les courbes de proclinaison (coordonnées d'astrologues) sont des coniques.

- **19) choix d'une méthode de tracé des coniques.**

La voie royale pour tracer ces lignes semble être le calcul automatisé des coordonnées cartésiennes d'un grand nombre de leurs points, et de les joindre par un tiret.

Les méthodes parmi lesquelles nous choisirons seront :

- Le poncif du cadranier ;
- La construction géométrique des coniques par leur sommet et foyers ;
- Le tracé des coniques par leurs équations ;
- Le tracé par la trigo sphérique et l'algorithme propre au cadran.

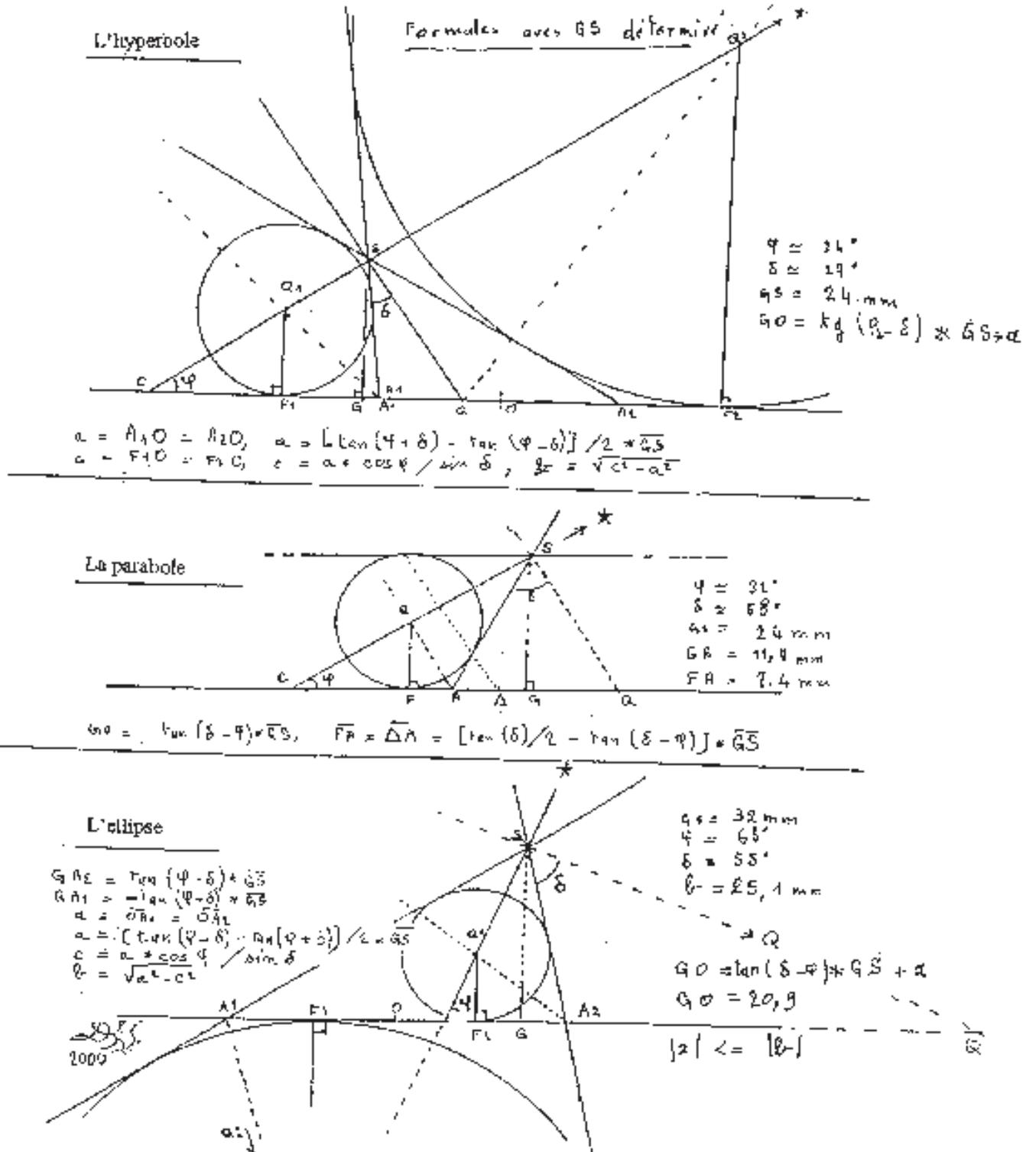
- **20) Tracé des coniques par la méthode dite du « poncif du cadranier ».**

(Figure 126)

Cette méthode, très rapide, est utilisable pour des cadrans ayant le format approximatif d'une page de journal. Il faut utiliser un calque à poncif de fresquistes. Sur ce calque nous dessinons le triangle sous-stylaire CSE, et

Figures 127, 128, 129.

Obtention des sommets et foyers des coniques.



Dans les trois cas les foyers et sommets de ces courbes s'obtiennent facilement par construction, à la règle et au compas. Pour cela nous dessinons la coupe des sphères emboîtées dans le cône, tangentes à la fois au cône et au plan du cadran. Les foyers sont les points de contact des sphères et de la table du cadran. La coupe est une représentation du plan sécant passant par le sommet du cône, les centres des sphères, et leurs points de tangence au cadran.

Cette construction sert à démontrer la nature de ces lignes, ainsi que leurs définitions ; elle permet leurs tracés à la règle et au compas à partir des sommets et foyers.

Pour les coniques d'almicantarats, l'axe du cône est un style vertical, l'angle hauteur h est le complément de son demi-angle au sommet.

Pour les coniques de proclinaison, l'axe du cône est un style horizontal Nord-Sud, la proclinaison est le complément de la demi-valeur de l'angle au sommet.

L'angle entre l'asymptote d'une hyperbole et l'axe $x'ox$ est obtenu par la formule suivante :

$$\sin(A) = \sin(\delta) / \cos(\psi)$$

- **Tracé proprement dit :**

Soit un point M appartenant à une **hyperbole**, il est obtenu au compas par l'intersection de deux arcs de cercles ayant

pour centres F_1 et F_2 les foyers,

et pour rayons F_1M et $(F_2M + 2*a)$

Soit un point M appartenant à une **parabole**, il est obtenu au compas par l'intersection d'un arc de cercle ayant pour centre F le foyer et FM pour rayon, et une perpendiculaire à la directrice Δ de longueur ΔM égale à FM .

Les centres de courbure de la parabole, considérée alors comme une suite d'arcs de cercles, sont des points C_x placés sur $y'o y$, avec pour chacun d'eux $C_x F$ égal à FM .

Soit un point M appartenant à une **ellipse**, il est obtenu au compas par l'intersection de deux arcs de cercles ayant :

pour centres F_1 et F_2 les foyers,

et pour rayons F_1M et $(2 * a - F_1M)$

Ce procédé de tracé est probablement celui décrit par APOLLONIOS de Perga vers 200 avant notre ère.

- **22) Tracé des lignes de déclinaison par les équations des coniques.**

Pour établir les équations des coniques il faut commencer par déterminer le type de celles-ci. Soit ψ l'angle entre le style et le plan du cadran, δ le complément de l'angle au sommet du cône, nous avons :

Si $(\psi + \delta) < 90^\circ$: c'est une hyperbole.

Si $(\psi + \delta) = 90^\circ$: c'est une parabole.

Si $(\psi + \delta) > 90^\circ$: c'est une ellipse.

La longueur du style droit étant GS .

L'axe médian $y'o y$ sera la sous-stylaire, l'axe transverse $x'o x$ est parallèle à l'équatoriale. Les distances entre $x'o x$ et l'équatoriale auront pour valeurs GO .

Attention, x se donne en valeur absolue et prendra deux valeurs possibles : $+x$ et $-x$, de même y pour l'hyperbole et l'ellipse aura deux valeurs : $+y$ et $-y$.

• a) Equation de l'hyperbole.

a étant la demi -distance entre les sommets A1 et A2 :

$$a = (\tan(\psi + \delta) - \tan(\psi - \delta)) / 2 * GS$$

c étant la demi -distance entre les foyers F1 et F2 :

$$c = a * \cos(\psi) / \sin(\delta)$$

GO, segment de la sous-styloire :

$$GO = \tan(\psi - \delta) * GS + a$$

Maintenant nous affectons une valeur à x :

y est obtenu par la formule :

$$y = \pm \sqrt{(a^2 + a^2 * x^2 / (c^2 - a^2))}$$

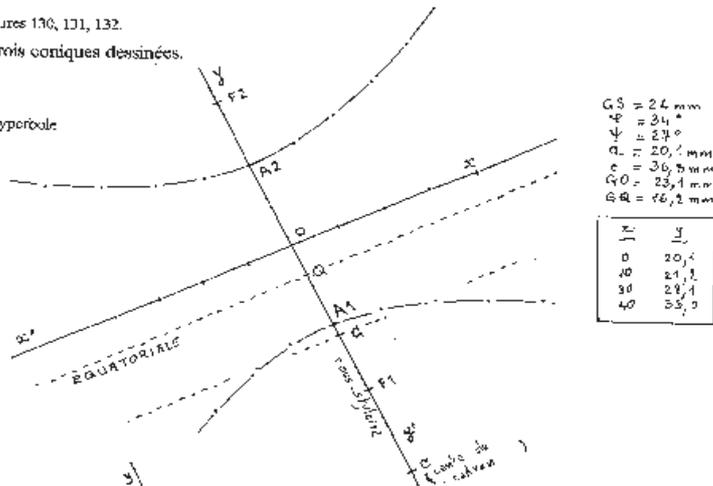
Enfin, avec : $b = \pm \sqrt{(c^2 - a^2)}$,

nous obtenons l'équation de l'asymptote

$$y = a * x / b$$

Figures 130, 131, 132.
Les trois coniques dessinées.

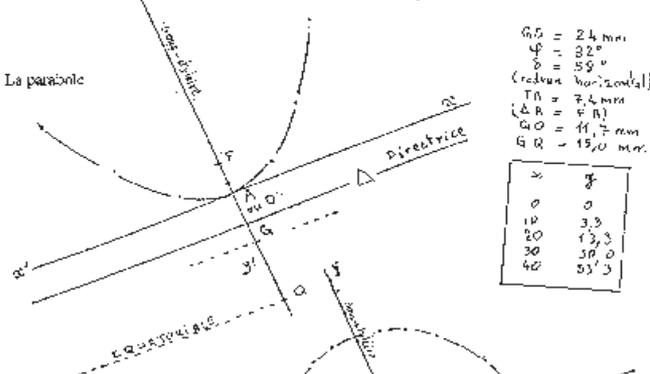
L'hyperbole



GS = 24 mm
 $\psi = 34^\circ$
 $\delta = 27^\circ$
 $a = 20,2$ mm
 $c = 36,5$ mm
 $GO = 23,1$ mm
 $GQ = 16,2$ mm

x	y
0	20,2
10	21,1
30	23,1
40	33,3

La parabole

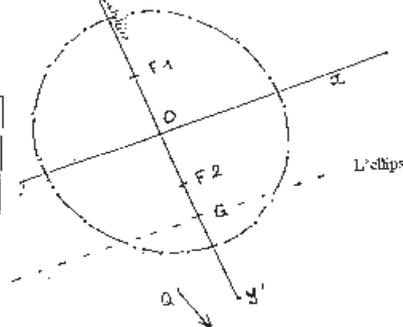


GS = 24 mm
 $\psi = 32^\circ$
 $\delta = 59^\circ$
 (redoublé hor. 2001/01)
 $TA = 7,4$ mm
 $(\Delta A = F A)$
 $GO = 11,7$ mm
 $GQ = 15,0$ mm

x	y
0	0
10	3,3
20	13,3
30	30,0
40	53,3

GS = 31 mm
 $\psi = 48^\circ$
 $\delta = 55^\circ$
 (redoublé hor. 2001/01)
 $a = 28,3$ mm
 $b = 25,1$ mm
 $c = 12,9$ mm
 $GO = 20,5$ mm
 $GQ = 29,2$ mm

x	y
25,1	0
25,0	9,5
25	13,3
10	29,9
10	46,0
5	29,7



L'ellipse

- **b) Equation de la parabole.**

Soient:

x'o x l'axe transverse, avec les points A et o confondus.

Δ la directrice de la parabole, parallèle à x'o x et à l'équatoriale du cadran.

FA, le segment de la sous-stylaire, distance entre le foyer F et le sommet A

AA' égal à FA, distance entre A et la directrice Δ .

Nous avons:

$$GO = \tan(\delta - \psi)$$

$$FA = 1/2 * \tan(\delta) * GS - GO$$

Maintenant nous affectons une valeur à x:

y est obtenu par la formule:

$$y = x^2 / (4 * FA)$$

- **c) Equation de l'ellipse.**

a étant la demi -distance entre les sommets A1 et A2 :

$$a = (\tan(\psi - \delta) - \tan(\psi + \delta)) / 2 * GS$$

c étant la demi -distance entre les foyers F1 et F2 :

$$c = a * \cos(\psi) / \sin(\delta)$$

b étant le demi -petit axe de l'ellipse :

$$b = \sqrt{a^2 - c^2}$$

GO segment de la sous-stylaire :

$$GO = \tan(\delta - \psi) * GS \div a$$

Maintenant nous affectons une valeur à x :

La valeur de x est à tester : si sa valeur absolue est supérieure à b, lui affecter le contenu de b, garder le signe.

y est obtenu par la formule :

$$y = \sqrt{a^2 + a^2 * x^2 / (c^2 - a^2)}$$

- **23) Tracé par l'algorithme du cadran.**

Les algorithmes de lignes sont ceux qui sont utilisés pour les autres cadrans, ils sont décrit pour le cadran de projection stéréographique, et pour le cadran scaphé cylindrique.

L'algorithme propre à ce cadran est cité au début de ce chapitre de manière à inciter le lecteur à préférer le calcul automatisé à l'épure. Les ordinateurs dessinent ce cadran en une minute alors qu'il faut beaucoup de temps par épure, de l'ordre d'un an si l'on trace les lignes de Temps Universel et un canevas italico - babylonique..

UNE CURIOSITE GNOMONIQUE (J. FORT)

M. OZANAM, membre de l'Accadémie Royale des sciences a publié en 1778, un ouvrage intitulé: "*Récréations mathématiques et physiques*".

Cet ouvrage destiné à distraire et à instruire les érudits du siècle des lumières, si curieux du progrès scientifique, est fort abondant. Dans son tome troisième, dans sa section "mathématique", il traite de la gnomonique sous bien des aspects et fait suivre son texte d'une analyse bibliographique des ouvrages les plus importants dans ce domaine.

Dans le but d'égayer le bulletin "cadran info", voici le texte et le graphique originels du Problème XLI qui consiste à:

TROUVER L'HEURE DU JOUR AU MOYEN DE LA MAIN GAUCHE

L'avantage de la méthode est que l'on possède toujours "sous la main" cet instrument, certes, peu précis, mais inaliénable.

Octobre 2002

Nous allons terminer cette partie de notre ouvrage par une forte de badinage gnomonique.

P R O B L Ê M E X L I.

Trouver l'heure du jour au moyen de la main gauche.

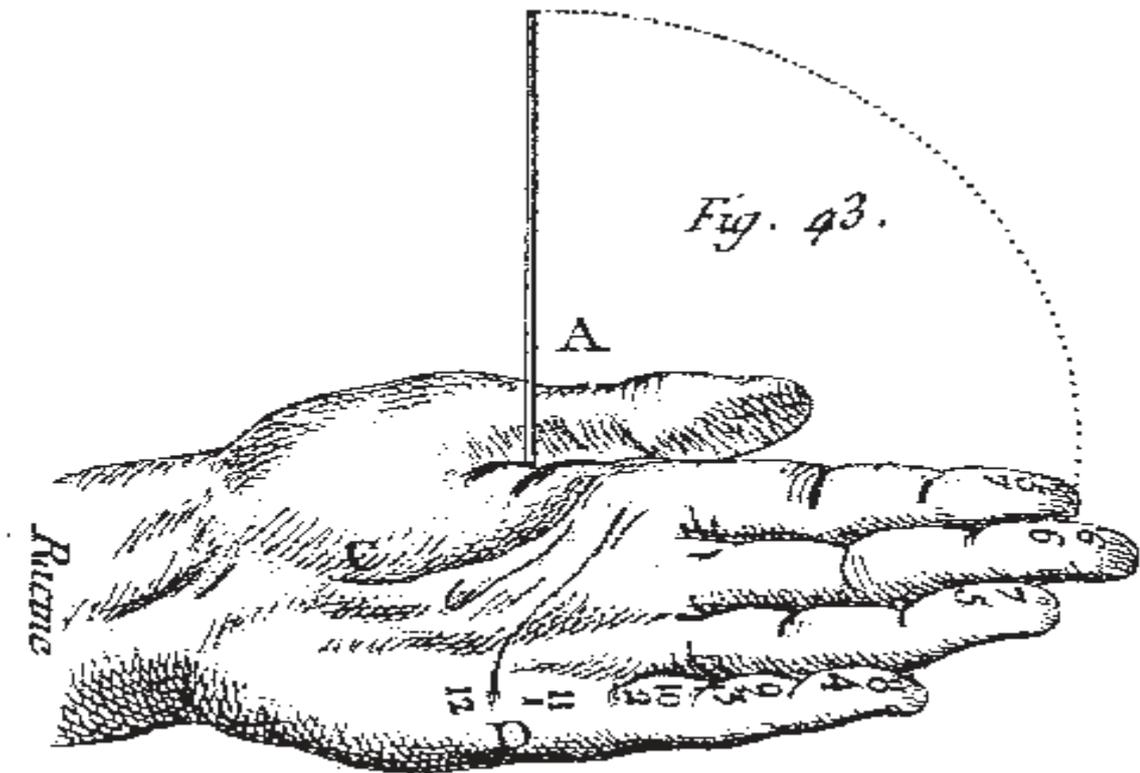
ON sent aisément qu'il ne peut pas y avoir de précision dans une pareille méthode : on ne la donne ici que pour ce qu'elle vaut.

Il faut d'abord étendre la main gauche, & la poser horizontalement, en sorte que le dedans soit tourné vers le ciel; puis on prendra un brin de paille ou de bois, qu'on placera à angles droits à la jointure, entre le pouce & le doigt index, & qu'on tiendra élevé au dessus de la main, de la longueur qui est depuis cette jointure jusqu'à l'extrémité du doigt index, comme on le voit représenté dans la figure en A : ce brin de paille sert de style. Ensuite on tournera la racine du pouce vers le soleil, la main étant toujours étendue, jusqu'à ce que l'ombre du muscle qui est au dessous du pouce se termine à la ligne de vie marquée C. Alors l'extrémité de l'ombre du brin de paille montrera l'heure, en tournant le poignet ou la racine de la main vers le soleil, & tenant les doigts également étendus. L'ombre tombante au bout du doigt

Pl. 20,
fig. 43

index, marquera 5 heures du matin ou 7 heures du soir; au bout du doigt du milieu, 6 heures du matin & du soir; au bout du doigt suivant, 7 heures du matin & 5 heures du soir; au bout du petit doigt, 8 heures avant midi & 4 heures du soir; à la jointure prochaine du même petit doigt, 9 heures du matin & 3 heures après midi; à la jointure suivante du petit doigt, 10 heures avant midi & 2 heures après midi; à la racine du même doigt, 11 heures du matin & 1 heure après midi; enfin l'ombre tombante sur la ligne de la main marquée D, dite *ligne de la table*, marquera 12 heures ou midi.

Nous n'avons pu donner place ici qu'à quelques-unes des pratiques les plus curieuses de la gnomonique, sans y joindre les démonstrations, qui, pour la plupart, se présenteront facilement à tous ceux qui sont un peu versés dans la géométrie.



UN CADRAN SOLAIRE TROUVE A CLUNY (P. GAGNAIRE)

Lors de la réunion du 2 juin 2002 ont été montrées quelques photographies d'un cadran équatorial en pierre, mis au jour à Cluny, peu de semaines auparavant, mais dont il n'est pas possible de donner l'actuelle localisation, dans une demeure privée du Dauphiné.



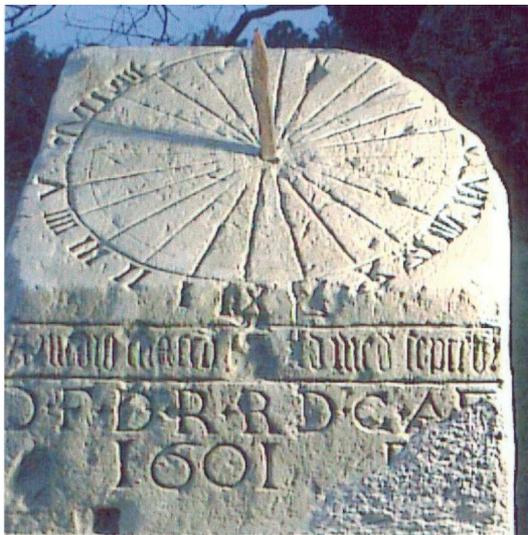
Profil montrant les dérives des faces gnomonisées par rapport au plan équatorial.

N.B. Sur cette photo remarquer le style, qui n'est pas d'origine et qui sera bagué à la bonne longueur, pour animer les (pseudo-) cercles de déclinaison.

Ce cadran, l'un des plus anciens de notre inventaire, présente une particularité tout à fait singulière pour un cadran équatorial: ses deux faces ne sont pas parallèles au plan équatorial mais s'en écartent d'environ 5 degrés chacune, l'une vers le ciel et l'autre vers le sol. Ainsi, le cadran fonctionne aussi les jours d'équinoxes et même par ses deux faces. En réalité, c'est un multiface incliné non déclinant.

Sa date intrigue. En effet, si une inscription composée de lettres isolées, élégamment gravées, porte la date 1601, elle diffère tellement des malhabiles devises en lettres gothiques qui donnent le mode d'emploi de chacune des faces, qu'on peut se demander si l'écart de temps, entre l'une et les autres, ne serait pas relativement important.

Cette supposition se renforcerait en raison du sens des devises: face septentrionale: A MEDIO MARTIS AD MEDIUM SEPTEMBRIS; face méridionale : A MEDIO SEPTEMBRIS AD MEDIUM MARTIS



- ▲ Agrandissement des inscriptions du côté Sud
- ◀ Le côté Nord: face et plan vertical en dessous d'elle

Cela, pris au pied de la lettre, reporte les équinoxes au 15/16 Mars et au 15 Septembre. Alors ne serions-nous pas encore en calendrier julien, avec les conséquences chronologiques qui en découleraient ?

Mais, même si la date de 1601 s'imposait, en définitive, voilà un cadran équatorial, en un seul bloc de pierre taillée, portant les lignes d'heures rondes et des demi-heures, les cercles de déclinaison annotés des signes du zodiaque, une pièce rare, certainement.

LE TEMPLE ASTRONOMIQUE DE MNAJDRA A MALTE (A. GOTTELAND)

A l'occasion d'un voyage à Malte, en juillet 2000, pour y photographier des méridiennes, nous avons eu l'occasion de nous procurer le livre que Paul I Micallef consacré aux phénomènes astronomiques qu'il a observés dans le temple de Mnajdra à Malte (1).

Sur place, nous avons étudié et photographié ce temple. Puis, nous avons pris contact avec des personnes susceptibles de nous documenter. Le Professeur de l'Université de Malte, Frank Ventura, nous a adressé quatre articles auxquels il a participé.

Christopher Micallef, le neveu de Paul I Micallef, a tourné un film, en 1987-1990, qui a, pour l'instant deux versions. Il est en train de faire la troisième, ayant fait de nouvelles découvertes (2).

Ce temple et les phénomènes astronomiques observés ont intéressé les Etats-Unis, la Russie, la Suisse, la Grande-Bretagne, la Belgique, la Suisse, mais, semble-t-il, pas la France.

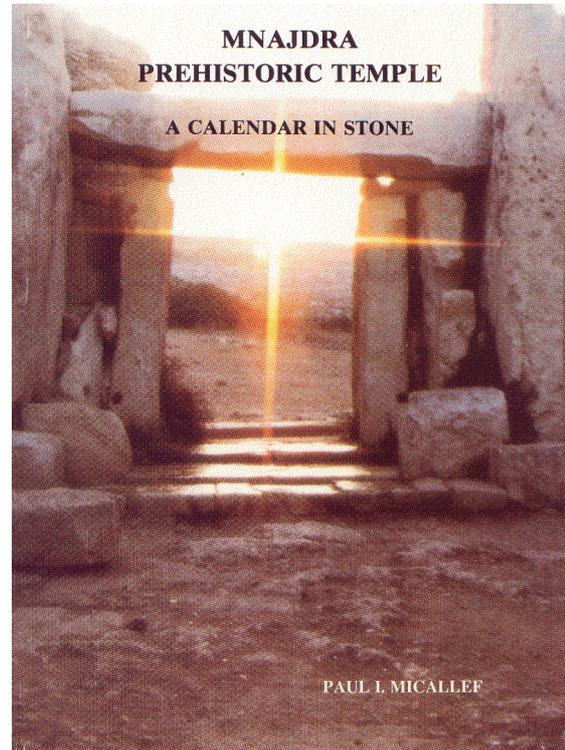


Figure 1: Page de couverture du livre de Paul Micallef, où le rayon du Soleil traverse le temple et illumine la table qui est au fond - photo, Paul I. Micallef.

DES MEGALITHES ASTRONOMIQUES

Le Soleil et la Lune

René Faugère a donné dans Cadran-Info un article intitulé "l'archéo-astronomie néolithique et les peurs ancestrales", dans lequel il explique, de façon claire, comment les Anciens observaient les mouvements apparents du Soleil et de la Pleine Lune. Ils se posaient des questions comme :

"Le Soleil se couche, mais réapparaît-il le lendemain matin ?

A la mauvaise saison, quand les jours raccourcissent et lorsque le Soleil en se levant et se couchant le plus au Sud, passe au plus bas à midi, va-t-il, enfin, remonter ? "

D'où l'intérêt des hommes pour les levers et couchers du Soleil au solstice d'hiver, orientation privilégiée de certains tumulus funéraires et temples.

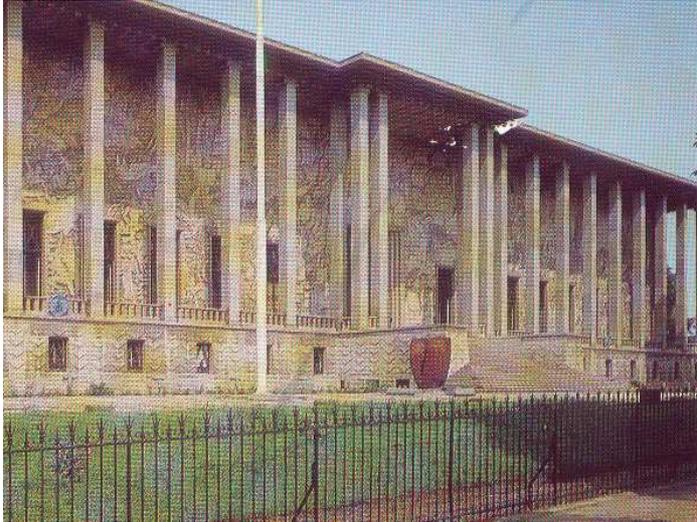
La Pleine Lune a aussi fasciné les hommes du néolithique qui devaient bien connaître ses quatre phases qui se renouvellent, pendant chaque lunaison de 29,53 jours en moyenne - révolution synodique de la Lune autour de la Terre. Mais, c'est la Pleine Lune qui, en culminant au milieu de la nuit et les éclaire le mieux, les a le plus intéressés. Et, particulièrement, la Pleine Lune, la plus proche du solstice d'hiver, qui est la plus spectaculaire et la plus efficace de l'année (3).

Les pays où le Soleil et la Lune ont été observés

Dans plusieurs pays des mégalithes, temples ou tombeaux ont été construits.

Ils permettaient d'observer ces mouvements du Soleil et de la Lune et même des Etoiles. Les plus connus sont, par ordre chronologique :

- Les mégalithes du **Sénégal**, avec la tombelle de Diam-Diam, Niani-Marou, le Cercle du Sine-Saloum, dont la France possède une Lyre exposée sur l'Esplanade du Musée des Arts Africains, à Paris et qui date de 4500 av. J.C. environ (4).



▲ Figures 2 ►

La Lyre du Sénégal sur l'esplanade du Musée des Arts Africains et Océaniens - photos Andrée Gotteland

- Le temple solaire de **Malte** qui fait l'objet de notre étude, entre 3600 et 2500 av. J.C.

- Le mégalithe de **Newgrange** en Irlande, vers 3200 av. J.C. (5).



▲ Figures 3 ►

Le site mégalithe de Newgrange en Irlande et le rayon de Soleil au solstice d'hiver - Cartes postales

- Les mégalithes de **Bretagne** en France vers 3000 av. J.C. (4)



Figure 4 : - Les mégalithes de Bretagne en France

- Le temple astronomique, bien connu, de **Stonehenge**, en Grande-Bretagne, vers 2750 av. J.C.



Figure 5 : Le temple astronomique de Stonehenge, en Grande-Bretagne et la Heel-Stoneï qui indique le solstice d'été

LES TEMPLES DE MALTE

Les archéo-astronomes

Les archéo-astronomes ont étudié la civilisation mégalithique de Malte, mais très peu son rôle astronomique (5).

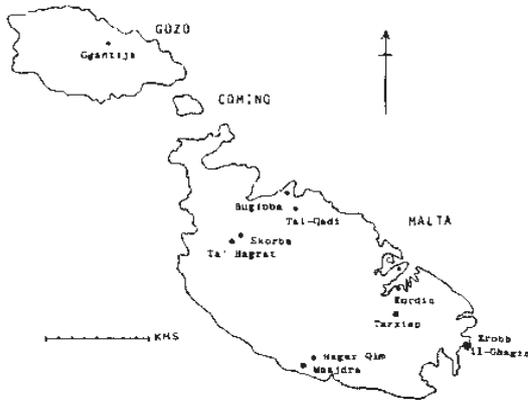
Après des années de travail sur place et de mesures des lignes et des angles, Paul I. Micallef a publié ses observations en 1989 dans le livre "Mnajdra Prehistoric Temple, A Calendar Stone".

Frank Ventura, Giorgia Foderà Serio, Michael Hoskin, Georges Agius, et Tony Tanti, ont publié le résultat de leurs travaux dans trois revues scientifiques et un bulletin.

En 1991, deux scientifiques suisses, le Dr Voiret et le Dr Coray ont confirmé la découverte.

Les sites préhistoriques

Il existait une trentaine de sites préhistoriques dans l'archipel maltais. Quelques-uns d'entr'eux, seulement, sont bien conservés. Les temples de Malte ont, en général, été



construits entre 3600 et 2500 av. J.C. Les archéologues ont calculé cette période de construction grâce à des tests au radiocarbone et en tenant compte de la précession des équinoxes avec une personne qui se tient au milieu du passage principal du temple inférieur, en observant le disque solaire le long de la bissectrice du passage. Les axes de 14 temples de Malte sur 15 auraient fait face au Sud-Est ou Sud-Ouest.

◀ **Figure 6:** La carte des sites mégalithiques de l'île de Malte, George Agius et Frank Ventura, 1981

Les trois temples de Mnajdra

Seul le temple de **Mnajdra I** fait face à l'Est. Il fait partie d'un ensemble de trois temples.

Le temple de **Mnajdra II**, ou "The High Temple" ou "Middle Temple", fait face au Sud-Est. Inséré, plus tard, entre les temples I et III, il ne contient pas de vestiges astronomiques.

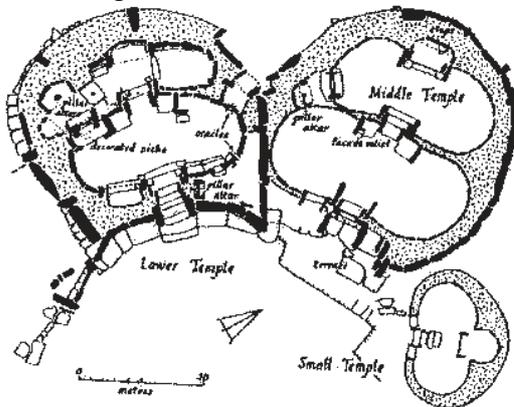


Figure 7 - Plan des temples de Mnajdra I-II-III - dessin, Ventura, Foderà, Seno, Hostin, 1993

Le temple de **Mnajdra III**, ou "The Small Trefoil Temple", le plus au Nord, est le plus petit et le plus ancien. Situé à l'Est de ruines, il semble dater du troisième quart du IV^{ème} millénaire. Ce petit temple, en forme de trèfle, orienté vers le Sud-Ouest, a été étudié en premier par le Dr. Thomas Ashby en 1913, et restauré par le Gouvernement, en 1952. Il conserve des vestiges d'astronomie.

Depuis sa découverte, en 1836, le temple de Mnajdra II avait été étudié par différentes missions, mais seulement d'un point de vue archéologique et historique.

Ce n'est qu'en 1979 qu'il a été observé pour les phénomènes astronomiques particuliers à ce temple (8).

Le temple astronomique de Mnajdra I

La façade concave du temple fait face à l'Est, avec une porte "trilithon". Une petite pierre pointue, qui pourrait avoir été utilisée comme marqueur pour le solstice d'hiver, se trouve à gauche de l'entrée.



Figure 8: La pierre pointue à l'entrée du temple, Paul I. Micallef, 1992

A droite de la première salle, se trouvent deux sortes de hublots, ouvertures laissant passer les rayons du Soleil. Une porte conduit à une petite pièce ou enclos. A l'intérieur de la petite salle, on est attiré par un autel et on découvre qu'un des deux hublots relie la première pièce à la niche de l'autel. L'autre hublot relie la première pièce à l'espace derrière le mur extérieur.

Des dalles se dressent dans la deuxième salle. Plusieurs niches sont intéressantes à remarquer, comme celle dans l'abside de gauche, ainsi que trois autres, diamétralement opposées, chacune ayant supporté des dalles horizontales.

Dans la partie intérieure, il y a une autre niche, avec une dalle horizontale qui peut être vue de la porte principale du temple. A droite de cette niche, il y a un large espace.

L'observatoire astronomique

Ce temple fut construit comme un observatoire astronomique. Il marquait le début de chaque saison par la projection des rayons du Soleil sur un endroit particulier du temple. Il permettait d'observer les équinoxes et les solstices.

Trois points sont importants, en liaison avec l'orientation du temple.

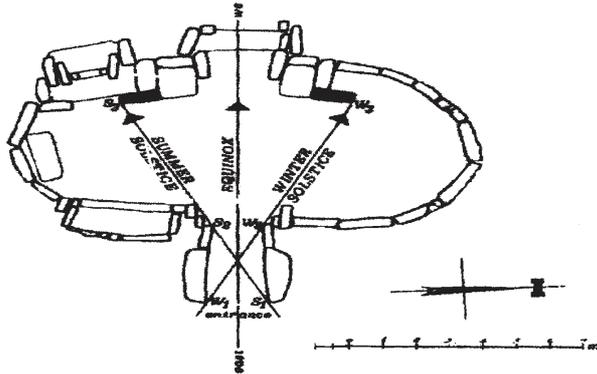
La niche (e) contient la dalle horizontale, de 3 x 1,25 m, qui repose sur deux piliers et couvre toute la surface de l'enclos, à 1,11 m au-dessus du sol. Elle est complètement éclairée

par les rayons du Soleil les **21 mars, équinoxes de printemps** et les **23 septembre, équinoxes d'automne**.

Les deux pierres verticales (S3) et (W3), de l'espace ovale reçoivent les rayons du Soleil indiquant, du côté gauche, la date du **22 décembre, solstice d'hiver** et du côté droit du **21 juin, solstice d'été**.

La pierre du solstice d'été mesure approximativement : 2 m x 1,20 x 0,38 m et pèse : 1610 kg, tandis que celle du solstice d'hiver : 2,02 m x 1,33 m x 0,52 m et pèse 2516 kg.

Les largeurs du disque solaire en été et en hiver sont, respectivement, de 31,6 et 32,6 minutes d'arc.



Le résultat de ces observations était importante pour l'agriculture et la navigation.

La latitude du temple est de $35^{\circ}49'40''$ au Nord de l'équateur. La longitude est de $14^{\circ}26'15''$ à l'Est de Greenwich.

La hauteur du temple au-dessus de niveau de la mer est de 84 m. L'élévation du Soleil à midi au solstice d'été, le 21 juin, est de $77,6^{\circ}$.

▲ **Figures 9** - Plan du Temple de Majdra I - dessin, Paul I. Micallef 1992



Figure 10 - La pierre du solstice d'été dans le temple de Mnajdra I, photo Andrée Gotteland

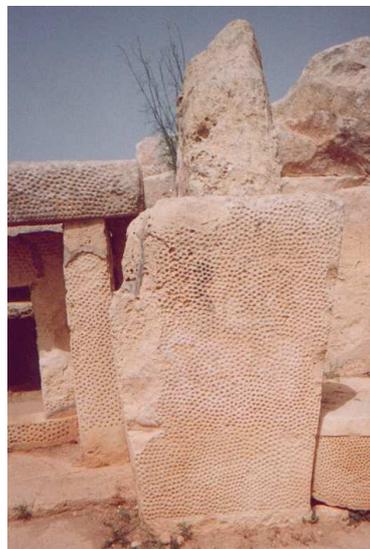


Figure 11 - La table de l'équinoxe dans le temple de Mnajdra I, photo Andrée Gotteland

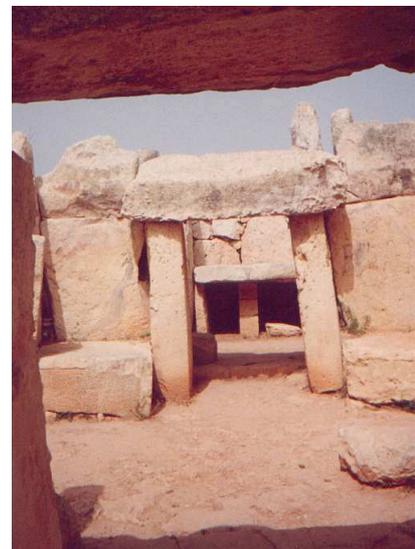


Figure 12 - La pierre du solstice d'hiver dans le temple de Mnajdra I, photo Andrée Gotteland

L'orientation du temple

Le temple de Mnajdra I a été observé et analysé par plusieurs archéologues et excavateurs et des missions techniques. Ils ont écrit sur ces temples d'un point de vue historique et archéologique, mais personne n'avait jamais essayé d'étudier son orientation avant l'année 1979.

La découverte de l'alignement vers l'équinoxe à Mnajdra I eut lieu en novembre-décembre 1979 par deux équipes travaillant indépendamment l'une de l'autre : celle de Paul I. Micallef et Alfred Xuereb et celle de Frank Ventura et George Agius.

LES OBSERVATIONS DES CHERCHEURS

Cette orientation a été soigneusement mesurée, en 1979-1980 par Paul I. Micallef et Alfred Xuereb, par Frank Ventura et George Agius et par Giorgia Foderà et Michael Moskin.

Paul I Micallef et Alfred Xuereb

Paul I Micallef et Alfred Xuereb ont cherché à déterminer l'orientation du temple, unique dans le Bassin Méditerranéen, en calculant son azimut et en utilisant le dessin géométrique des lignes droites qui se forment au bord des deux dalles verticales et la ligne centrale du temple.

Ils établirent le Nord géographique en observant le Soleil. Les angles furent scrupuleusement mesurés. Ils ont pu en déduire que le temple de Mnajdra I fut construit comme un "observatoire" pour marquer le début de chaque saison par la projection des rayons du Soleil sur un endroit particulier du temple.

Frank Ventura et George Agius

Frank Ventura et George Agius, en 1981, pensèrent que la recherche sur l'alignement de Mnajdra n'était pas suffisante, parce que la position du Soleil à l'équinoxe était très difficile à observer, pour les constructeurs du temple. Ils voulaient aussi être sûrs que les alignements étaient intentionnels et non pas une simple coïncidence.

Le premier trou

Dans cette optique, ils ont trouvé un trou qui marquait le solstice d'hiver en 1981.

Ce trou rond, sans doute, mais sans certitude, fait de main d'homme, et, naturellement impossible à dater, d'un diamètre d'environ 35 cm et de même profondeur, était orienté exactement sur l'horizon de Mnajdra I.

Les calculs ont montré que le solstice d'hiver arrivait, au moment de la construction du temple, quand le disque entier du Soleil levant était sur l'horizon. Sa partie Sud aurait semblé toucher un point fixe du trou. Ce point peut marquer la position la plus au Sud, atteinte par le rayon de Soleil au solstice d'hiver, au moment de la construction du temple.

Ils arrivèrent à la conclusion que les constructeurs du temple s'étaient intéressés aux levers du Soleil aux solstices d'été et d'hiver, qui sont plus faciles à observer. A partir du solstice, ces constructeurs pouvaient donc déterminer l'équinoxe.

Le deuxième trou

Plusieurs tentatives ont été faites, en 1981 et plus tard, pour découvrir un autre trou correspondant, marquant la position du solstice d'été. Mais les agriculteurs, qui cultivaient la

terre, chassaient et attrapaient les oiseaux, ne permirent pas d'entrer dans la région où l'on pensait trouver le trou du solstice d'été. Ils ne les ont pas aidé dans ces recherches.

Un trou fut cependant trouvé, un peu plus petit et probablement fait par un homme. Mais, vu de Mnajdra I, il diffère de 3° environ, de l'axe au lever du 'Soleil au solstice d'été.

Giorgia Foderà Serio et Michael Hoskin

Giorgia Foderà Serio et Michael Hoskin ont découvert que le temple de Mnajdra I aurait pu être orienté sur le lever héliaque des Pléiades.

Ils menèrent, en 1991, leur recherche dans deux directions. Tout d'abord, en démontrant que ce temple était orienté, sur le lever des Pléiades. A cette date de la construction du temple, la déclinaison était autour de 0°.

Ensuite, en prenant en considération la preuve supplémentaire apportée par les rangées de trous creusés sur les deux dalles du pilier qui se trouve près de l'entrée de la chambre intérieure de Mnajdra III.

Ces trous sont très différents de la décoration de la pierre. Ils consistent en trous serrés, peu profonds, sur les étroites faces extérieures des deux piliers ou colonnes et sur la partie supérieure du pilier Est.



Figure 13 - Les trous du pilier Est du Temple de Mnajdra III vers les Pléiades, photo Frank Ventura, Giorgia Foderà Serio, Michael Hoskin

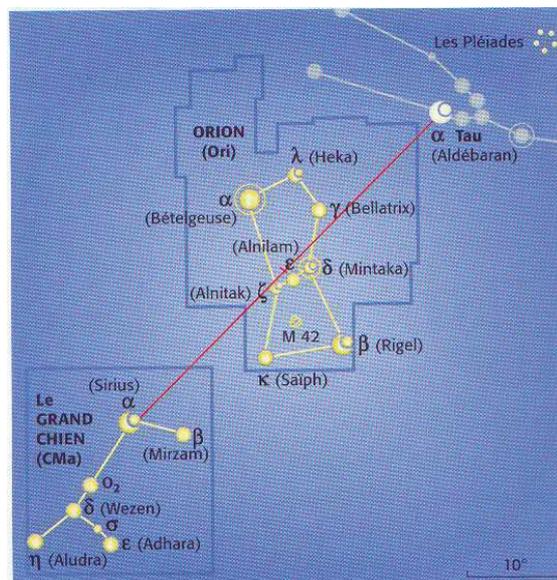


Figure 14 - Sirius et les Pléiades, photo, Hervé Burillier, Découvrir le ciel, p40 Bordas 1986

D'autres signes astronomiques en dehors de Mnajdra

Les observations astronomiques à Malte ont surtout été faites à Mnajdra. Toutefois nous souhaiterions signaler deux autres temples dans lesquels des vestiges astronomiques semblent avoir été trouvés : ceux de Tel Qadi et de Tarxien.

Le temple de Tel Qadi

A notre connaissance, plusieurs auteurs ont parlé des représentations astrales des anciens : Henri Stierlin, en 1991, Frank Ventura, Giorgia Foderà Serio, Georges Agius, Michael Hoskin, en 1993, et Mark Rose, en 1997.

Les peuples maltais de l'âge du cuivre semblent avoir été très intéressés par les étoiles. Un fragment de pierre, sur lequel sont incrustées des lignes uniques, a été trouvé à Tal-Qadi. Ce fragment est maintenant exposé au Musée National d'Archéologie de Malte.

Cette "pierre aux étoiles" laisse supposer l'existence à Malte d'un culte astral - Soleil et constellations - où l'image du ciel devait tenir un rôle important chez un peuple de navigateurs.

Les chercheurs ont étudié de près chaque alignement avec des étoiles brillantes, qui pouvaient être vues au temps de la construction du temple.

Des lignes radiales gravées divisent le fragment en 5 segments, dont 4 sont gravés avec des étoiles et la cinquième avec ce qui peut représenter la Lune croissante.

Ces gravures ont été interprétées comme une carte du ciel montrant plusieurs étoiles de la Lune croissante. (6).

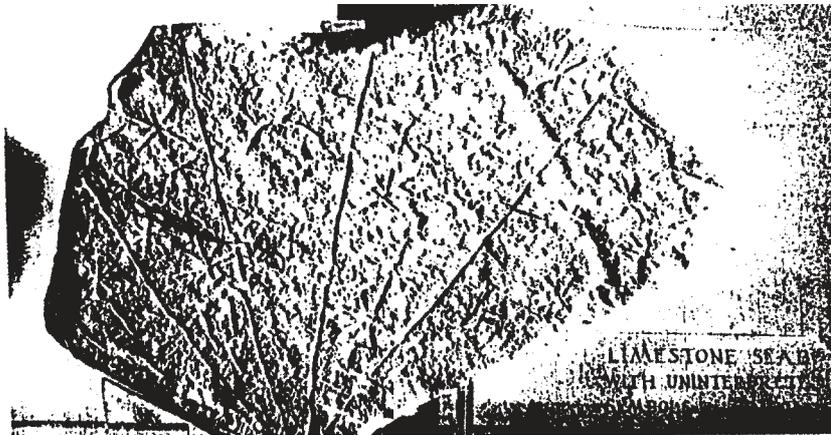


Figure 15 - La pierre de Tal- Qadi - photo, Frank Ventura, avec l'accord du Musée d'Archéologie de Malte

Le temple de Tarxien I

Dans le temple de Tarxien I, on a remarqué 5 trous dans une pierre.

Ce qui a donné l'idée, à certains, de l'image d'une constellation, celle de la Croix du Sud, par exemple, ce qui, au moment où les temples étaient en service, était facilement visible dans notre hémisphère. En réalité, le dessin ressemble à l'image de la constellation (7).



Figure 16 - Les cinq trous dans la pierre à l'extrémité de la première cour de Tarxien I
photo Frank Ventura

Bibliographie

- George Agius et Frank Ventura, Investigations into the Possible Astronomical Alignments of the Copper Age Temples in Malta, Archeoastronomy, Bulletin du Centre, University of Maryland, Vol IV, n_ 1, p. 10-21,1981.
- Jean Guilaine, Les mégalithes de Malte, La Recherche, n_ 125, septembre 1981
- Paul I. Micallef, "Mnajdra Prehistoric Temple, A Calendar Stone", 1989
- Frank Ventura et Tony Tanti, Orientations of Malta's megalithic temples, The Sunday Times Building and Architecture supplement, Malta, août, 1990
- Les Sanctuaires mégalithiques de Malte, Monuments colossaux et mystérieux, Archeologia, n° 270, juillet-août, 1991
- M.A. Hoskin, The orientation of the Temples of Malta, Journal for the History of Astronomy, Science History Publications Ltd, 1992
- Frank Ventura, Georgia Foderà Serio, Michael Hoskin, Possible Tallt Stones at Mnajdra, Malta, Journal for the History of Astronomy, XXIV, 1993
- Mark Rose, Celebrating an Island Heritage, Archeology Magazine, juillet-août 1997

Site Internet

Frank Ventura nous invite à visiter le site Web sur les temples de Malte :
http://www.infinito.it/utenti/malta_mega_temples

CADRAN CANON DE CHINON (F. PINEAU)

Au musée des amis du vieux Chinon, dans une vitrine au troisième étage, est exposé un petit canon fixé sur un socle circulaire en marbre. Une loupe est positionnée au-dessus grâce à deux bras articulés sur des quarts de cercles gradués. Quelle était donc l'utilité d'un tel instrument ? Le canon est bien trop petit pour être une arme efficace, et la loupe ne semble pas prévue pour servir de visée. Il s'agit en fait d'un canon méridien ou méridienne à canon qui servait à indiquer midi précise.



La mesure du temps.

Pendant très longtemps il n'y eut pas de moyen simple et précis de déterminer l'heure, seuls les scientifiques utilisaient des clepsydres ou des chandelles étalonnées pour leurs travaux, mais dans la vie de tous les jours c'était la course du soleil dans le ciel qui servait de repère. Grecques et Egyptiens avaient déjà inventé divers types de cadrans solaires, mais la période moyenâgeuse vit un net déclin de cette science en Europe. Datant de cette époque, les cadrans canoniaux gravés sur nos églises, d'une précision très

sommaire, en témoignent. Ils ne pouvaient indiquer qu'approximativement l'heure des différentes messes (ou canons) de la journée. Mais lorsque les moyens de déplacement et le commerce se développèrent, il fallut bien augmenter la précision. On construisit donc des cadrans solaires de plus en plus grands et de plus en plus précis. Puis vint l'horlogerie qui doit son développement aux grands voyages maritimes. En effet, avoir l'heure exacte permet non seulement de se situer dans le temps mais aussi dans l'espace. Depuis longtemps les astronomes et les marins savaient déterminer leur position en latitude grâce à la hauteur des astres au dessus de l'horizon, mais pour la longitude c'était l'inconnu ! Ils purent résoudre ce problème grâce aux premières horloges embarquées sur les bateaux qui, en conservant l'heure exacte du port de départ, permettaient de savoir quelle distance on avait parcourue vers l'est ou vers l'ouest en faisant tout simplement la différence entre l'heure de l'horloge et l'heure du soleil.

Les méridiennes.

Les montres et horloges se multiplièrent, mais la précision n'était pas celle d'aujourd'hui. De plus, c'était encore le Soleil qui régnait indirectement sur le temps, et ceci depuis l'époque de Louis XIV, le roi Soleil. Il avait spécifié le 8 avril 1641 qu'il fallait « régler les horloges publiques suivant le cours du Soleil ». Les montres donnent une heure moyenne toujours identiques (autant que possible) alors que le Soleil indique « le temps solaire vrai » et les mouvements des astres ne sont pas aussi réguliers qu'il n'y paraît. La différence entre les deux, « l'équation du temps » peut être de plus 16 minutes à moins 14

minutes selon l'époque de l'année. Tout cela obligeait chacun à remettre régulièrement sa pendule à l'heure d'après le cadran solaire le plus proche. On en fit d'un nouveau type, les méridiennes, qui n'indiquaient l'heure qu'à midi. Pour améliorer encore la précision on augmenta la taille des tracés, c'est pourquoi on ne conserva que la ligne de 12H avec éventuellement celles de 11H et 13H et parfois les lignes des demies, des quarts et même des 5 minutes pour les plus précises.

Les méridiennes à canon.

Il était nécessaire de se déplacer pour aller consulter la méridienne. Si on voulait mettre à l'heure sa montre de poche, pas de problème on pouvait l'emporter avec soi, mais pour les horloges fixes, durant le retour il s'était écoulé un certain temps que l'on ne pouvait qu'estimer approximativement. A quoi bon alors, avoir une méridienne au tracé très précis !. On eut donc l'idée d'utiliser l'énergie solaire pour allumer la mèche d'un canon à midi juste.

Le bruit du canon s'entendait dans toute la ville et chacun pouvait mettre son horloge à l'heure sans bouger de chez soi.

Fonctionnement.

Pour mettre au point cet appareil, on associa différentes techniques de pointe de l'époque. Au XVIII siècle des savants comme Lavoisier ou Buffon se passionnaient pour les lentilles et verres ardents. Des expériences furent tentées en public avec des loupes de grand diamètre et on réussit même à faire fondre de l'or. C'est tout simplement ce système qui fut utilisé pour allumer la mèche des canons méridiens. Il fallait qu'il soit orienté et réglé convenablement. Tout d'abord il devait être parfaitement aligné avec l'axe nord sud du lieu, « le méridien ». Le soleil culmine à midi, à des hauteurs différentes selon la saison. Il fallait donc régler la hauteur de la lentille grâce aux quarts de cercles sur lesquels était gravées les dates. Il ne restait plus qu'à mettre la mèche, charger le canon de poudre et attendre l'instant fatidique. A midi pile (on pourrait dire pétante !), les rayons du Soleil, concentrés par la loupe, enflammaient la mèche et déclenchaient le tir. S'il n'y avait pas de nuage !

L'exemplaire du musée des amis du vieux Chinon.

La platine circulaire en marbre a un diamètre de 28 cm et une épaisseur de 3 cm. Il y est gravé un cadran solaire horizontal qui indique les heures de 6H du matin à 6H du soir.



Canon dans la vitrine



Canon ayant retrouvé le soleil

Les lignes des heures pleines sont tracées entières et numérotées en chiffres romains, celles des demies et quarts d'heure ne sont tracées que partiellement. Le style, dont l'ombre

indique l'heure, est un triangle plein en bronze ou laiton avec un côté découpé pour une simple raison d'esthétique.

L'angle entre l'horizontale et le côté incliné doit être égal à la latitude du lieu. Celle-ci est gravée juste devant le style : $47^{\circ} 41' 8''$. Il est intéressant de noter que la latitude de Chinon est de $47^{\circ} 10'$, ce cadran n'a donc pas été prévu pour cette ville mais un peu plus au nord, le cercle de longitude de $47^{\circ} 41'$ passe par exemple aux environs de Château du Loir. Une autre inscription est gravée : « Huette opticien quai de l'horloge N°75 à Paris », il s'agit probablement du fabricant. Sur la tranche, le N° 3014 est peut-être un numéro de série. Le mécanisme de réglage de la lentille est constitué de deux bras articulés autour de deux quarts de cercles où sont gravées des graduations correspondant aux dates, des vis permettent le serrage dans la bonne position. A l'extrémité des bras, deux autres vis permettent de régler le parallélisme de la loupe. Le canon, très simple, est fixé par deux supports latéraux, une fente allongée permet d'introduire la mèche. Il s'agit d'un modèle qui semble assez répandu, j'en ai retrouvé plusieurs semblables dans le département d'Indre et Loire. L'un est exposé dans une vitrine du château de Bridoré, presque en tous points identique sauf les inscriptions gravées.

Dans un château privé de la région de Tours, j'ai pu en voir un autre qui diffère très légèrement en ce qui concerne le système de réglage de la lentille et le style du cadran solaire a disparu. Il m'en a été indiqué d'autres que je n'ai pas encore eu l'occasion d'aller visiter.

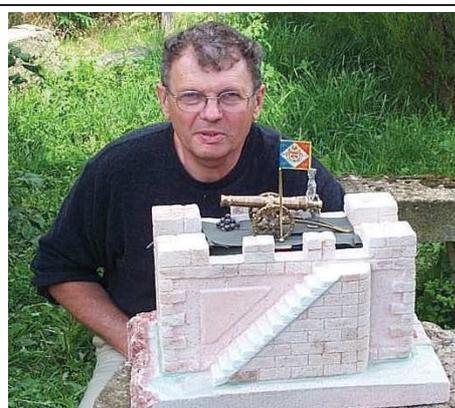
Ces objets ne comportent pas de dates, mais il dateraient du début du XIX siècle.

Encore des recherches.

Comme vous avez pu le constater, l'une de mes passions est l'étude des cadrans solaires. Je sillonne les routes de Touraine à la recherche de tous ces cadrans dont le type, la forme et les couleurs peuvent être très différentes. Mon but est de répertorier tout ce qui existe dans ce domaine en Indre et Loire. Je m'intéresse à l'histoire de ces cadrans, comment ils ont été tracés, par qui, pourquoi et toutes les histoires, grandes ou petites, qui tournent autour d'eux. Ma récolte est déjà bonne, mais je suis encore loin du but.

N'hésitez donc pas à me contacter si vous avez connaissance de quelconques informations sur le sujet, par avance je vous en remercie.

Pour compléter cet article, quelques photos de M. G.Labrosse présentant un "canon méridien" de sa fabrication.



M. Labrosse et le canon

Il est "midi", le canon gronde ►



Ensemble optique et canon séparé

BASE DE DONNEES INFORMATIQUE DE LA CCS (PH. SAUVGEOT)

La Commission des CS se dote d'une **base de données informatique** dont l'objet est d'optimiser la **gestion de nos inventaires et de sauvegarder les milliers de photos et de fiches d'analyse**.

C'est le logiciel ACCESS (pour PC) qui a été retenu. Il permet d'assurer la cohérence avec le logiciel Word utilisé par tous, d'être largement diffusé dans le commerce et de permettre une maintenance simple.

CONFIGURATION DE LA BASE DE DONNEES

Elle est composée :

① **De l'ensemble des cadrans** (CSFC, CS de série, BdD, cadrans supprimés, collections privées), reprenant la description des inventaires, associée à une photo et à la « fiche d'analyse Sagot/Grégori ».

Ainsi ce sont près de 20000 spécimens qui peuvent être classés, triés suivant des critères près établis (catégorie, type, lieu, tracé, devise/inscription, date...) ou bien personnels (dans la limite des informations du descriptif)

② **De l'archivage numérique de l'ensemble des photos** (à venir)

CE QUI SERA PROPOSE AUX MEMBRES

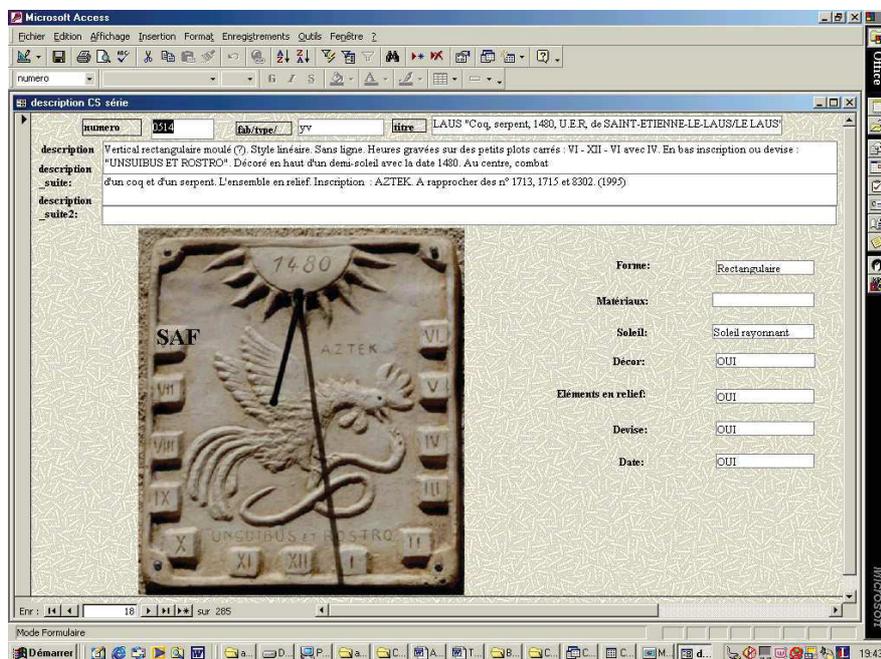
° Possédant le logiciel Access

Ensemble des cadrans ① **avec une photo et un accès direct à la fiche d'analyse**. Toutes les possibilités de tris et de classement ainsi que la présentation sous forme de liste ou de formulaire propre à access. L'archivage numérique des photos ② ne sera pas mis à disposition.

Exemple de présentation type "table", (c'est à dire sous forme de liste) :

Classe	N°	Lieu	Commentaire
CSFC	0100701-1	Ambronay	Derrière l'ancienne abbaye, maison, sous le toit : cadran décoratif. [1962]
CSFC	0100702-1	Ambronay	Bas du village, maison de l'électricien : cadran à tracé symétrique, sans lignes. [1962]
CSFC	0100703-1	Ambronay	Cloître de l'ancienne abbaye : cadran peint, restauré en 1983. [1984]
CSFC	0101201-1	Aranc	Village, chez la fruitière : cadran très légèrement déclinant du matin, gravé et peint sur enduit, lignes chiffrées en bout, devise
CSFC	0101202-1	Aranc	Place de la Mairie, façade d'une maison, au-dessus du balcon : cadran très légèrement déclinant du matin, gravé et peint sur
CSFC	0101203-1	Aranc	Village, maison de Mme Hélène Lagnieu : cadran déclinant de l'après-midi, gravé et peint sur le mur, lignes chiffrées en bout,
CSFC	0101204-1	Aranc	A ROUEMONT, maison Germain Tenant : cadran déclinant du matin, peint, tracé dans un demi-cercle, lignes chiffrées en b
CSFC	0102101-1	Ars-Sur-Forn	Presbytère du Saint-Curé-d'Ars : cadran à équation de l'abbé Guyoux, restauré, daté 1860. [1999]
CSFC	0103401-1	Belley	Cathédrale Saint-Jean : cadran. Description et diapo souhaitées. [1998]
CSFC	0105201-1	Boulogneux	Château, propriété privée, façade : pseudo-cadran, gravé sur pierre, 24 secteurs, style droit. [1986]
CSFC	0105301-1	Bourg-En-Bn	A Brou, basilique : 1° - devant la basilique : cadran analemattique de 11m de diamètre, courbe en B. [2000]
CSFC	0105301-2	Bourg-En-Bn	A Brou, basilique, musée régional, cour du 3ème cloître : 2° cadran polyédrique, face Nord, partie supérieur, cadran équatoria
CSFC	0106302-1	Bourg-En-Bn	Hôtel de ville, à l'étage, extrémité droite de la façade : cadran déclinant du matin, gravé et peint sur pierres, lignes chiffrées, é
CSFC	0106001-1	Brenod	Dans village, maison Morelle : cadran déclinant de l'après-midi, gravé et peint sur mur, très courtes lignes, chiffres dans large
CSFC	0106002-1	Brenod	Centre accueil "LA SVOILLIERE" : cadran déclinant de l'après-midi, gravé et peint sur panneau de bois, circulaire, lignes chiffr
CSFC	0106003-1	Brenod	Maison Barbier, sous le rocher : cadran méridional, gravé et peint sur mur, lignes chiffrées en bout dans des enveloppes, devi
CSFC	0106004-1	Brenod	A MACONNOD, maison de La Bastie : cadran, devise. Diapo souhaitée. [2000]
CSFC	0106005-1	Brenod	Maison Gilles Carrier : cadran peu déclinant de l'après-midi, gravé et peint, lignes inscrites entre les bandeaux d'un écusson,
CSFC	0106006-1	Brenod	Gendamerie : cadran peu déclinant du matin, gravé et peint sur crépi, forme écusson, courtes lignes dans bordure, chiffres, é
CSFC	0106007-1	Brenod	Maison du boulanger : cadran déclinant de l'après-midi, gravé et peint, lignes chiffrées, décoration, devise, style polaire termin
CSFC	0106101-1	Brens	A Champlet, M. Fond : cadran moderne, devise, graphique de l'équation du temps. [1978]
CSFC	0106501-1	Buellas	Eglise : ébauche de cadran, gravé sur pierre, style absent, pas de chiffres. [1989]
CSFC	0106001-1	Champdor	Village, café "Guy" : cadran déclinant de l'après-midi, gravé et peint sur le mur, semi-circulaire, lignes limitées à un bandeau
CSFC	0106002-1	Champdor	Village, maison Vescovini : cadran méridional, gravé et peint sur le mur, rectangulaire, lignes limitées avant les bandeaux, heu
CSFC	0106003-1	Champdor	Maison Michel Ravot : cadran. Description et diapo souhaitées. [2000]
CSFC	0106004-1	Champdor	Ancienne gare : cadran déclinant de l'après-midi, lignes chiffrées en bout, devise, style polaire terminé par rondelle. [2001]
CSFC	0106005-1	Champdor	Maison Michaud, coin de la place : cadran, gravé et peint sur enduit. Description et diapo souhaitées. [2001]
CSFC	0106301-1	Chaneins	Ancien pieuré, M. Charveriat : cadran légèrement déclinant de l'après-midi, gravé et peint, arcs diurnes, lignes chiffrées dans
CSFC	0109301-1	Chatillon-Sur	Hôtel de ville, jardins devant le bâtiment : cadran équatorial métallique, styles profilés interchangeables, don de la Ville de Wè
CSFC	0109302-1	Chatillon-Sur	Rue du 4 Septembre, maison : cadran déclinant de l'après-midi, gravé et peint sur mur, lignes chiffrées dans bandeau, décora
CSFC	0110901-1	Collonges	Ecole, façade : cadran très déclinant du matin, peint sur mur, lignes chiffrées en bout, décoration, devise, style en portique, i
CSFC	0111901-1	Corcelles	A FERRIERE, S. Brunet, pignon maison : cadran déclinant de l'après-midi, gravé et peint sur mur, lignes chiffrées dans band
CSFC	0111902-1	Corcelles	A FERRIERE, F. Brunet, pignon : cadran déclinant de l'après-midi, gravé et peint sur enduit, lignes chiffrées dans bandeau

Exemple de présentation « formulaire » (c'est à dire sous forme de fiche) d'un cadran de série :



° Ne possédant pas Access

Il leur sera proposé les **inventaires sous Word**, comme les années passées.

Un plus cependant, puisque l'ensemble des cadrans seront sur un même fichier (plus d'ouverture département par département ; possibilité d'exploiter les fonctions « tri de word » sur l'ensemble des 20000 cadrans)

° Non équipés en moyens informatiques

Comme il a été dit lors de notre commission d'octobre dernier, la SAF n'est plus en mesure de photocopier les centaines de pages que représentent nos inventaires. La venue de la nouvelle base ne change rien.

Un petit plus : les demandes exceptionnelles de tirages pourront ne plus se limiter à un département mais concerner des "thèmes" par exemple la liste des cadrans canoniaux en France ou bien les cadrans bifilaires....

CE QUI SERA PROPOSE A L'EXTERIEUR DE LA SAF

Le création de cette base de données informatique, doit être l'occasion pour notre commission de valoriser principalement vers les autres associations, nos réalisations et travaux, qui pour certains sont uniques, tel notre inventaire.

Une réflexion sera proposée en temps voulu, pour définir le contenu et les modalités de communication.

MISE A DISPOSITION

- Pour **octobre 2003** :

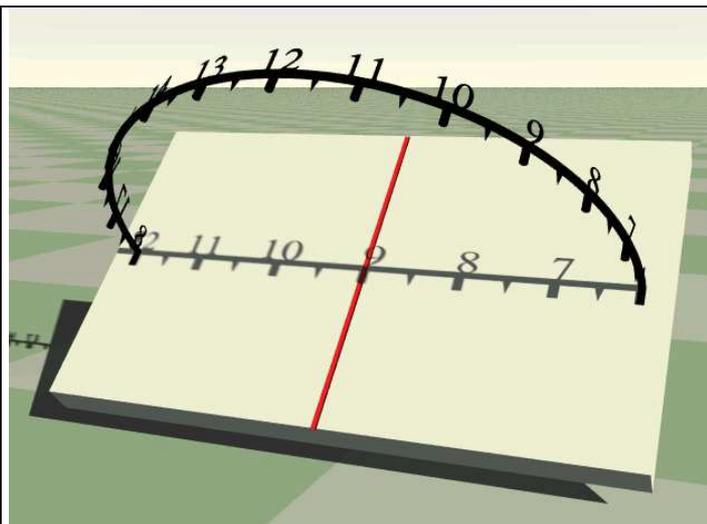
- ° L'ensemble des inventaires y compris les nouveaux cadrans 2002, sera disponible sous forme Access ou Word.
- ° Les fiches d'analyse (c'est sûr) et les photos (j'espère) des cadrans 2002 seront en place. Ceux des années précédentes amorcés.
- ° La description des cadrans de série avec photos sera disponible.

- Afin de **guider** au mieux les **nouveaux utilisateurs d'Access** :

- ° Un « mode d'emploi » de la base de données sera joint au logiciel.
- ° Une démonstration sera faite lors de la réunion de printemps.
- ° Une formation rapide sera proposée l'après midi de notre commission d'octobre 2003.

Enfin, je tiens à remercier Nicolas Swyngedauw (extérieur à la SAF) qui a pris en charge, bénévolement, la partie technique du projet en y consacrant de nombreuses journées, ainsi que tout ceux qui ont permis que ce projet devienne réalité.

Ne nous cachons pas que la mise en place de l'ensemble des fiches et photos prendra encore de nombreux mois, mais la base de données est déjà mature.



Question posée par M. G. Baillet:

Avez-vous déjà rencontré un cadran de ce type?

CULMINATION et MERIDIEN (D. SAVOIE)

Dans un article paru en 1988 dans la revue *Observations & Travaux*, intitulé "Passage au méridien et culmination", je montrais, sans application à la gnomonique, que la culmination du Soleil ne coïncidait pas toujours avec le passage au méridien. En d'autres termes, ce n'est pas parce que le Soleil est situé au Sud (dans le plan méridien) qu'il est au plus haut de sa course, la culmination pouvant se faire avant ou après le passage au méridien.

Certains auteurs ont pris au pied de la lettre cette particularité du mouvement des astres à déclinaison variable – encore plus vraie pour la Lune – sans en mesurer la signification d'un point de vue pratique en gnomonique. Il convient donc d'y revenir.

Rappelons que la culmination ou hauteur maximale d'un astre ne coïncide avec son passage au méridien que si sa déclinaison reste invariable. Pour le Soleil, c'est le cas aux solstices, mais pas aux autres dates, et notamment aux alentours des équinoxes puisque la déclinaison varie d'environ 1' par heure.

En gnomonique, on considère la déclinaison du Soleil constante au cours de la journée, de sorte qu'au méridien, on a :

$$H = 0^\circ \quad A = 0^\circ \quad h = 90^\circ - \phi + \delta$$

H étant l'angle horaire du Soleil, A son azimut et h sa hauteur.

Aux voisinage des équinoxes, ceci n'est plus vrai en toute rigueur; on montre que la culmination a lieu avant ou après le passage au méridien. L'angle horaire du Soleil à cet instant vaut alors :

$$\tan H = (\sin z / \cos \phi \cos \delta) \Delta \delta \quad (1)$$

z étant la distance zénithale du Soleil (complément de la hauteur) au méridien ($z = \phi - \delta$), et $\Delta \delta$ la variation horaire de la déclinaison.

La différence de distance zénithale dz entre le méridien et la culmination maximale se calcule par :

$$\tan dz = (\sin z / 2 \cos \phi \cos \delta) \Delta \delta^2 \quad (2)$$

Quant à l'azimut du Soleil à l'instant de la culmination, il se calcule par la formule classique:

$$\tan A = \sin H / (\sin \phi \cos H - \cos \phi \tan \delta) \quad (3)$$

Prenons un exemple : en 2003, l'équinoxe de printemps tombe le 21 mars à 1 h 00 m UT. Ce jour-là, le Soleil passe au méridien à Paris à 11 h 57 m 57 s UT. A l'aide des éphémérides, on constate que la déclinaison du Soleil varie en 24 h de $0^{\circ} 23' 42''$, soit sensiblement 1' par heure. Si l'on adopte comme latitude $48^{\circ} 50' 11''$ pour Paris, la hauteur méridienne du Soleil le 21 mars est de $90^{\circ} - 48^{\circ} 50' 11'' + 0^{\circ} 10' 50'' = 41^{\circ} 20' 39''$ ($z = 48^{\circ} 39' 21''$).

A l'aide de la formule (1), on constate que la culmination a lieu 17 secondes après le passage au méridien ($\Delta\delta = 1'/15^{\circ}$), soit à 11 h 58 m 14 s UT; avec la formule (2), on constate que la différence de hauteur est extrêmement faible : $dz = 0'',15$. L'azimut du Soleil (formule 3) par contre vaut alors : $A = 0^{\circ} 5' 40''$. Ceci est tout-à-fait logique si l'on veut bien se rappeler (voir CadranInfo n° 6) que l'azimut du Soleil varie le plus rapidement au méridien, contrairement à sa hauteur.

Pour une latitude importante, par exemple 60° , les valeurs s'amplifient : le passage à la culmination a lieu 26 secondes après le passage au méridien, et l'azimut du Soleil vaut alors $0^{\circ} 7' 31''$. A la latitude du Caire ($\phi = 30^{\circ}$), on trouve que la culmination a lieu 9 secondes après le passage au méridien et que l'azimut du Soleil vaut $0^{\circ} 4' 25''$. Mais dans les deux cas, la variation de hauteur reste extrêmement faible.

On comprend bien, à travers ces quelques exemples, que la culmination en dehors du méridien est indétectable sur un cadran solaire, même si on utilise un gnomon de grande taille !

DETERMINATION SIMULTANEE DE L'ORIENTATION ET DE L'INCLINAISON D'UN PLAN (D. SAVOIE)

Au mois de novembre 2002, Monsieur G. Labrosse m'a soumis un intéressant problème de gnomonique : on dispose d'un plan sur lequel on souhaite construire un cadran solaire. On le muni d'un style droit perpendiculaire et à deux instants de la journée on mesure la longueur de l'ombre du style droit. A partir de ces deux longueurs, comment déterminer simultanément la déclinaison gnomonique et l'inclinaison du plan (autrement dit la distance zénithale du style droit) connaissant la latitude du lieu (en plus du jour et de l'heure) ?

Ce problème n'est pas sans rappeler celui des "Naufragés gnomonistes" et du "Mur mystérieux"¹, à la différence près qu'on a affaire à un plan d'orientation et d'inclinaison quelconques, ce qui complique singulièrement le problème !

Appelons a la hauteur du style droit et r la longueur de l'ombre du style sur le plan. On a $r/a = \tan \zeta$, ζ étant l'angle entre la direction du Soleil et le style droit (fig. 1). Dans le cas d'un cadran incliné-déclinant, l'angle ζ se calcule par :

$$\cos \zeta = \cos z \sin h + \sin z \cos h \cos (A - D)$$

où z est la distance zénithale du style droit, h la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, A son azimut et D la déclinaison gnomonique du plan. Dans cette équation figurent deux inconnues : D et z . En faisant deux mesures de longueur d'ombre au cours de la journée, on obtient donc un système de deux équations à deux inconnues :

$$\cos \zeta = \cos z \sin h + \sin z \cos h \cos (A - D) \quad (1)$$

$$\cos \zeta' = \cos z \sin h' + \sin z \cos h' \cos (A' - D) \quad (2)$$

h et A étant la hauteur et l'azimut du Soleil lors de la première mesure, h' et A' les mêmes quantités lors de la seconde mesure. ζ et ζ' sont connus par la mesure de la longueur des ombres.

Il n'existe pas de solution analytique à ce système d'équations trigonométriques. En d'autres termes, il n'existe pas de solution "toute faite" pour des équations transcendantes comme celles-ci. Le système ne peut être résolu que numériquement, par exemple soit par la méthode itérative des approximations successives, soit par la méthode de Newton. L'usage d'un manipulateur algébrique² se révèle d'une grande utilité dans ce cas. Cependant, comme le résultat dépend souvent des valeurs de départ indiquées au manipulateur, on peut se trouver en présence de plusieurs réponses et il n'est pas toujours évident de retenir la

¹Voir D. SAVOIE, *La Gnomonique*, Les Belles Lettres, Paris, 2001, p. 411-421.

²Par exemple *Mathematica*.

bonne ! Il faut alors se livrer à des tests à partir des formules générales des inclinés-déclinants.

Prenons un exemple théorique³ avant de discuter de la précision et des problèmes qu'on peut attendre d'une telle méthode.

Soit un plan incliné situé à 49° de latitude, muni d'un style droit de 10 cm. Lors de la première mesure, on a : $\delta = + 20^\circ$, $H = + 30^\circ$, $r = 6,34$ cm d'où $\zeta = 32^\circ,375$, $A = 50^\circ,32010$, $h = 52^\circ,37517$; et lors de la deuxième mesure on a : $\delta = + 20^\circ$, $H = + 60^\circ$, $r = 5,98$ cm, d'où $\zeta' = 30^\circ,88$, $A' = 80^\circ,90942$ et $h' = 34^\circ,49767$.

En utilisant la méthode de Newton, on obtient par exemple comme solutions :

$$D = 50^\circ \text{ et } z = 70^\circ$$

$$D = 108^\circ,74 \text{ et } z = 30^\circ,56$$

$$D = -130^\circ \text{ et } z = 110^\circ$$

En recalculant r avec les paramètres $D = 50^\circ$ et $z = 70^\circ$, on retrouve bien $r = 6,34$ cm et $r = 5,98$ cm.

Mais en recalculant r avec les paramètres $D = 108^\circ,74$ et $z = 30^\circ,56$, on retrouve aussi $r = 6,34$ cm et $r = 5,98$ cm !

En recalculant r avec les paramètres $D = -130^\circ$ et $z = 110^\circ$, on trouve bien $r = 6,34$ cm et $r = 5,98$ cm, mais le facteur Q indique que le plan du cadran ne peut être éclairé à cet instant : cette solution est à rejeter.

Il reste à départager les deux premières solutions; sans autre indication sur les mesures, on ne peut rien faire. Par contre si l'opérateur a précisé que lors des mesures, l'ombre a tourné dans le sens inverse des aiguilles d'une montre – le deuxième pointé se trouvait à droite du premier –, on peut dans ce cas précis départager les propositions : en recalculant les coordonnées de l'extrémité du style avec les formules générales de l'incliné-déclinant, on constate seule la solution $D = 50^\circ$ et $z = 70^\circ$ est la bonne.

La meilleure solution est évidemment de faire plusieurs relevés au cours de la journée, assez espacés si possible. Dans ce cas, on a plusieurs équations à deux inconnues et il devient facile d'isoler le couple unique (D, z) qui satisfait à tous les relevés.

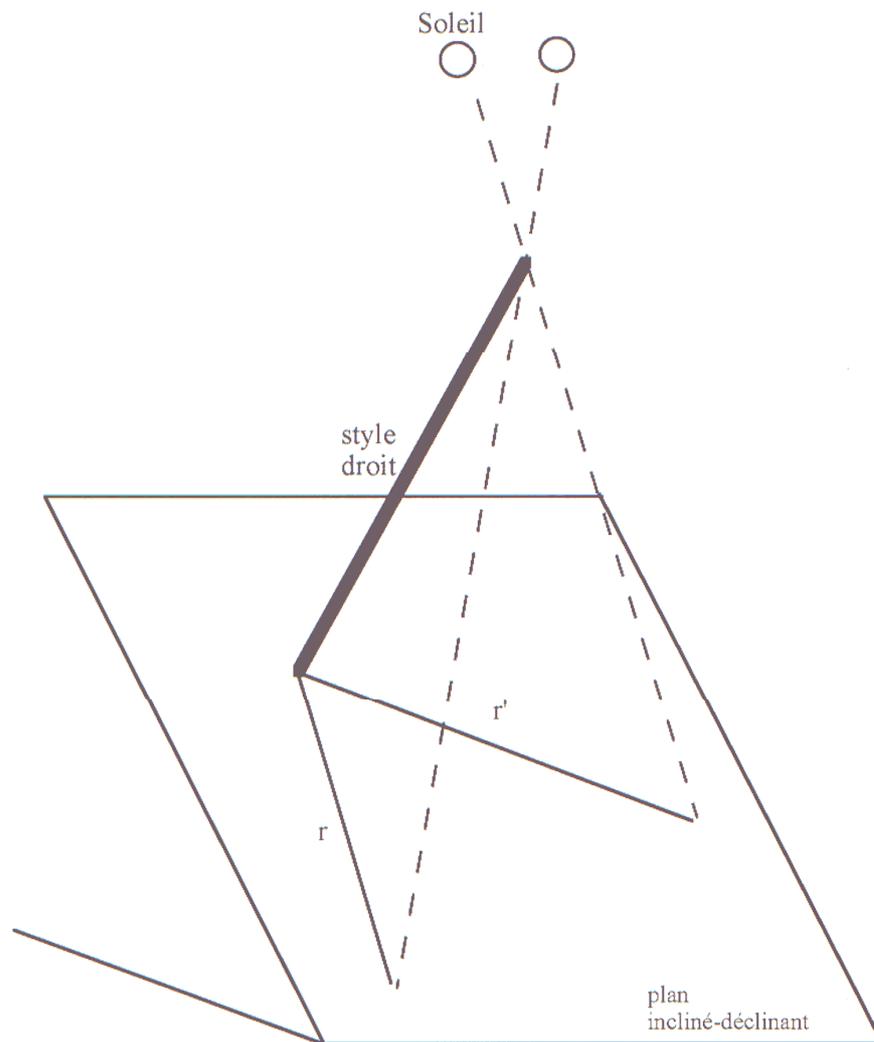
Néanmoins cet exemple montre bien les difficultés calculatoires qu'il y a à appliquer cette méthode pour la détermination simultanée de l'orientation et de l'inclinaison sans l'aide d'un manipulateur algébrique. On a supposé en plus que les longueurs d'ombre étaient mesurées avec une précision qu'il est impossible d'obtenir dans la réalité (erreur de mesure, pénombre, etc). Bien entendu, si le plan du cadran est vertical ($z = 90^\circ$), le problème se simplifie considérablement et en théorie, une seule mesure de la longueur de l'ombre du style droit permet de déterminer directement l'orientation du cadran. Mais dans la pratique, il est préférable de faire au moins deux mesures. On a en effet :

$$\cos \zeta = \cos h \cos (A - D)$$

³C'est volontairement que le nombre de décimales est donné ici de façon superflue !

d'où il est facile d'extraire D par l'intermédiaire d'un angle auxiliaire.

Exemple : sur un mur situé à 48° de la latitude et muni d'un style droit de 10 cm de long, on mesure une première longueur d'ombre $r = 44,1$ cm avec $H = -20^\circ$ et $\delta = 10^\circ$, d'où $\zeta = 77^\circ,22$. On en déduit que $D = 40^\circ$.



CADRANS CANONIAUX ET INSTITUTIONS ECLESIASTIQUES (D.SCHNEIDER)

Présentation faite lors de la commission des cadrans solaires d'octobre 2002-11-24



Photo de G. Baillet

Dans l'article "Cadrans canoniaux et office divin" publié dans Cadran Info n° 6, je concluais en posant la question, tronquée par ignorance, de savoir si les cadrans canoniaux que nous voyons principalement sur les petites église rurales antérieures au XVI^{ème} siècle, avaient servie aux moines desservant ces paroisses, dans le cadre de prieurès-cures, ou à des clercs séculiers, dont je n'étais par sûr qu'ils aient tenues à cette célébration.

Tout d'abord, les moines n'ayant pas charge d'âmes, les abbayes possédant des paroisses devaient, en principe, payer un deservant séculier, un vicaire perpétuel.

Ensuite, aucun texte de loi ne s'applique aux séculiers à propos de l'obligation de la célébration solonnelle et quotidienne de l'office divin, qui reposait, néanmoins sur une coutume universelle; ce qui, dans la coutume, était contraire à la tradition, ce n'était pas l'obligation de l'office, c'était sa cléricisation par une empreinte monastique trop profonde.

La solution eût été de restituer, à la célébration paroissiale des heures, ses dimensions originelles réduites à Laudes et aux Vêpres quotidiennes. Compte tenu de la création de paroisses de "2^{ème} fondation" au XII^{ème} siècle, avec un seul prêtre, il y avait quasi impossibilité de célébrer en public le cursus entier de l'office divin.

Par ailleurs, cette opposition régulier-séculier s'avère insuffisante, car, entre le monde des cloîtres et celui des diocèses, un espace intermédiaire est rempli par les chamoines qui peuvent être, eux, réguliers ou séculiers. On a trop oublié l'existence et l'importance de ces chamoines. Ils ne sont pas moines, car ils n'ont pas prêté le vœu de pauvreté et sont voués au sacerdoce, vivant en commun selon la règles de Saint Augustin, moins stricte que celle de Saint Benoît, dont dépendent les moines; Ils chantent l'office divin, et sont attachés, soit à la cathédrale du diocèse, soit à une collégiale, mais ils peuvent aussi louer Dieu dans es prieurès-cures ou des paroisses. La présence d'un cadran canonial sur une cathédrale paraît donc normale; son absence, lorsque le cloître a été démoli, peut encore s'expliquer. Que dire d'une collégiale sans cadran canonial et elles sont très nombreuses sûrement? ainsi que les abbayes. Il devrait y avoir d'autres systèmes de comptage (cierges gradués, clepsydes, autres prières comme unités de temps...)

Une église paroissiale rurale d'avant le XV^{ème} siècle, avec cadran canonial, peut signifier qu'un clergé séculier particulièrement respectueux de la coutume, y a célébré l'office divin ou qu'une abbaye la possédait, et que des moines, à l'encontre des conciles, des statuts synodaux, l'ont desservie, ou encore, et plus vraisemblablement que des chamoines y ont exercé un ministère pastoral, les trois cas de figure pouvant du reste, s'envisager successivement dans un ordres ou dans l'autre !

Autrement dit, on est loin, très loin même de reléguer aux seuls moines l'obligation de la célébration solennelle de l'opus Dei. Tous les corps ecclésiastiques, conventuels, capitulaire et séculier y sont appelés et ont dû endosser les ajouts surchargeant l'office, au-delà, pour les séculiers, de leurs possibilités. On est donc loin des premiers anachorètes, qui vivaient la liturgie plutôt qu'ils ne la célébraient. A la fin du Moyen-Age, la crise est si profonde que beaucoup de prêtres abandonnent ou bâclent la récitation publique de l'office divin. Dans les ordres religieux, la fréquentation des universités suspend leur présence au chœur et implique une nouvelle conception de l'office et l'adoption du bréviaire.

La foi n'exclut pas le savoir, l'humanisme est naissant, nous sommes à l'aube des grandes découvertes qui restituent la Terre dans l'Univers; l'aiguille s'incline aux cadrans.



Cluny, photo de G. Baillet



Infos-échanges-bric à brac-gnomonique



Cadran à Saint Domingue, situé devant la maison de Christophe Colomb.

(photo communiquée par M. JM Ansel)

Serait-il électrifié?

Des questions toujours d'actualité:



le changement d'heure et



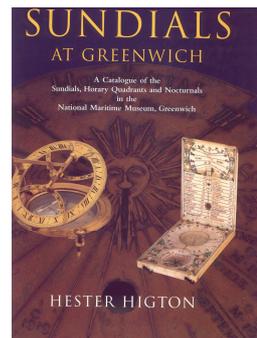
... la préservation des cadrans contre les intempéries



DES LIVRES ET DES REVUES:

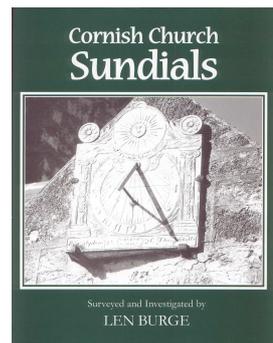
■ **SUNDIALS AT GREENWICH**, Oxford University Press and National Maritime Museum:

Un très beau livre, véritable catalogue de cadrans solaires (principalement portatifs), de toutes les époques et pays, avec descriptions détaillées, photos N&B et couleurs.



■ **CORNISH CHURCH SUNDIALS**, Len Burge, 15 Penwethers Lane, Truro, Cornwall:

Toujours en langue anglaise, des cadrans d'églises à découvrir, avec explications et quelques rappels de gnomonique. Nombreuses photos N&B.



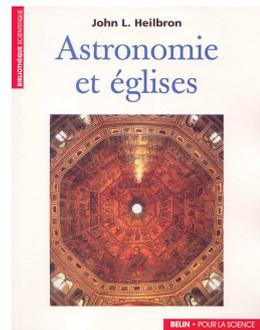
■ **LA DECOUVERTE DE L'OMBRE**, par Roberto Casati, Albin Michel:

Etrange et inquiétante, l'ombre est la clé de grandes découvertes (éclipses, distances terrene, lune, soleil, dimensions et forme de notre planète...). Laissons nous emporter par R. Casati, philosophe de formation et chercheur au CNRS dans ses recherches obscures.



■ **ASTRONOMIE ET EGLISES**, par John L. Heilbron, Belin:

Au XVIIème siècle, les quatre plus prestigieux observatoires occidentaux étaient... des églises. Enquête inédite, analyse scientifique, méridiennes, un livre à ne pas manquer.



■ et bien sûr... se reporter aux bibliographies de Madame A. Gotteland.



QUELQUES SITES INTERNET

[Cartes du Ciel](http://www.astrosurf.com/astropc/cartes/index.html) - <http://www.astrosurf.com/astropc/cartes/index.html>

Programme gratuit qui permet de dessiner des cartes du ciel d'après les données de 15 catalogues d'étoiles et de nébuleuses, la position des planètes, astéroïdes et comètes.

[Astro](http://www.astrosurf.com/lrastro/) - <http://www.astrosurf.com/lrastro/>

Convertit les coordonnées et propose d'autres options liées à l'observation. Présentation, téléchargement et mises à jour du logiciel.

[Apollo](http://www.memdoc.net/) - <http://www.memdoc.net/>

Permet de calculer les phases de la Lune, le lever et le coucher du Soleil. Donne la position (latitude et longitude) des principales villes du globe.

[Meridian](http://pages.infinet.net/merid/index.html) - <http://pages.infinet.net/merid/index.html>

Logiciel permettant de calculer les positions des planètes et de certains satellites naturels.

[Telecharger.com : Astronomie et espace](http://telecharger.01net.com/windows/Loisirs/astronomie_et_espace/) -

http://telecharger.01net.com/windows/Loisirs/astronomie_et_espace/
Téléchargement de logiciels en shareware et freeware.

[AlphaCentaure](http://www.astrosurf.com/alphacentaure/) - <http://www.astrosurf.com/alphacentaure/>

Logiciel de cartographie du ciel qui peut être utilisé en complément avec d'autres logiciels d'astronomie.

[Ghislain de Froment](http://www.astrosurf.com/defroment/) - <http://www.astrosurf.com/defroment/>

Présentation et téléchargement de logiciels de calcul de positions.

[Kepler II](http://www.clic.ntic.org/clic33/kepler.htm) - <http://www.clic.ntic.org/clic33/kepler.htm>

Logiciel didactique contenant un planétarium, une base de données, des observations virtuelles, les éphémérides et des expériences.

[Calcul des éphémérides solaires](http://www.atco-fr.com/logiciels/) - <http://www.atco-fr.com/logiciels/>

Logiciel en ligne : Jour julien, temps sidéral, angles de position du Soleil.

[Astronomie par les calculs](http://perso.libertysurf.fr/JADI/logiciels/logsci.htm) - <http://perso.libertysurf.fr/JADI/logiciels/logsci.htm>

Logiciel permettant de calculer les positions des planètes et lunes du système Solaire. Calcul des éphémérides.

