

CADRAN-INFO

Sommaire du N° 6

▪ TRACE et ANIMATION de CS sur ORDINATEUR	Baillet G
▪ UN CADRAN A BRACELET (chapitre 9/13 de "Cadrons de Corrèze)	Dallet P
▪ TRACE D'UNE MERIDIENNE PAR LA METHODE "SOLARIUM"	Dallet P
▪ CADRAN SOLAIRE POLAIRE à ARCS DIURNES PARALLELES	De Vries/ Collin D
▪ VOYAGE "ASTRONOMIQUE" EN EGYPTÉ	Gotteland A
▪ MESURE de la DECLINAISON PAR UN CS HORIZONTAL	Labrosse G
▪ Un OBJET IRANIEN	Masson G
▪ RELEVÉ DE LA DECLINAISON D'UN MUR	Mazziotti T
▪ CADRANS CANONIAUX ET OFFICE DIVIN	Schneider D
▪ PASSAGE AU MERIDIEN ET MERIDIENNE	Savoie D
▪ APPLICATION de la METHODE ANALYTIQUE aux TRACES de CADRANS SOLAIRES BIFILAIRES	Soler Gaya R/ Collin D
▪ STYLES standards	Theubet J
▪ LE CADRAN SOLAIRE DE L'ACADEMICIEN	Vialle J
▪ INFOS-ECHANGES-BRIC A BRAC GNOMONIQUE: Des livres et des revues - Des sites internet, rappel des articles parus dans les précédents "Cadran-Info".	

CADRAN-INFO

Sommaire du N° 6

▪ TRACE et ANIMATION de CS sur ORDINATEUR	Baillet G
▪ UN CADRAN A BRACELET (chapitre 9/13 de "Cadrons de Corrèze)	Dallet P
▪ TRACE D'UNE MERIDIENNE PAR LA METHODE "SOLARIUM"	Dallet P
▪ CADRAN SOLAIRE POLAIRE à ARCS DIURNES PARALLELES	De Vries/ Collin D
▪ VOYAGE "ASTRONOMIQUE" EN EGYPTÉ	Gotteland A
▪ MESURE de la DECLINAISON PAR UN CS HORIZONTAL	Labrosse G
▪ Un OBJET IRANIEN	Masson G
▪ RELEVÉ DE LA DECLINAISON D'UN MUR	Mazziotti T
▪ CADRANS CANONIAUX ET OFFICE DIVIN	Schneider D
▪ PASSAGE AU MERIDIEN ET MERIDIENNE	Savoie D
▪ APPLICATION de la METHODE ANALYTIQUE aux TRACES de CADRANS SOLAIRES BIFILAIRES	Soler Gaya R/ Collin D
▪ STYLES standards	Theubet J
▪ LE CADRAN SOLAIRE DE L'ACADEMICIEN	Vialle J
▪ INFOS-ECHANGES-BRIC A BRAC GNOMONIQUE: Des livres et des revues - Des sites internet, rappel des articles parus dans les précédents "Cadran-Info".	

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).

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

TRACE et ANIMATION de CS sur ORDINATEUR (G. BAILLET)

Un peu d'histoire sur les méthodes (en bref)

Ce document est rédigé pour les amateurs de cadrans, il suppose connu les fondements du tracé des cadrans que sont les mouvements apparents du soleil, dans la journée, dans l'année. A partir de là un grand nombre de méthode existent.

Quand les cadrans servaient à mettre les horloges à l'heure, il n'était pas question d'utiliser celles-ci pour tracer un cadran. On partait du tracé de la méridienne, avec la règle et le compas ou d'autres instruments spécifiques au cadranier, on obtenait le dessin du cadran et on plaçait le style. Il ne faut surtout pas oublier que la nécessité de mettre à l'heure les pendules a multiplié les cadrans solaires. C'est la transmission électrique de l'heure des observatoires qui les a rendus inutiles.

Alors les cadrans solaires sont devenus un exercice de style et les mathématiciens et géomètre nous ont donné des formules à « rallonges » pour tracer les cadrans. Avec, jusqu'aux années 1960, un arrangement particulier de ces formules afin de faciliter l'emploi des tables de logarithmes. A partir de là nous avons vu apparaître les calculatrices, puis elles sont devenues programmables et les ordinateurs se sont répandus avec des capacités croissantes.

Quelle est la bonne méthode pour tracer un cadran ?

Il n'y en a pas une, mais chacun a la sienne, ce qui reste important, c'est quand même, que le cadran donne l'heure pour laquelle il a été construit.

Notre ami de Hauteville utilise la montre (à l'heure), l'équation du temps, la longitude, la latitude et le soleil lui-même pour tracer les lignes horaires, c'est très bien.

1. Les méthodes que j'emploie:

1.1. La première méthode

Dans un premier temps j'ai réalisé des logiciels qui dessine le cadran sur un écran d'ordinateur, et simule le déplacement de l'ombre dans la journée. Puis un autre logiciel qui donne un fichier pour tracer le cadran avec plusieurs type d'heures.

J'utilise alors le langage C pour programmer. Le calcul est effectué par une suite de formules courtes qui correspondent chacune à un élément géométrique identifiable et facilement vérifiable. Je préfère cette méthode aux longues formules.

Les difficultés rencontrées dans un calcul automatique sont de plusieurs ordres.

La plus courante est liée à la précision du calcul, un exemple pour mieux comprendre : $\text{acos}(a/b)$ « arc cosinus de a divisé par b » avec $a=b$ (théoriquement) le calcul peut donner $a/b = 1,000\dots0001$ et le « arc cosinus » vous envoie promener même s'il y a 30 zéros entre les deux 1. Je ne parle pas de la tangente 90° l'ordinateur est fâché avec l'infini.

Un autre problème est lié aux solutions multiples d'une équation ou d'une fonction mathématique par exemple $\text{asin}(x)$ « arc sinus de x » il y a deux solutions. Il faut choisir de manière automatique la bonne, pas toujours facile !

Enfin dans le tracé automatique il faut arrêter le dessin de manière à ne pas sortir d'un cadre défini. Dans le dessin à la main on n'en parle même pas, dans un programme il y a plus de ligne de code pour résoudre ce problème que pour faire le calcul lui-même.

1.2. Deuxième méthode

Vers octobre 2001 j'ai découvert dans le site de discussion astronomie un logiciel de ray-tracing, de quoi s'agit-il ?

Premier intérêt il est gratuit et télé-chargeable, il s'appelle POV-RAY.

Le ray-tracing est une technique pour faire une image proche de la photographie. Les trois principaux éléments à définir sont :

- La caméra
- L'éclairage
- Les objets

Les définitions sont faites par l'écriture de codes, dont la syntaxe est semblable au langage C.

La première « nouveauté » est la disparition des lignes, droite et points, pour tracer une droite il faut définir un cylindre ou un prisme, pour tracer un cercle il faut par exemple définir un tore et tout cela en trois dimensions. Les objets disponibles sont les volumes et les surfaces. A partir de là on peut bien sûr adapter les anciennes méthodes pour visualiser un cadran solaire, mais un peu de réflexion ne fait jamais de mal.

Qu'est ce qu'une bonne méthode ? A mon avis, c'est l'application de la loi physique du moindre effort, compte tenu des outils disponibles, des capacités de la personne et de l'objet à réaliser. Les outils changent, la méthode change. Dans mon cas je cherche à montrer, via le « multimédia » le tracé des cadrans solaires. L'important est donc de visualiser sur un écran d'ordinateur un cadran solaire dans toutes les positions possibles. Pour être plus clair voici un exemple sur les arcs diurnes.

En vision topocentrique la droite [soleil]-[sommet du style] balaye dans la journée la surface d'un cône dont l'axe est parallèle à l'axe de rotation de la terre et dont le demi-angle au sommet vaut : $90^\circ - \text{valeur_absolue}(\text{déclinaison du soleil})$. L'arc diurne du cadran est l'intersection du plan du cadran et de ce cône (la deuxième nappe du cône). Cette intersection est une ligne invisible. Pour rendre cette ligne visible il suffit de la matérialiser par l'intersection du cône et d'une « boîte ». Cette « boîte » est un parallélogramme dont une des surfaces est confondue avec celle du cadran et dont la face opposée est à faible distance, du côté externe, de la surface du cadran, de manière à rendre visible la surface du cône comprise entre ces deux surfaces. En une seule opération la ligne diurne est tracée et surtout limitée à la surface utile du cadran.

C'est à peu de choses près, la méthode des anciens qui utilisaient le trigone pour tracer les arcs diurnes.

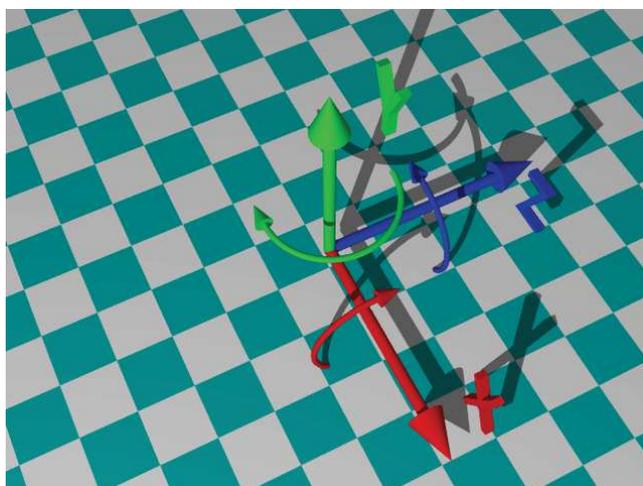
Il faut remarquer, que si cette méthode est adaptée pour obtenir l'image d'un cadran, elle ne fournit pas les coordonnées nécessaires au tracé, les cadraniers ont donc de beaux jours devant eux.

2. Généralités

Dans cette partie du document nous allons analyser les principaux éléments du logiciel source de tracé du cadran. Il est exclu de donner le détail de la syntaxe il faudrait des dizaines de pages, alors nous nous limitons aux éléments principaux.

3. Les coordonnées du système

Les coordonnées du système ainsi que les sens de rotation positifs sont indiqués sur l'image ci dessous



4. Les variables utilisées

Nota le texte qui suit le symbole // n'est pas exécuté c'est une remarque à usage du programmeur.

Les valeurs telles que <0, 2, 6.3 > sont les coordonnées x, y, z d'un point ou les valeurs de rotation angulaire en degrés autour des axes x, y, z.

Pour tracer le cadran on définit les valeurs d'un groupe de variables telles que ci dessous, l'usage des variables sera vu dans les fonctions suivantes.

```
// variable de la plaque du
cadran=====
#declare d_cote_cad = 10;
#declare ep_cadran = 0.5;

// variable du lieu et du
style=====
#declare latitude = 46;
#declare r_style = 0.2;
#declare h_style = <0,2,0>;
#declare l_style = <0,0,(h_style.y +
ep_cadran)/sind(latitude)>;

// variable pour les lignes
d'heures=====
#declare d_max = 23+(27/60);
#declare h_sol = 10;
#declare ang_sol = (h_sol-12)*15;

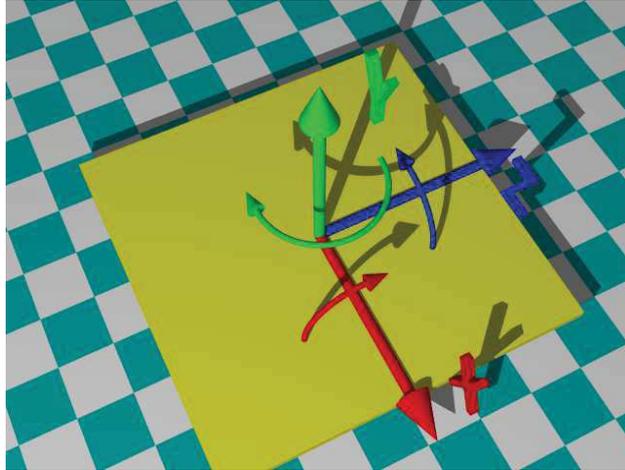
//variable de la date (déclinaison) et de la construction du
cône ====
#declare declinaison = -1*d_max;
#declare r_cone = 1.3*d_cote_cad;
#declare h_cone = r_cone / tand(90-abs(declinaison));
```

5. Le dessin de la plaque du cadran

Voici le code correspondant, la variable [d_cote_cad] est le demi-côté du carré et [ep_cadran] l'épaisseur de la plaque:

```
// fabrication de la plaque du cadran
=====
#declare cadran =
box
<d_cote_cad,0,d_cote_cad>,<-d_cote_cad,-ep_cadran,-d_cote_cad>
```

et voici l'image résultant avec les axes superposés :



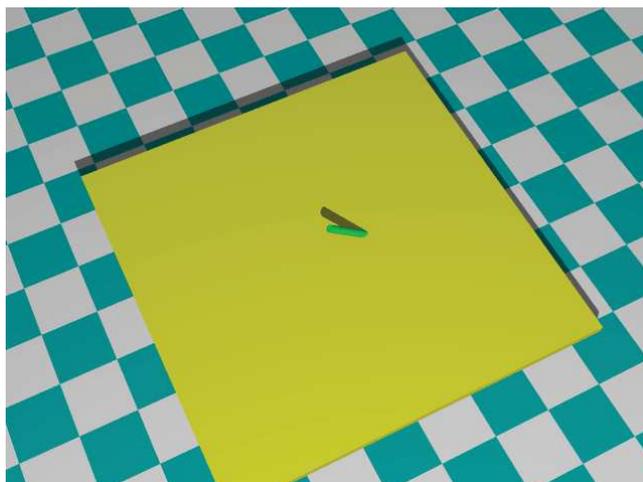
6. Le dessin du style

Voici le code du dessin du style, il s'agit d'un cylindre dont une des extrémités est en $\langle 0,0,0 \rangle$ et l'autre à $[l_style], [r_style]$ son rayon. On le tourne d'un angle $[latitude]$ autour de l'axe x puis on le translate au point $[h_style]$ pour le mettre en place définitivement:

```
// fabrication du style du
cadran=====
#declare le_style =
cylinder
{
0, l_style, r_style

rotate< latitude,0,0>
translate h_style
pigment{Green}
}
```

Voici l'image résultante :



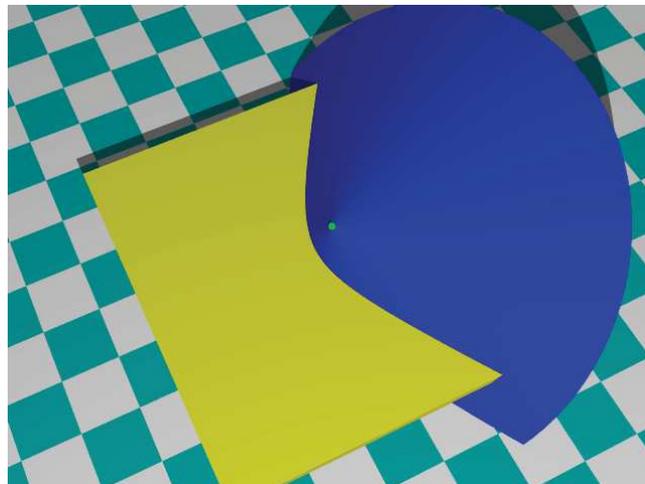
7. Le dessin du cône

On dessine la surface du cône qui contient tous les rayons $[soleil]$ -[extrémité du style] un jour ou le soleil a pour valeur de sa déclinaison $[declinaison]$. Le cône a une hauteur $[h_cone]$ et un rayon pour sa grande base de $[r_cone]$, son sommet est au point $\langle 0,0,0 \rangle$, son

axe est sur l'axe Y. Ensuite on l'oriente conformément à la latitude, si la déclinaison du soleil est négative il fait un demi-tour autour de l'axe X, puis on translate la pointe du cône au sommet du style.

```
// fabrication du cone===pour le  
voir=====  
#declare le_cone =  
cone {  
  <0,0,0>, 0.0,  
  <0,-h_cone,0>, r_cone  
  open  
  rotate<-90+latitude,0,0>  
  #if (declinaison <0) rotate<180,0,0> #end  
  translate h_style  
  pigment{Blue}
```

Voilà le résultat en image

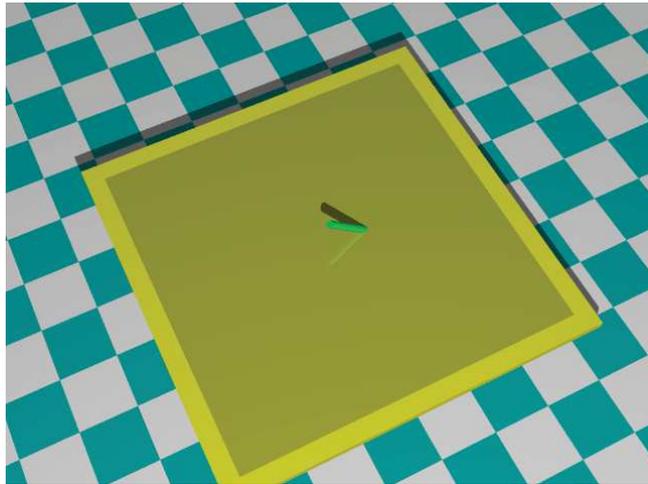


8. La définition de la « boîte » qui tronque le cône

Ici on définit un volume qui limitera la partie utile du cône. Il est constitué à partir de la plaque du cadran à l'échelle 0.9 en X et Z, à l'échelle 0.2 en Y. Après sa mise à l'échelle la « boîte » est tournée de 180° autour de l'axe X pour être au-dessus de la plaque du cadran.

```
// fabrication de la "boite" qui tronque le  
cône=====  
#declare la_boite = object {cadran scale<0.9,0.2,0.9>  
rotate<180,0,0> }
```

Voici un aspect du volume en grisé sur l'image

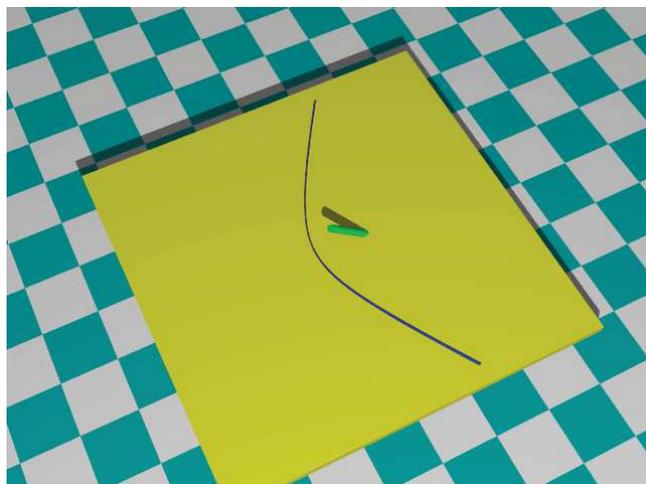


9. L'arc diurne

Voilà l'écriture de la réalisation de l'arc diurne, la précédente réalisation de [le_cone] n'était que pour sa visualisation à titre pédagogique. Il s'agit ici du même code avec une fonction qui le tronque : [clipped_by{la_boite}].

```
// fabrication du
cone=====
#declare le_cone =
cone {
  <0,0,0>, 0.0,
  <0,-h_cone,0>, r_cone
  open
  rotate<-90+latitude,0,0>
  #if (declinaison <0) rotate<180,0,0> #end
  translate h_style
  pigment{Blue}
  clipped_by{la_boite}
}
```

Voici l'aspect de l'image avec l'arc diurne :



10. Le tracé de la ligne d'heure

Dans l'ordre on définit :

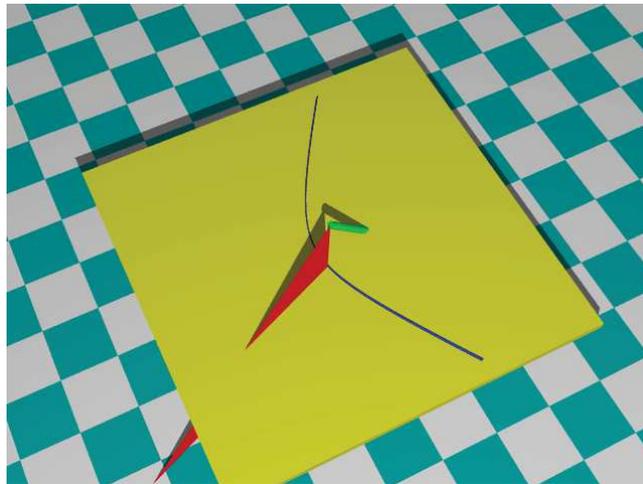
- Un plan perpendiculaire à l'axe x
- On le tronque par deux plans pour le limiter aux valeurs de déclinaisons maximums du soleil (d_{max})
- On le tourne de l'angle horaire
- On l'incline pour tenir compte de la latitude
- On le translate au sommet du style
- On le limite pour qu'il forme un trait visible

```
// fabrication des ligne  
d'heure=====
```

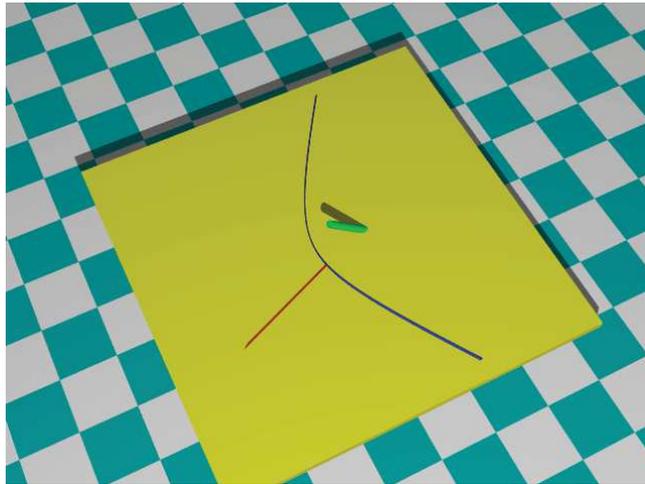
```
// fabrication plan élémentaire
```

```
#declare ligne_heure =  
plane {x,0  
  clipped_by{plane{ y,0 rotate< d_max,0,0>}}  
  clipped_by{plane{-y,0 rotate<-d_max,0,0>}}  
  rotate<0,ang_sol,0>  
  rotate<-(90-latitude),0,0>  
  translate h_style  
  clipped_by{la_boite}  
  pigment{Red}}
```

voici l'aspect de l'image du plan horaire non tronqué



Voici l'aspect de l'image finale



11. Le programme qui dessine le cadran

Voici la partie du programme qui dessine cette ébauche de cadran. On remarquera l'absence de calcul complexe pour le dessin de l'arc diurne. Les codes [object] à la fin du programme servent à dessiner les objets préalablement définis.

```
// variable de la plaque du
cadran=====
#declare d_cote_cad = 10;
#declare ep_cadran = 0.5;

// variable du lieu et du
style=====
#declare latitude = 46;
#declare r_style = 0.2;
#declare h_style = <0,2,0>;
#declare l_style = <0,0,(h_style.y +
ep_cadran)/sind(latitude)>;

// variable pour les lignes
d'heure=====
#declare d_max = 23+(27/60);
#declare h_sol = 10;
#declare ang_sol = (h_sol-12)*15;

//variable de la date (déclinaison) et de la construction du
cône ==
#declare declinaison = +1*d_max;
#declare r_cone = 1.3*d_cote_cad;
#declare h_cone = r_cone / tand(90-abs(declinaison));

// fabrication de la plaque du cadran
=====
```

```
#declare cadran =
box

<d_cote_cad,0,d_cote_cad>,<-d_cote_cad,-ep_cadran,-d_cote_cad>

// fabrication du style du
cadran=====
#declare le_style =
cylinder

0, l_style, r_style

rotate< latitude,0,0>
translate h_style
pigment{Green}

// fabrication de la "boite" qui tronque le
cône=====
#declare la_boite = object {cadran scale<0.9,0.2,0.9>
rotate<180,0,0> }

// fabrication du
cone=====
#declare le_cone =
cone {
  <0,0,0>, 0.0,
  <0,-h_cone,0>, r_cone
  open

  rotate<-90+latitude,0,0>
  #if (declinaison <0) rotate<180,0,0> #end
  translate h_style
  pigment{Blue}
  clipped_by{la_boite}

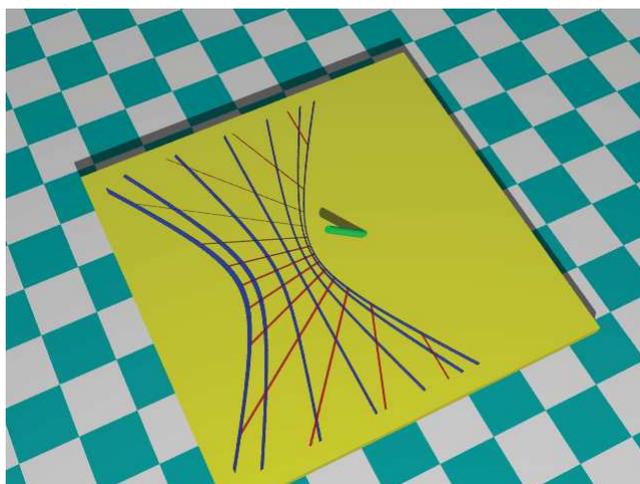
// fabrication des ligne
d'heure=====

// fabrication plan élémentaire

#declare ligne_heure =
plane {
  x,0
  clipped_by{plane{ y,0 rotate< d_max,0,0>}}
  clipped_by{plane{-y,0 rotate<-d_max,0,0>}}
  rotate<0,ang_sol,0>
  rotate<-(90-latitude),0,0>
  translate h_style
  clipped_by{la_boite}
  pigment{Red}
```

```
// dessin des objet  
object {cadran pigment {Yellow}}  
object {le_style}  
object {le_cone }  
object {ligne_heure}
```

Et avec deux boucles supplémentaires pour donner l'ensemble des lignes journalières et horaires voici le tracé complet



12. Conclusions

Ceux qui souhaitent se lancer dans cette technique peuvent prendre contact avec moi, je leurs enverrais les textes sources.

Gérard Baillet, 15 rue Jean Gabin, 86280 Saint-Benoît 05 49 53 17 82 ou via Internet gerard.baillet3@wanadoo.fr

UN CADRAN A BRACELET (P. DALLET)

Cadrans solaires de Corrèze au XX^{ème} siècle, pages 119 à 130. Chapitre IX

- **Description du cadran bracelet.**

(Voir figures 100 à 103.)

Il est aussi parfois nommé « cadran bague ». Sous cette forme il est très souvent commercialisé, toujours faux et sans information pour l'acheteur.

Il s'agit d'un cadran « bibelot » qui peut être fabriqué en série et peu onéreux. Le malheur est qu'il n'est jamais fabriqué en tenant compte consciencieusement de la gnomonique. La non satisfaction des acheteurs aboutit à une mauvaise réputation de ces objets et à l'arrêt de leurs fabrications. Le texte qui suit devrait au moins servir aux acheteurs à distinguer les « cadrans bracelets » correctement construits des autres. Ce cadran n'est pas facile à réaliser par un amateur.

Il existe plusieurs manières de le concevoir.

Il est décrit ici comme un anneau de 4 cm de large, 10 cm de diamètre, en métal inaltérable. Sous nos latitudes l'anneau se tient à la main par une boucle placée à son zénith. En zones intertropicales il est à poser sur un pied car son œillette est vers son zénith. Ce cadran comporte deux échelle de dates, une destinée à positionner l'œillette, l'autre à l'intérieur à savoir où l'utilisateur doit lire l'heure. Pour l'utiliser il faut tourner le cadran vers l'azimut où est le Soleil. La lumière provenant de l'œillette est à faire tomber sur la ligne de date correspondant à celle de l'observation. Chaque ligne porte à ses extrémité le numéro de l'heure vraie qui lui correspond. Si l'utilisateur ne sait pas s'il est avant ou après midi il devra déterminer si le Soleil est à l'EST ou à l'OUEST du méridien local.

Cet anneau est en réalité composé de trois pièces : voir figures 101, 102 et 103. L'anneau intérieur, amovible doit avoir une faible épaisseur. L'œillette peut être constitué par une intra-vis percée montée dans son anneau et réglable pour compenser l'épaisseur de l'anneau intérieur.

L'anneau intérieur de ce cadran possède un graphisme des heures propre à une latitude. Il n'est pas possible de rendre ce cadran réglable en latitude. Cependant le fabricant peut proposer des anneaux intérieurs à changer par l'utilisateur.

Pour vendre ce cadran il faut l'accompagner d'une notice expliquant :

- Comment positionner l'œilleton.
- Pourquoi et quand changer l'anneau amovible des lignes d'heures, et où le commander.
- L'utilisation des lignes de dates intérieures de l'anneau pour lire l'heure.
- La manière de convertir l'heure vraie locale de ce cadran en heure vraie du fuseau. Pour cela il faut fournir une carte avec les méridiens portant en temps la différence de longitude avec le méridien origine. (voir exemple figure 111)
- L'équation du temps et son utilisation.

Nous suggérons aussi au fabricant de le vendre accompagné d'une boussole, en effet aux heures proches de midi vrai elle est indispensable pour savoir si l'on est avant ou après midi.

- **Principe utilisé.**

Ce cadran est un cadran de hauteur, ceci veut dire que les coordonnées des points qui constituent ses lignes sont obtenues en transformant la déclinaison (δ) et l'angle horaire (H) du Soleil en l'angle hauteur (h). Les points de lignes d'heures sont des intersections de lignes de hauteur et de lignes de déclinaison. Pour chaque heure on calcule l'angle horaire, puis pour chaque déclinaison d'entrée en signe on calcule la hauteur. Ensuite en fonction de la position de l'œilleton nous calculons les coordonnées du point de lumière sur l'anneau porteur des lignes d'heures.

Il existe d'autres cadran de hauteur : le cadran de berger, et le quart de cercle. Le cadran de berger (figure 109) est un cylindre vertical, les génératrices sont des prolongements de l'échelle des dates. Celle-ci sert à placer le style. La longueur de son ombre nous indique une ligne d'heure vraie.

Pour le quart de cercle (figure 110) le Soleil est visé par un côté du cadran. Un fil à plomb partant de son centre nous permet de déterminer la hauteur. Ce cadran est plan et vertical. Pour lire l'heure il faut aussi se servir d'une échelle de date.

Ces cadrans nous procurent l'heure vraie locale. Il est possible d'utiliser le cadran de berger et le quart de cercle pour mesurer l'angle hauteur du Soleil.

Le cadran « bracelet » présente les mêmes inconvénients que les autres cadrans de hauteur : l'utilisateur doit connaître, à quelques jours près, la date à laquelle il utilise le cadran. En gnomonique on utilise soit les signes de tiers de saison, soit la distance à l'équinoxe le plus proche. Attention ! pour ce cadran il faut aussi savoir si l'on est en période estivale ou hivernale.

- **Matériaux de réalisation.**

Il semble que ce cadran soit seulement réalisable en métal. L'acier inoxydable convient très bien. Les anneaux doivent être réalisés avec une grande précision. A l'intérieur, sous l'attache, deux petites vis relient l'anneau des lignes d'heures à l'anneau (double) porteur de l'échelle des dates. Entre les deux parties de l'anneau de l'échelle des dates glisse la bague porteuse de l'œilleton.

- **Méthode de tracé.**

Il faut connaître la formule de calcul de la hauteur :

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos H$$

On peut aussi envisager de transformer les coordonnées à l'astrolabe.

Explications

(voir figure 104)

Pour tracer les lignes de ce cadran nous calculerons des longueurs d'arc. Ce cadran a la forme d'un cercle. Le centre étant sur une verticale passant par l'anneau d'accrochage, nous tracerons un diamètre horizontal x'x. En deux points du cercle schématisant le cadran ce diamètre horizontal détermine les points origines de mesure des angles. Nous compterons les angles positivement vers le haut, et négativement vers le bas.

A droite nous construirons l'échelle des dates servant à positionner l'œilleton.

A gauche nous construirons les lignes d'heure, à l'intérieur de l'anneau.

Nous choisissons de dessiner l'échelle des dates de manière à obtenir que pour toutes les déclinaisons midi vrai soit un seul et même point. C'est un choix.

Nous devons aussi choisir arbitrairement l'angle « A » entre la ligne x'x et le point « $\delta = 0$ ». En été l'œilleton ne doit pas être masqué par l'attache. En hiver à midi il ne doit pas être trop bas : la lumière du Soleil ne passerait pas par l'œilleton. En France nous utiliserons : $A = 20^\circ$. Il faut remarquer que la valeur de « A » ne change absolument rien au graphisme des lignes d'heures. Nous nommerons l'angle « A » par le vocable « angle ajouté ».

Dans ce cadran la position du graphisme des lignes d'heure est déterminée par les niveaux horizontaux des heures des couchers et levers du Soleil. Ces points sont exactement au même niveau que l'œilleton placé à la déclinaison correspondant à ces levers ou couchers. C'est donc à partir de point que nous calculerons les longueurs de nos arcs.

Les positions des points de l'échelle des dates pour l'œilleton seront donc calculées par la formule :

$$D = R * (2*\delta + A)* \pi / 180^\circ$$

« D » étant l'arc entre le diamètre x'x et l'œilleton.

« R » le rayon du cadran.

L'angle « δ » est doublé parce que pour avoir MIDI en un seul point, « δ » est à mesurer sur l'échelle des dates depuis ce point. Vu du centre du cadran cet angle est à doubler.

La déclinaison se calcule par la formule :

$$\sin \delta = \sin Lv * \sin 23.44$$

L'angle horaire du Soleil aux instants auquel il se couche ou se lève est obtenu par la formule :

$$\cos H = (-\tan \varphi \tan \delta)$$

Sur la figure 104 il est possible de remarquer les angles hauteur du Soleil à MIDI, ces angle s'obtiennent par la formule :

$$h = 90^\circ - (\varphi - \delta)$$

Figures 105 à 108

CADRAN BRACELET.

Graphismes de lignes d'heure vraies et échelles des dates.

Figure 105

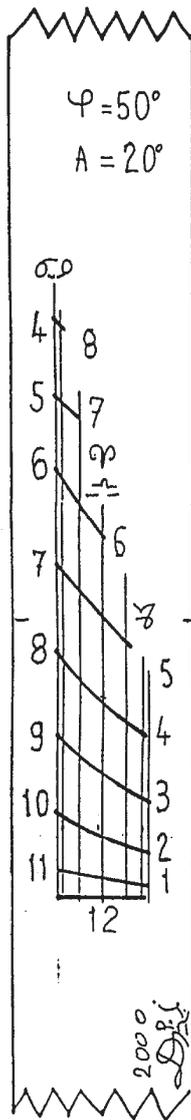


Figure 106

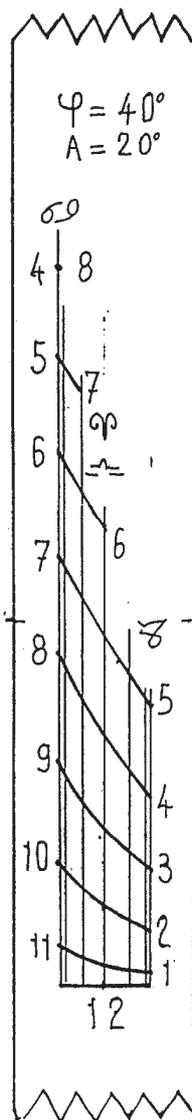


Figure 107

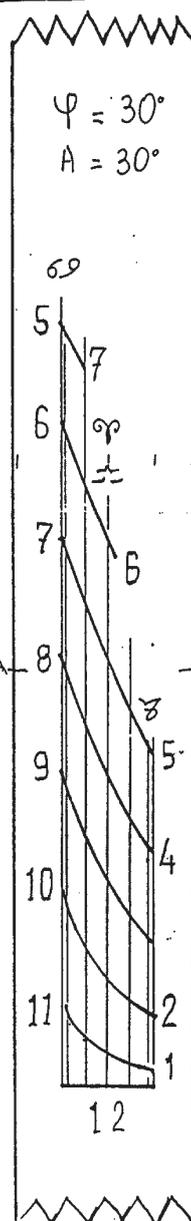
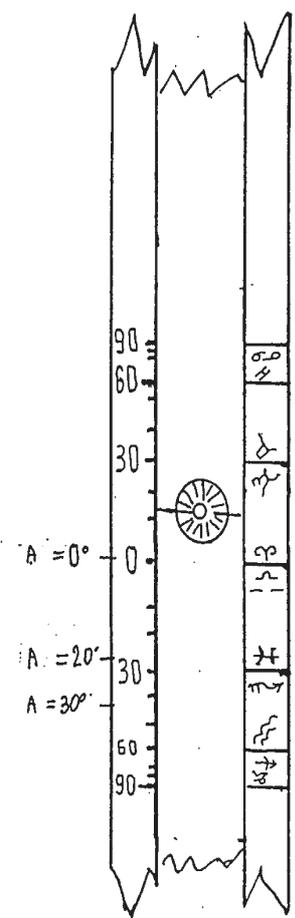


Figure 108



LIGNES D'HEURES VRAIES.

Largeur de l'anneau :
40% de son diamètre.

ECHELLE DES DATES.

L'angle est le double de la déclinaison.
Graduée ici en distances aux équinoxes
et tiers de saisons.

Le point A est à placer sur le diamètre
horizontal du cadran.

L'angle A est arbitrairement choisi
par le fabricant du cadran.

Les formules caractérisant le cadran « bracelet » seront :

Pour calculer la valeur y d'un point de ligne d'heure :

$$y = +D - R * (2 * h) * \pi / 180^\circ$$

la valeur de x se calculera de façon à respecter l'aspect de l'échelle utilisée pour l'œilleton :

$$x = R / 4 * (2 * \delta) * \pi / 180^\circ$$

Automatisation des calculs.

Une calculette programmable est suffisante.

Pour chaque heure on calcule :

L'angle horaire H .

Pour les longitudes écliptiques de -90° à $+90^\circ$ par exemple, par étape de 30° .

On calcule successivement :

La déclinaison δ .

La hauteur h.

Tester la hauteur pour s'assurer qu'elle n'est pas négative (nuit).

La valeur de l'arc où est à placer l'œilleton « D », à partir du diamètre horizontal, à droite.

La valeur, y, de l'arc où aboutit le point de lumière partir du diamètre horizontal, à gauche

La valeur du segment x.

(Les formules sont données ci dessus)

Répéter les calculs.

Voici, en exemple, le listing (Langage Basic Sharp) du programme qui a permis de dessiner les graphismes des figures 105 à 108 :

```

10:'BRACELET
20:R= 50:P=50
30:INPUT "R";R
40:INPUT "PHI";P
50:A=INT ((90-P)/2)
60:IF ABS P<23THEN A=90
70:PRINT "AJOUT ";A;INP
   UT " ";A
80:*A
90:PRINT "LV";LV;" ? ";
   INPUT " ";LV
100:D=ASN (SIN LV*SIN 23
   .44)
110:C=ACS (-TAN P*TAN D)
120:PRINT "C=";DMS (C/15
   )
130:PRINT "A.H.";H;" ? "
   ;INPUT " ";H
140:ED=R*PI /180*(2*D+A)
150:PRINT "ech.DE=";ED
160:EX=R*PI /180*2*D
170:HA=ASN (SIN P*SIN D+
   COS P*COS D*COS H)
180:Y=+ED-R*PI /180*(HA*
   2)
190:X=-EX/4
200:USING "###.##"
210:PRINT "X=";X;" Y="
   ;Y
220:GOTO *A

```

Figures 109 et 110.

Figure 109 : graphismes d'un cadran de berger.

Figure 110 : graphismes d'un cadran « quart de cercle »

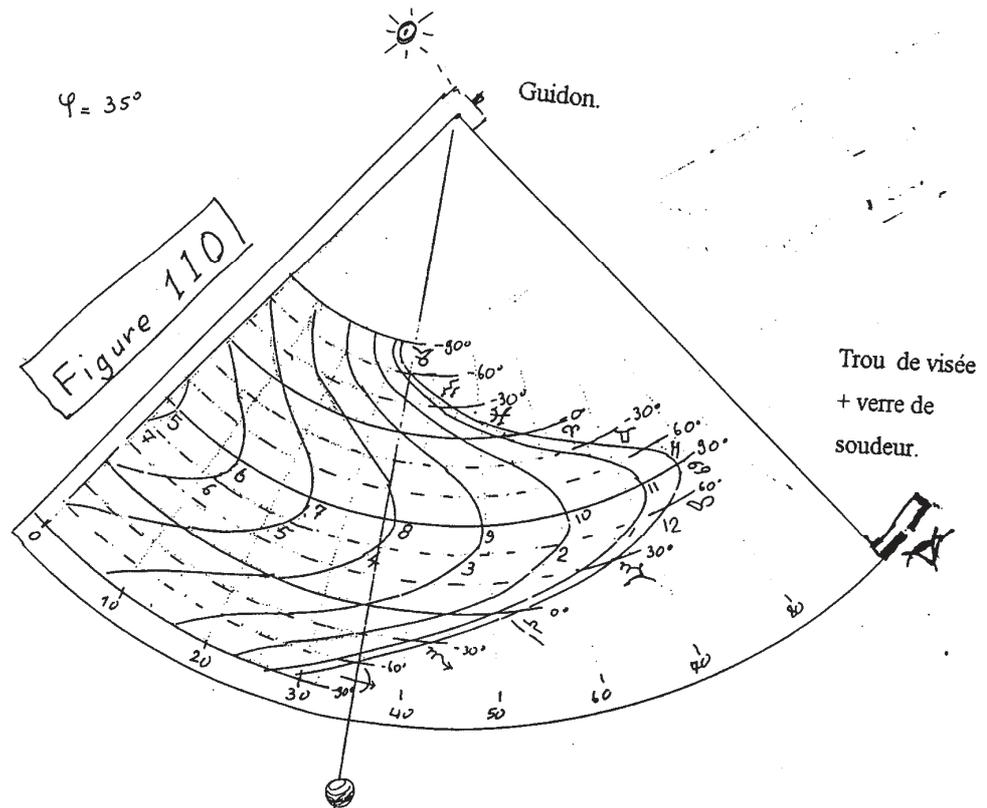
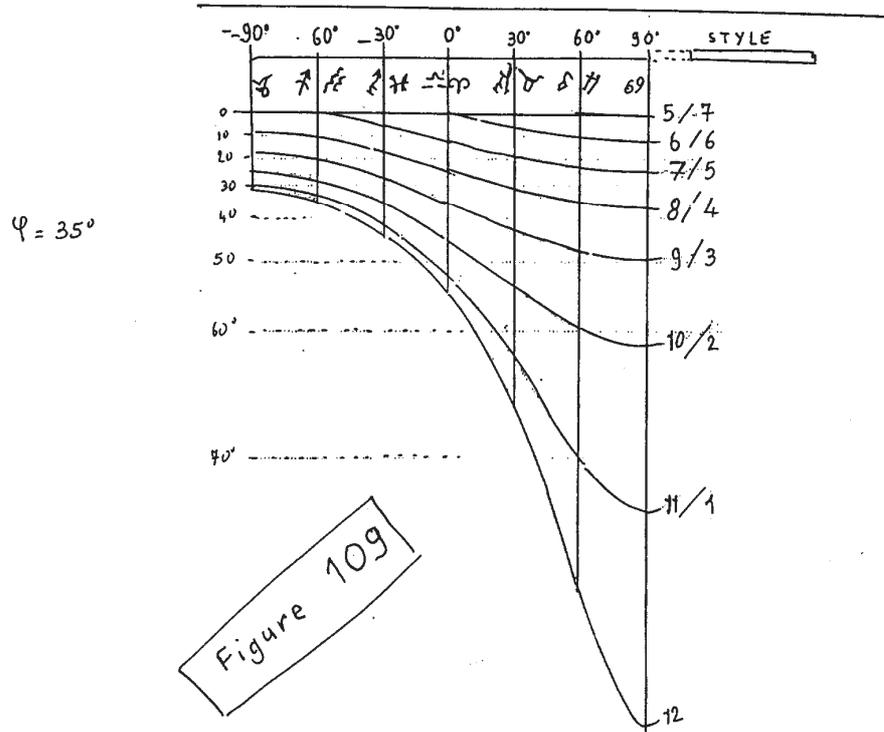
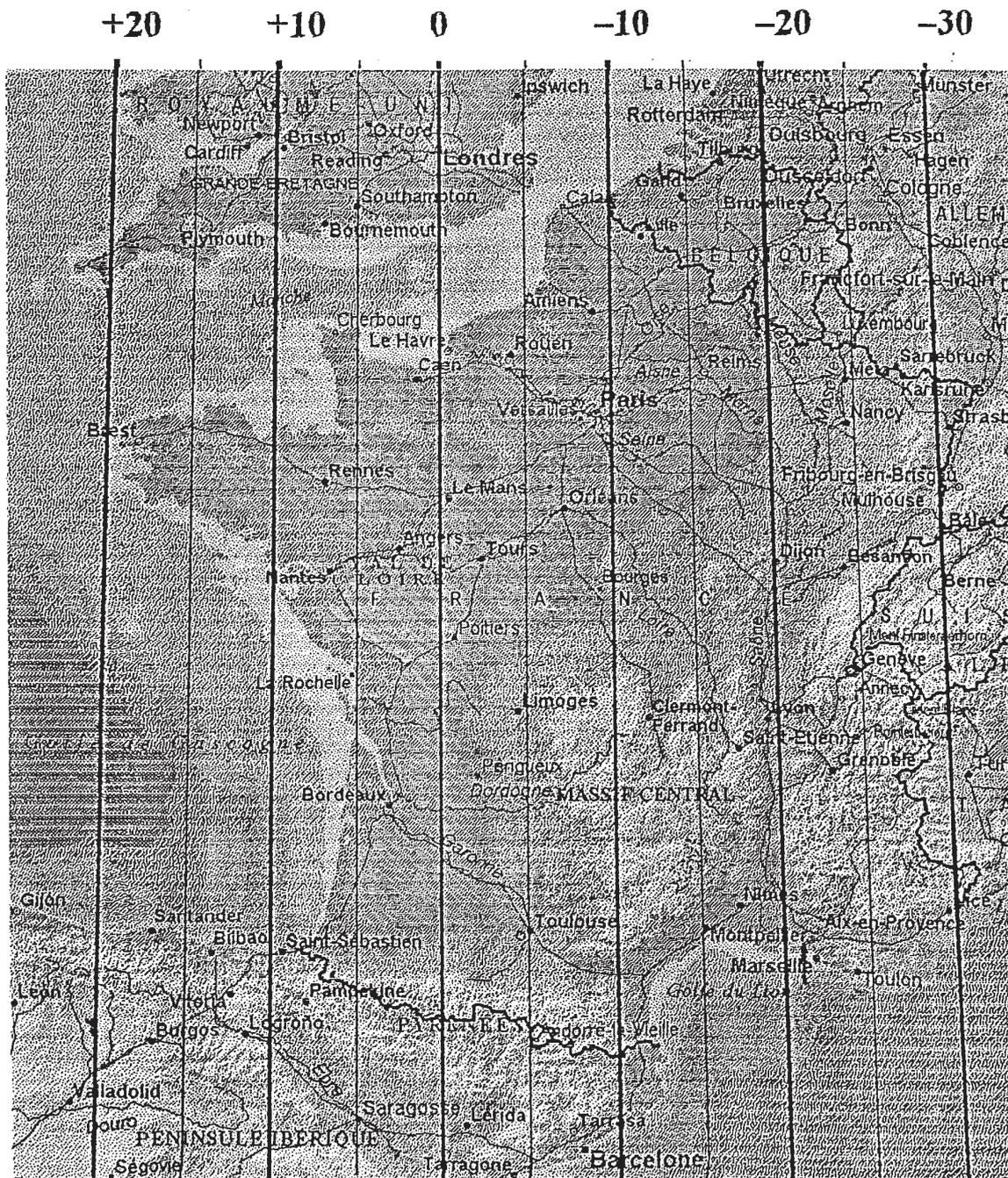


Figure 111

Exemple de carte pour correction de
l'heure en fonction de la longitude.

Nombre de minutes à ajouter à
l'heure vraie pour obtenir l'heure du fuseau.



TRACE D'UNE MERIDIENNE PAR LA METHODE "SOLARIUM" (P. DALLET)

Le tracé d'une méridienne par cette méthode est possible sur une surface horizontale ou inclinée. Souvenons-nous que sur un plan vertical une méridienne est toujours une ligne verticale. Si la surface est inclinée le tracé est seulement possible à l'instant « temps de passage »

Nous nous limiterons donc au cas du plan horizontal car il permet de retrouver la méridienne plusieurs fois de suite à des intervalles de 10 en 10 minutes vers midi vrai.

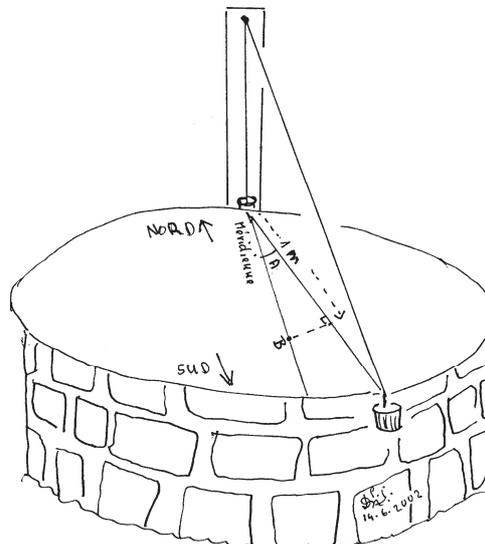
Cette méthode doit permettre de tracer une méridienne à $1/10^{\circ}$ de degré près vers midi, en été en France. Elle est simple à mettre en œuvre.

Nous appelons méridienne d'un cadran, un segment de courbe, partie d'un arc de méridien terrestre. Ce segment de courbe est la trace de l'intersection d'un plan contenant l'axe de la Terre et un point du cadran, le pied du style le plus souvent.

Pour tracer une méridienne par cette méthode il est préférable de disposer d'un ordinateur et d'un GPS. A défaut de GPS nous devons disposer d'une montre procurant le temps universel à la seconde près. La surface sur laquelle nous devons tracer la méridienne doit être en place.

Les opérations à réaliser sont les suivantes :

- Déterminer au GPS les coordonnées géographiques du lieu de construction du cadran ;
- A l'aide du logiciel SOLARIUM calculer, pour 12h UT, à la date du tracé de la l'instant « Temps de passage » du Soleil (On dit aussi Midi Vrai). Editer la page, elle s'obtient en choisissant « coordonnées d'astres brillants » et en cliquant « Imprimer planètes » Nous aurons préalablement saisi la bonne date et les bonnes coordonnées géographiques.
- Calculons ensuite l'azimut du Soleil pour 10 minutes avant l'instant « temps de passage », puis plusieurs fois, de 10 en 10 minutes après l'instant « temps de passage »
- Arrivons sur les lieux environ une heure avant l'instant « temps de passage »
- Déterminons grossièrement l'emplacement de la méridienne, à la boussole par exemple.
- A son extrémité NORD plantons un support, une planche de 2 mètres par exemple, verticale. En haut de la planche un petit piton nous permettra d'attacher deux fils à plomb.
- Fixons un premier fil à plomb : il pendra verticalement le long de la planche.
- Fixons, par le même point que le premier le second fil à plomb. Son fil sera oblique et son plomb pendra vers le point SUD de la méridienne.
- A l'instant « 10 minutes avant le temps de passage », plaçons notre fil oblique de manière à obtenir que son ombre recouvre le fil à plomb vertical. On le voit facilement par les ombres sur la planche support. Traçons la marque de l'ombre, à la craie par exemple. A un mètre de l'extrémité NORD traçons une perpendiculaire à cette trace de longueur : $L = \tan(A)$, A étant l'azimut du Soleil à cet instant. Nous obtenons le point M.
- Dix minutes plus tard, à l'instant précis « temps de passage » recommençons l'opération. Si nous n'avons commis aucune erreur l'ombre du fil oblique passe par le point B.
- Nous pouvons répéter les mesures de dix en dix minutes après Midi vrai.



CADRAN SOLAIRE POLAIRE à ARCS DIURNES PARALLELES (Th.J. de Vries)

Conception : Th. J. de Vries Prinsenbeek, Hollande. Traduction et notes: D. Collin – MC SEGARD

Au cours de l'une de nos premières réunions de notre cercle Hollandais, Th.J. de Vries a présenté un cadran solaire polaire comme le montre le schéma de la figure 1.

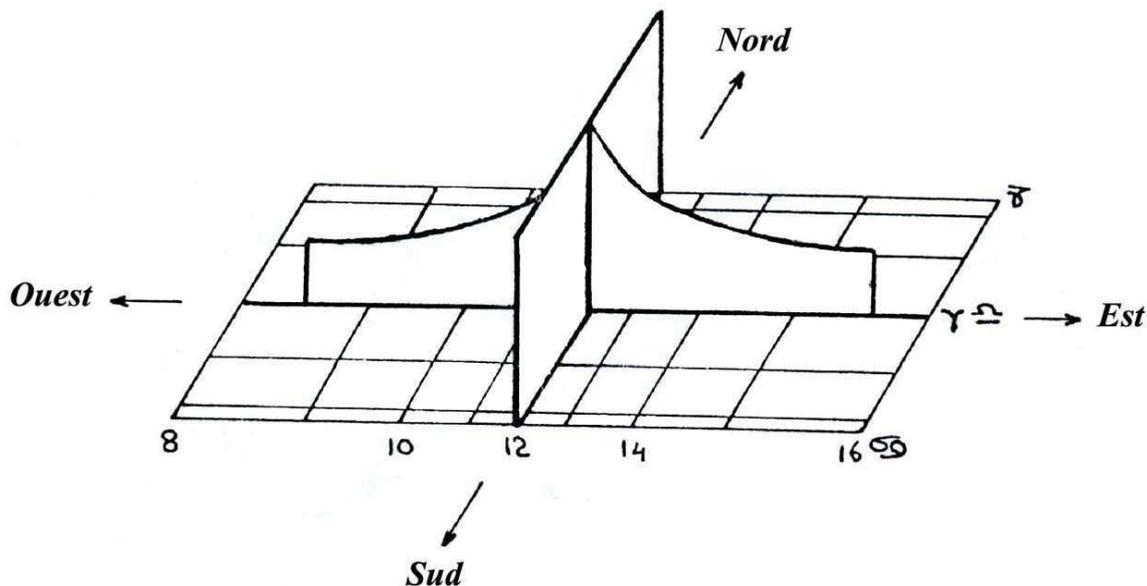


figure 1

C'est un cadran solaire bifilaire dont le "fil" est courbé. Par cette courbure naissent des lignes de dates parallèles ou lignes de déclinaison. On indique ci-après comment un tel cadran peut être calculé ! Un cadran solaire polaire est le même qu'un cadran solaire horizontal pour $\varphi=0^\circ$.

Nous utilisons les formules connues pour l'azimut a et la hauteur du soleil h .

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau$$

$$\tan a = \frac{\sin \tau}{\sin \varphi \cos \tau - \cos \varphi \tan \delta}$$

Pour $\varphi=0^\circ$, ces formules deviennent :

$$\sin h = \cos \delta \cos \tau$$

et $\tan a = - \sin \tau / \tan \delta$

A la figure 2 sont représentées les données nécessaires.

H = plan horizontal pour $\varphi=0^\circ$.

V = plan du méridien avec la hauteur g . Ce plan délimite la position des lignes horaires parallèles comme pour un cadran solaire polaire habituel.

AB est une ligne horaire. La distance $EB = g \cdot \tan \tau$.

AD est une ligne de date parallèle à la ligne est-ouest.

Dans le plan du méridien, il faut calculer la distance DE :

L'angle $\sphericalangle DFE = \delta$. Donc, $DE = g \cdot \tan \delta$ tout comme $AB = g \cdot \tan \delta$

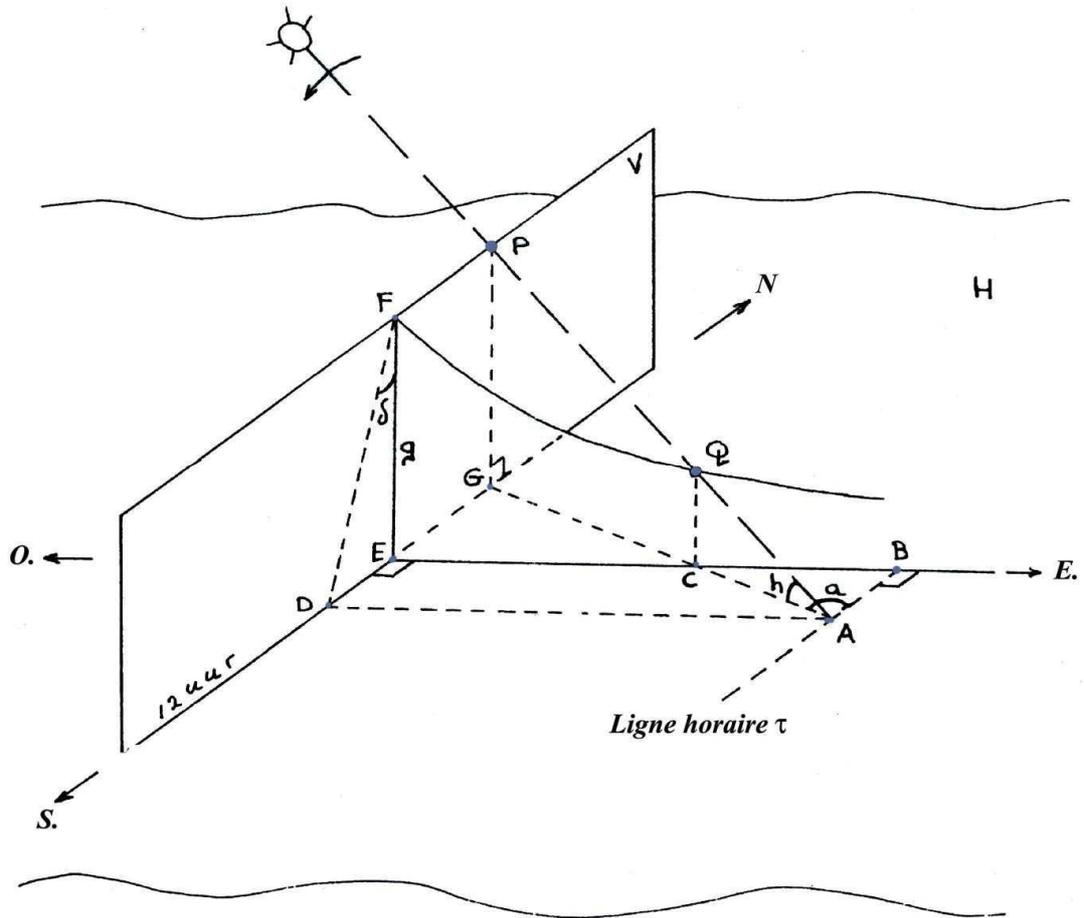


figure 2

Maintenant, le point de lecture *A* nous est connu. A partir de *DE* et de *BE*, nous calculons le nombre souhaité de lignes horaires et d'arcs-diurnes pour notre échelle¹.

Le rayon de soleil qui sur *A* doit aussi atteindre les deux "fils" de toute évidence aux points *P* et *Q*. Si nous calculons maintenant les coordonnées, nous pouvons courber le "fil". Pour cela, il faut calculer *EC* et *QC*. Le rayon du soleil se trouve dans le plan vertical *GAP*, l'angle *GAP* est la hauteur du soleil et l'angle *CAB* est son azimut.

$EC = EB - BC$	$EB = g \cdot \tan \tau$	$BC = AB \cdot \tan \alpha$	$AB = g \cdot \tan \delta$
$ \tan \alpha = \frac{\sin \tau}{\tan \delta}$	$BC = g \cdot \sin \tau$	$EC = g \cdot \tan \tau - g \cdot \sin \tau$	
$\frac{QC}{g} = \frac{AC}{AG} = \frac{BC}{EB} = \frac{g \cdot \sin \tau}{g \cdot \tan \tau} = \cos \tau$	$QC = g \cdot \cos \tau$		

Il apparaît que nous n'avons absolument pas besoin de connaître la hauteur du soleil ni son azimut. Enfin, nous calculons encore *GE* pour déterminer les mesures minimales du plan *V* dans la direction nord-sud².

$EG = \frac{AB \cdot EC}{BC}$. On calcule cela avec $\delta = 23,5^\circ$ et le plus grand τ souhaité³.

Dans les tableaux (voir annexe) les valeurs nécessaires sont à nouveau indiquées pour un cadran solaire avec $g = 40 \text{ mm}$, pour un τ maximum de $4 \times 15^\circ$. La figure 3 donne les mesures minimales. Il est bien recommandé de prendre les mesures un peu plus grandes pour les des deux "fils". Il faut aussi penser à l'épaisseur du matériau à utiliser.

¹ Ici la traduction est faite mot à mot. Par "échelle" il faut comprendre les dimensions que l'on souhaite donner au cadran bifilaire, et plus exactement au réseau formé par les lignes horaires et les arcs-diurnes. Le réseau de courbe n'est pas autre chose qu'un quadrillage Nord-Sud et Est-Ouest ; magnifique...!

² Ce sont bien entendu les dimensions que l'on souhaite donner au fil méridional et par là-même au cadran solaire bifilaire.

³ Il s'agit des heures extrêmes marquées par le cadran.

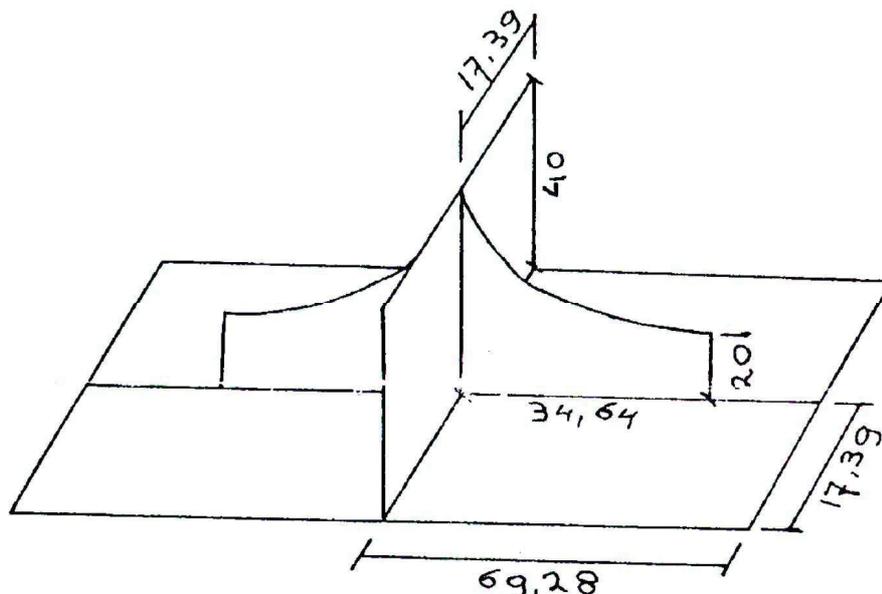


figure 3 (n'est pas à l'échelle)

Ce cadran solaire est également tout indiqué pour donner l'Est et l'Ouest en adaptant⁴ les lignes horaires.

Annexe

Tableau

$\tau * 15^\circ$	EC	QC	EG	ER	δ	AB
4	34,64	20,00	17,39	69,28	0	0
3,75	26,61	22,22		59,86	11,5	8,14
3,5	20,39	24,35		52,13	20	14,56
3,25	15,54	26,37		45,61	23,5	17,39
3	11,72	28,28		40,00		
2,75	8,71	30,07		35,08		
2,5	6,34	31,73		30,69		
2,25	4,50	33,26		26,73		
2	3,09	34,64		23,09		
1,75	2,03	35,87		19,73		
1,5	1,26	36,96		16,57		
1,25	0,72	37,88		13,58		
1	0,37	38,64		10,72		
0,75	0,15	39,23		7,96		
0,5	0,05	39,66		5,27		
0,25	0,01	39,91		2,62		
0	0	40,00		0		

Vue d'ensemble de ce qui a été publié sur les cadrans solaires bifilaires dans les bulletins Hollandais:

II 36, Hagen :	Introduction à la gnomonique bifilaire; le cadran solaire à fils croisés.
III 55, Th.J.de Vries :	Le cadran solaire bifilaire avec fils droits et courbes.
VI 205, Th.J.de Vries :	Un cadran solaire polaire avec échelle linéaire.
VIII 321, W.G.A. Bits :	Cadran solaire avec échelle linéaire.
IX 388, F.J.de Vries :	Cadran solaire polaire à arcs-diurnes parallèles.

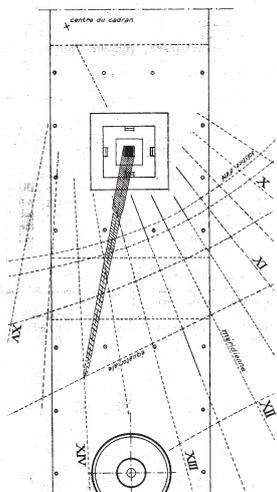
Et les numéros des références bibliographiques :

40-Michnik.	123-Lauri.	186-Freeman.
95-Hanke.	138-Sawyer.	

⁴ Traduction mot à mot. En connaissant l'heure et en la faisant marquer par les lignes horaires du cadran bifilaire on oriente ainsi le cadran : la ligne de base se place dans la direction est-ouest.

VOYAGE "ASTRONOMIQUE" EN EGYPTE (Andrée. Gotteland)

19 février au 27 février 2000



Le cadran solaire, que Camille Flammarion avait rêvé de réaliser place de la Concorde, a été concrétisé par Denis Savoie, président de la Commission des Cadres Solaires de la S.A.F. et Philippe de la Cottardière, ancien président de la S.A.F. (ci-contre schéma aérien paru dans "Cadres solaires de Paris"¹).

Ce cadran utilise, comme gnomon, l'obélisque égyptien que Méhémet Ali avait offert à la France, en 1831 et qui fut dressé le 25 octobre 1836. Cet obélisque avait été échangé contre trois horloges - était-ce une allusion à la mesure du temps ? Il marque le temps, comme ceux transportés par Auguste à Rome, actuellement place du Vatican et de Montecitorio ou celui de l'île de Guernesey, qui indique le jour de la Libération de l'île le 9 mai 1945.

A l'occasion de son installation, nous nous sommes intéressés à son frère jumeau, encore dressé dans le temple de Louxor et aux horloges et, de fil en aiguille, nous avons voulu savoir si les obélisques égyptiens ont pu marquer, eux aussi, le temps. Nous avons donc préparé un synopsis, présenté aux Editions du C.N.R.S., déjà éditeurs des "Cadres solaires de Paris" qui nous ont dit être intéressés et nous ont encouragé à travailler la question.

Nous avons voulu ensuite, vérifier sur place ce que nous avons étudié à Paris et en profiter pour essayer de mieux approcher "l'astronomie égyptienne". Nous avons ainsi décidé d'organiser un voyage "astronomique", à la carte. Ce ne fut pas facile, car nous voulions absolument voir le lever du Soleil à Abou-Simbel et le zodiaque de Dendera. Laurent Gobet, de la "Société Roman Macon Voyages", à Macon, y a réussi. Le voyage était organisé en Egypte par "S.T.I. - S.R.M.V. Voyages". Il fallait aussi essayer de trouver un guide, fêru en astronomie égyptienne, ce qui ne fut pas le cas, puisque notre guide, Georges, était fêru, oui, mais surtout des questions coptes.

Finalement les participants au voyage étaient cinq membres de la "Commission des Cadres solaires" : Pierre Bacchus, José Bosard, Robert Magendie, Jean Négrel, René Verseau, avec leurs épouses. Nous étions donc onze.

Notre voyage dura huit jours. Il a commencé au Caire et fini dans la région d'Assouan; entre temps, nous avons remonté le Nil en faisant escale aux Temples. Nous avons terminé en beauté par Karnak et Louxor et les vallées des Reine et des Rois.

*

Les sujets que nous voulions étudier en Egypte étaient nombreux :

- Le Soleil étant souvent présent en Egypte et les Temples ayant généralement un couloir allant de la porte d'entrée jusqu'au Sanctuaire, nous voulions vérifier que les rayons du Soleil, passant par cette porte, pouvaient atteindre, certains jours et heures, le mur du fond de ce Sanctuaire. Ils auraient pu ainsi indiquer le temps. Nous voulions voir aussi les orifices dans les plafonds des Temples qui permettaient l'illumination des statues à certaines dates.
- Nous voulions connaître des instruments astronomiques égyptiens, ceux du Musée égyptien du Caire, en particulier le fameux cadran d'Achaz et la clepsydre, ceux des Mosquées et les plus modernes.
- Nous avons recherché d'autres indicateurs du temps : les zodiaques, les calendriers, les sarcophages et les plafonds astronomiques.
- Enfin, les pyramides et les obélisques ont-ils eu un rôle astronomique en Egypte? Certains le croient, d'autres pas.

*

Notre voyage a commencé au Caire par le **temple de Memphis**, ville qui passait pour avoir été fondée par Ménes, de la 1ère Dynastie, 3185-3930 et qui se développa sous les dynasties memphites, devenant la capitale du roi Djéser de la 3^{ème} Dynastie, 2700-2630. Négligeant ce temple, les rois de la 4^{ème} Dynastie, 2630-2510 et de la 5^{ème} Dynastie, 2510-2350 établirent leur résidence à 18 km plus au Nord, où ils élevèrent leurs pyramides. Le vieux bourg, vénéré à cause de son Sanctuaire, revint en faveur à partir de Pépi 1er, de la 6^{ème} Dynastie, 2350-2195.

Puis nous avons fait connaissance avec l'ensemble funéraire d'**Horus Sékhem-Khet**, qui ne fut jamais achevé, probablement en raison de la courte durée du règne de ce roi. L'entrée débouche dans le pavement, devant le milieu de la face Nord. Le guide nous a expliqué que le mur du Sanctuaire était éclairé par un rayon de Soleil provenant de la porte d'entrée, au moment de midi.

¹ Andrée Gotteland, Georges Camus, Cadres solaires de Paris, Editions du CNRS, 1993-1997

Nous n'avons pu qu'admirer, de l'extérieur, la **Pyramide de Djéser à Sakkarh** qui ne se visite pas. Elle était le tombeau du roi Djéser de la 3^{ème} Dynastie, et de plusieurs membres de sa famille. Elle est l'oeuvre du premier architecte dont l'histoire nous ait livré le nom, le vizir, architecte et médecin, Himothep. Formée de six gradins, sa hauteur actuelle est de 58,80 m et devait être à l'origine de 60 m environ. Les dimensions de sa base sont d'environ 121 m x 109 m.

Par contre, nous avons pénétré, en courbant l'échine, dans la **Pyramide d'Ounas**, au Sud de la Pyramide à Degrés, celui-ci étant le dernier Pharaon de la 5^{ème} Dynastie, par un couloir très bas, oblique qui s'enfonce dans le roc et aboutit à une sorte de vestibule de 2 m sur 2 m. Un passage étroit et bas conduit dans la chambre du Sarcophage qui mesure 7,30 m sur 3,15 m. Tous les plafonds sont décorés d'étoiles à cinq branches. Les célèbres "Textes des Pyramides" apparaissent dès le couloir et se déploient sur les parois.

Puis nous admirons, peu à peu, les **Pyramides de Guiza : Chéops, Khéphren et Mykérinos**.

Ces trois grandes pyramides, placées par ordre de grandeur et en même temps d'époque, ont orientées du Nord-Est au Sud-Ouest, vers les points cardinaux, avec une grande précision. La première, la plus haute et la plus ancienne, **Chéops**, occupe le bord septentrional du plateau. La seconde, **Képhren**, s'élève au Sud en retrait de la première. Et, sur une même diagonale, la troisième, **Mykérinos**, au Sud et un peu moins en retrait de la précédente. La grande Pyramide ou **Pyramide de Chéops** semble être le plus grand édifice du monde en pierre. Sa hauteur actuelle est de 137 m, alors que, primitivement, elle était de 146 m. La largeur de ses côtés à la base sont de 230,38 m environ, alors qu'avant elle était de 232, 77 m. Par suite de la disparition complète de son revêtement, ses assises présentent l'apparence d'un gradin plus ou moins régulier, ce qui explique que l'ombre qu'elle projette sur le sol n'est pas rectiligne, mais cisailée.

Nous avons tenu à observer cette l'ombre sur le terrain qui est maintenant encombré de constructions.



Fig.1-Les Pyramides de Chéops, Chéphren et Mykérinos - photo Andrée Gotteland, le 20 février 2 000 - Pierre Bacchus, schéma, février 2 000

*

Au **Musée égyptien du Caire**, nous avons pu savoir que quatre cadrans solaires se trouvaient dans la Salle 34 qui rassemble des documents de toutes espèces relatifs aux Arts et Métiers, entre autres les outils et les instruments : le Cadran d'Achaz, deux horloges à ombre et un scaphé.

Le **Cadran d'Achaz** est bien connu puisqu'il est cité dans la Bible : *Isaïe lui répondit (à Ezéchias, fils et successeur d'Achaz). Voici le signe que le Seigneur vous donnera pour vous assurer qu'il accomplira la parole qu'il a dite en votre faveur. Voulez-vous que l'ombre (du Soleil) s'avance de dix marches ou qu'elle retourne en arrière de dix marches ?* Ezéchias lui dit : *"Il est aisé que l'ombre s'avance de dix marches, et ce n'est pas ce que je désire que le Seigneur fasse, mais qu'il la fasse retourner en arrière de dix marches"*. et : *"Le prophète Isaïe invoqua donc le Seigneur, et il fit que l'ombre retourna en arrière sur l'horloge d'Achaz par les dix marches par lesquelles elle était déjà descendue"*. On lit encore : *"Je ferai que l'ombre du Soleil, qui est descendu de dix marches sur le cadrans d'Achaz, retournera de dix marches en arrière. Et le Soleil remontera de dix marches, par lesquelles il était déjà descendu"*. Sirach déclare, en parlant d'Ezéchias : *"De son temps le Soleil marcha en arrière et prolongea la vie du roi"*.

Les Anciens croyaient à un miracle. Nos astronomes pensent qu'il s'agit d'un phénomène naturel, la rétrogradation de l'ombre².

² Le cadran d'Achaz - Bible, second livre des Rois, ch. XX, Vo 9-11 – Camille Flammarion, L'Astronomie, septembre 1885, P 321-329, article suivi de la théorie de la rétrogradation, p 329-340, par E. Guillemin – Remarques sur le même sujet dans la revue Astronomie, notamment en

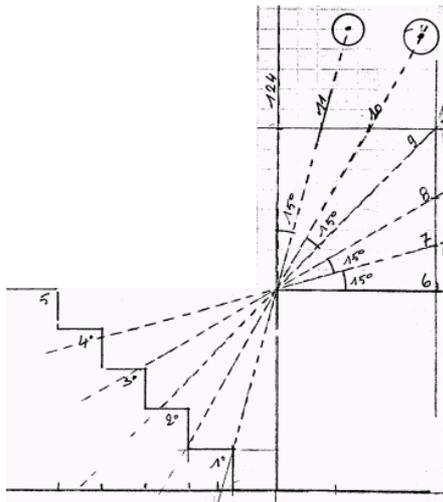


Fig.2-Le Cadran d'Achaz - croquis de José Bosard , février 2000



Fig.3- Le Cadran d'Achaz- maquette (photo Y. Poisson)



Les "**horloges à ombre**", appelées aussi "**horloges solaires**", sont des cadrans horizontaux ou en pente, surmontés d'un gnomon qui, par leur ombre, indiquent l'heure. Ils fonctionnent en observant la longueur de l'ombre.

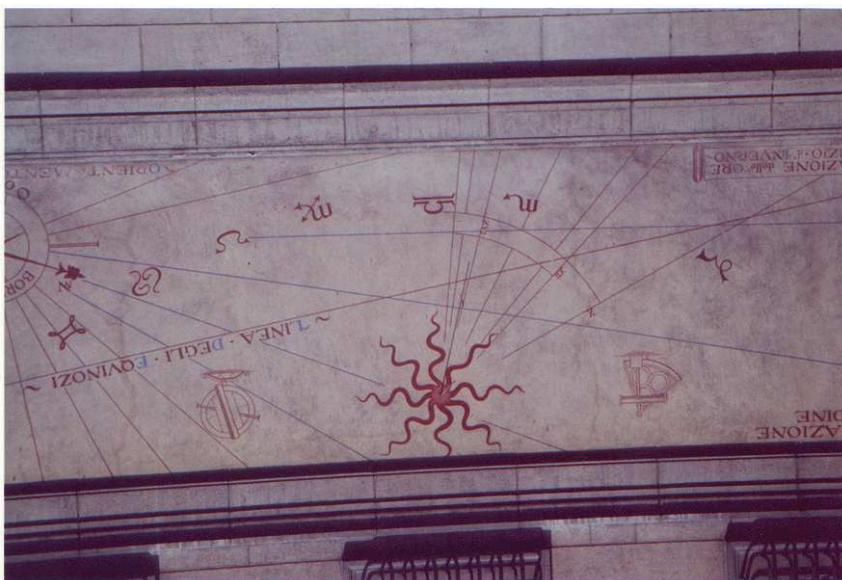
La plus connue était celle du Thoutmosis III au XV^{ème} siècle av. J.C. de 1 501 à 1 448. Elle était portable et le Pharaon la prenait quand il partait en voyage.

Elles sont nombreuses à avoir été dispersées dans les musées de Berlin, Londres Turin, Suez, Rome, Bruxelles,....

◀ Fig.4-Une horloge à ombre - photo, Andrée Gotteland d'une horloge à ombre du Musée du Louvre

Le quatrième cadran solaire est un "**scaphé**" semblable à celui qu'Aristarque de Samos avait inventé et qui se répandit un peu partout en Grèce et en Italie. Il en existe un qui lui ressemble au Conservatoire des Arts et Métiers, baptisé : le "Surmoule d'un fragment de cadran solaire phénicien".

Une **clepsydre** a également pu être admirée. Remplie d'eau, qui s'écoulait par un orifice à sa base, elle servait à indiquer le temps, la nuit. Sa copie est exposée au Musée du Temps de Briançon.



Sur le chemin qui nous conduisait, en car, aux mosquées, nous avons aperçu un **cadran solaire moderne** sur la façade de l'ambassade d'Italie. L'auteur avait voulu photographier ce cadran en 1985, et s'était fait arrêter et maintenir dans les bureaux de l'ambassade pendant plusieurs heures.

◀ Fig.5-Le cadran solaire sur la façade de l'ambassade d'Italie - Andrée Gotteland, photo partielle, datant de 1985

C'est dans la Mosquée de Mohamed Ali, que se trouvent les **trois horloges** offertes à ce dernier, en échange de l'obélisque de la place de la Concorde. Elles devraient donner le temps sur la tour. Mais, il semble qu'elles n'aient jamais fonctionné et, au moment de notre visite, elles étaient entourées d'échafaudages. Voir fig 6.



Fig. 6- La tour, entourée d'échafaudages, supportant les trois horloges offertes à Mohamed Ali, en échange de l'obélisque de la Concorde

L'astronomie arabe a connu un grand essor dès le IX^{ème} siècle. Il fallait connaître les heures des prières d'une journée, imposées par le Coran. Le jour du calendrier musulman débute au coucher du Soleil, mais la première prière est à midi. Elle se fait peu après le passage du Soleil au méridien et doit être achevée lorsque la longueur de l'ombre du gnomon vertical du cadran solaire vertical atteint celle de son ombre à midi, augmentée de sa propre longueur. La prière de l'après-midi finit avec le début du coucher du Soleil. Ces cadrans solaires se trouvent surtout sur les parois et colonnes des Mosquées.

Nous avons vu deux **cadrans arabes** : celui de la **Mosquée Mohamed el-Nasser Ibn Kalaoun**, gravé sur une colonne noire à gauche de la porte d'entrée et celui du mur extérieur de la **Citadelle**, que nous avons dessiné, regardé à la jumelle, photographié; c'est un cadran très intéressant, mais complexe. Nous aurions voulu voir celui dont René R. J. Rohr parle, et qui a été trouvé en 1798 au pied d'une façade de la Mosquée Ibn Touloun disparue à ce jour³. Voir fig 7



Fig.7-Le cadran solaire sur le mur extérieur de la Citadelle - photos Jean Négrel, du 21 février 2000

Notre périple nous a conduit ensuite dans la **région d'Assouan**.

Dans l'île de Philae, située en amont du premier barrage d'Assouan, le **Temple de Philae** a été rebâti par Ptolémée Philadelphe, au centre même de l'île, sur l'emplacement de l'antique chapelle d'Isis, "la grande, mère du dieu, maîtresse du ciel". L'entrée de la chapelle était tournée vers le Sud, pour que l'image de la déesse puisse regarder, du fond de son Sanctuaire, la direction du Nil.

En avant du pylône de la chapelle d'Isis, s'élevaient deux petits obélisques du règne d'Evergète. Sur un mur, le Soleil se projette à midi. Ce temple a été déplacé par l'UNESCO.

³ René R.J.Rohr, Les Cadrans Solaires, Histoire, Théorie, Editions Oberlin Strasbourg, P. 170, 1986

Puis, nous nous sommes installés, pour la nuit, à **Abou-Simbel**, afin de bien connaître ce temple et d'assister au lever du Soleil et à l'illumination des statues du temple. Celui-ci a été déplacé, au moment de la construction du barrage d'Assouan, entre 1898 et 1902. Mais son orientation a été respectée, à quelques degrés près.

Ce temple est orienté de sorte que le Soleil levant, passant par la porte étroite et le couloir du temple, éclaire les statues au fond du Sanctuaire. Le phénomène se produit deux fois dans l'année, les **21 octobre** et **19 février**, et pendant une quinzaine de jours entourant ces deux dates. Le 21 octobre correspondrait à l'anniversaire du couronnement de Ramsès, le 19 février à l'anniversaire de sa naissance.

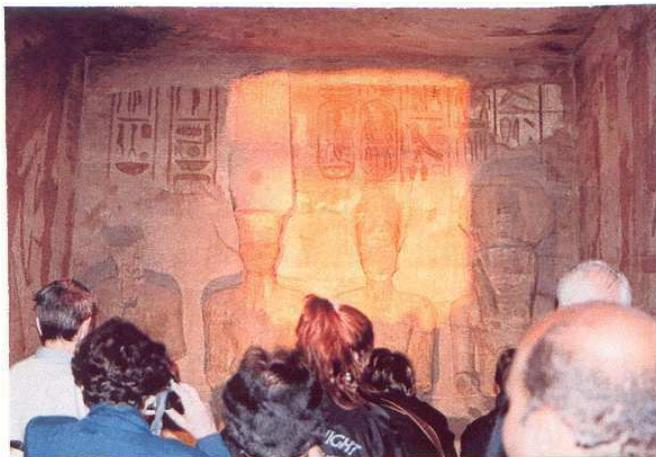


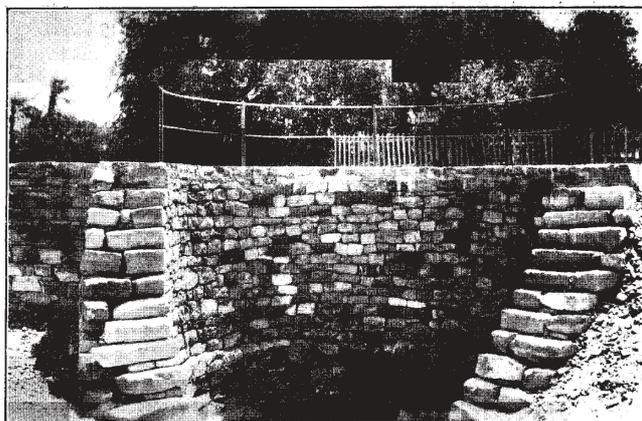
Fig.8-Le Temple d'Abou Simbel - Les rayons solaires illuminant les statues du Sanctuaire du temple d'Abou-Simbel - photos Jean Négrel, 23 février 2000

Le spectacle fut splendide. Nous étions nombreux à attendre le moment où le Soleil sort de l'eau de l'autre côté du lac et forme peu à peu une boule. Au même moment, ses rayons ont traversé le temple, en passant par le grand couloir, et éclairé trois dieux sur quatre, Ptah restant dans l'ombre. Puis la zone éclairée a diminué et a fini par ne plus représenter qu'une tache aux pieds du dieu. Peu de temps après, la pénombre est revenue.

A l'extérieur du temple, l'étroite chapelle de Rê-Harakhti, ornée de quatre statues, aurait été un "observatoire astronomique" et pourrait avoir servi aux cérémonies de la Fête de Seth. Elle contenait deux obélisques et d'autres objets du culte relatives au roi-Soleil

Au fond du Sanctuaire, derrière un autel, sur un banc, donc à 63 m de l'entrée, quatre statues sont taillées à même le rocher. **Ramsès II**, le pharaon divinisé, est entouré de trois divinités, les "patrons" des trois principales villes d'Egypte. D'un côté, **Harmakhis**, "Le Soleil qui paraît à l'horizon", dieu solaire, est associé aux portes de l'au-delà par lequel l'astre du jour sortait et disparaissait. De l'autre, **Amon-Rê**, dieu suprême, accapare les prérogatives du démiurge solaire d'Héliopolis. A l'extrémité, se trouve **Ptah**, le dieu "créateur du monde, des astres et des miroirs", mais aussi de la "couleur du mal", du "séjour des morts".

Le lendemain matin, certains d'entre nous ont pu assister au lever du Soleil qui avait lieu, ce jour-là à 6 h 20.



Au cours de la promenade en "felouque" sur le Nil autour des Iles Eléphantines, nous avons repéré l'emplacement du **Puits** dont **Erastosthène**, en 250 av. J.C., s'est servi pour calculer la surface de la Terre, en mesurant la distance entre le Soleil au fond du puits et au gnomon éclairé à Alexandrie. Nous verrons, dans le temple de Kom Ombo, un puits circulaire, avec escalier tournant, en très bon état, qui nous a fait penser au nylomètre d'Erastosthène.

◀ **Fig.9**- Photo issue de "L'égypte céleste" SAF, L'Astronomie, p1, février 1831

Après une promenade en calèche, nous avons visité le **Temple de Kom Ombo**, construit à l'époque **ptolémaïque**, 304-30, av. J.C., orienté vers le Sud-Ouest, face au fleuve, qui fait, en cet endroit, un léger coude. Le plafond de la 1ère salle "hypostyle" est orné de scènes astronomiques. Un calendrier est gravé sur un mur.

Puis, ce fut le **temple ptolémaïque d'Edfou**, celui d'Horus, "le dieu Soleil", puissant et belliqueux, orienté au Sud. S'y déroulaient la cérémonie du jour de l'An, la fête de la "Bonne Rencontre" et l'Union au Disque avec Horus le Faucon, et Hathor son épouse/mère. A l'entrée du Sanctuaire, des représentations astronomiques consistant en longues files de divinités sidérales sont réparties dans le cadre des heures et des divisions du mois. La partie supérieure de l'entre-colonnement forme de larges baies qui laissent passer les rayons du Soleil illuminant le fond du Sanctuaire et les statues des dieux. Les parois du Grand Couloir et le mur extérieur sont couverts d'inscriptions et de tableaux. Il y a, en particulier, le détail du culte d'Horus, le service régulier, solennel, matin, midi, soir, décade,

Lune, mois, ainsi que le service des rites spéciaux des grandes fêtes. Le **calendrier d'Horus** est gravé à la porte Nord-Ouest de la cour.

Après une descente du Nil de trois jours, nous arrivons dans la **région de Louxor**.



Avant de nous trouver dans la Vallée des Reines, nous avons admiré les **colosses de Memnon**. Un tremblement de terre, en 27, détruisit le temple du Sphinx. Un des colosses se fissura et s'effondra en partie. Depuis cette époque se produisit un curieux phénomène physique : la pierre fissurée, chauffée par le Soleil du matin, vibra et faisait entendre "le chant de Memnon". Marguerite Yourcenar l'a baptisé "cadran solaire", puisqu'il indiquait le lever du soleil. Ainsi le corps de Memnon ressuscitait-il chaque matin lorsque sa mère l'Aurore apparaissait. Ce phénomène dura jusqu'au jour où l'empereur Septime Sévère en 146-211 ap. J.C., décida de restaurer les fissures. Dès lors, Memnon resta muet.

◀ **Fig.10-** Les colosses de Memnon annonçaient le lever du Soleil - photo Andrée Gotteland, février 2000

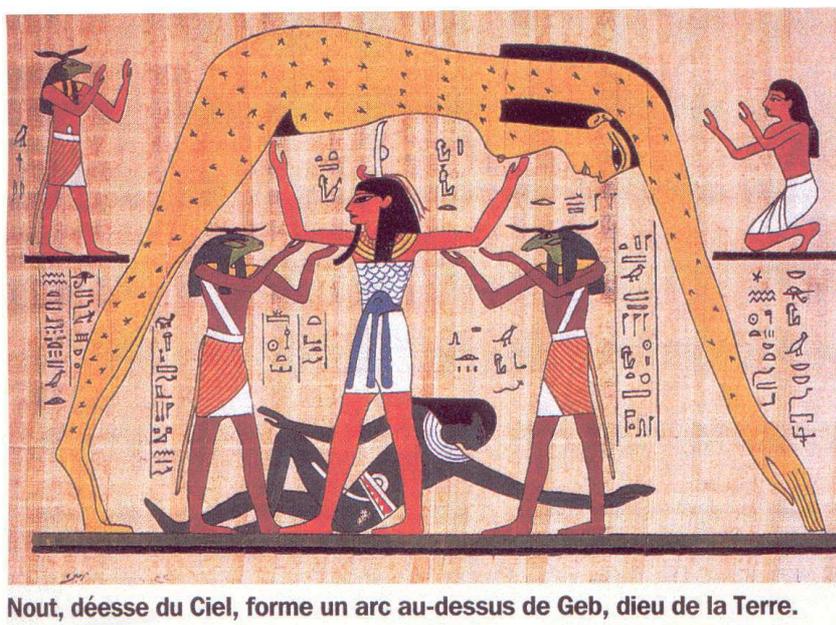
Dans les vallées des Reines et des Rois, on peut admirer de nombreux plafonds astronomiques

Dans la **Vallée des Reines**, la **tombe de Nefertari**, femme de Ramsès II, évoque le parcours rituel de l'âme de la défunte, qui "sort du jour qui se lève à l'horizon oriental du ciel". Des plafonds astronomiques se trouvent à la porte d'entrée de la tombe elle-même, sur les cotés Nord et Ouest de l'Anti-Chambre de couleur bleue et dans la Salle du Sarcophage, dite également "Salle d'or". Ils sont constellés d'étoiles jaunes évoquant la voûte céleste.

La **Vallée des Rois** abrite **58 Temples funéraires** de Rois. Nous avons vu deux tombes aux plafonds astronomiques : celles de Séthi 1er et de Ramsès VI.

Celle de **Séthi 1er** est la plus grande et la plus remarquable des grandes tombes royales de Thèbes. Le plafond astronomique de la "Chambre funéraire" représente la voûte céleste et les principales constellations. La partie Sud-Est, la 5^{ème} heure du "Livre des Portes" évoque le voyage de la "Barque Solaire" à travers les 12 heures de la nuit. Des textes et illustrations relatives à la 2^{ème} heure de ce livre décorent le mur Sud. A l'intérieur d'un sarcophage d'albâtre vide, long d'un peu moins de 3 m, sont gravés des extraits de ce même livre. Sur les murs de la "Salle des Dessins" sont représentées la 9^{ème}, la 10^{ème} et la 11^{ème} heure du "Livre de l'Amdouat".

Celle de **Ramsès VI** constitue une sorte de théologie, où les éléments fondamentaux, sont le Soleil et son voyage quotidien dans le monde des ténèbres. Le second vestibule, précédant la chambre funéraire, contient le sarcophage brisé, dont les représentations des parois sont tirées du "Livre de la Terre", alors que le "Livre du Jour" et le "Livre de la Nuit", sont illustrés, sur le plafond astronomique, par une double image de Nout, "dame du ciel et des étoiles, mère du Soleil", sous forme de déesse du ciel diurne et nocturne.



Nout, déesse du Ciel, forme un arc au-dessus de Geb, dieu de la Terre.

Fig.11- Nout

La "Chambre funéraire" est riche, aussi, en représentations astronomiques. Sur le mur Est, le Dieu solaire, Râ, durant sa navigation céleste est accompagné de la représentation d'Osiris et des divinités incarnant les heures.

Dans le "Puits Rituel", une divinité, appelée "Celui qui occulte les heures", au phallus dressé, symbole de fertilité, est relié par des lignes pointillées aux douze déesses personnifiant les heures, avec lesquelles elle recrée en permanence le Soleil. Son plafond astronomique est orné de scènes illustrant le "Livre du Jour" et le "Livre de la Nuit", où une double représentation de la déesse Nout domine l'axe principal de la salle, cette déesse étant représentée en train d'engloutir le Soleil le soir et de le régénérer le matin.

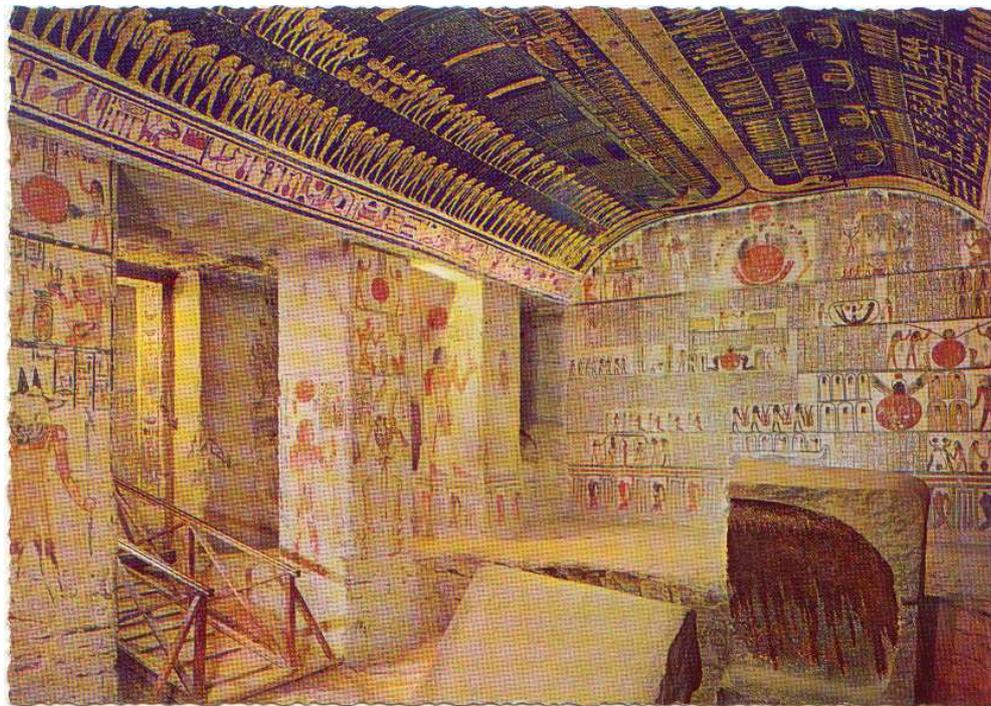


Fig.12- Le plafond astronomique de la tombe de Ramsès VI - carte postale

Nous abordons ensuite la **région de Thèbes** qui fut la capitale de l'empire égyptien pendant la période où il eut le plus d'éclat, éclat qui dura environ six siècles. Ces Pharaons ont fait ériger deux temples : ceux de Karnak et celui de Louxor.

Les Temples de Karnak comprennent :

- le grand **Temple d'Amon**, où, dans la Cour d'Aménophis III, étaient dressés 4 obélisques. Celui du **Nord-Est** est brisé; il a été usurpé par Thoutmôsis III, 1536-1447 . Celui du **Sud-Est** est encore debout; ses faces sont couvertes d'inscriptions de Thoutmôsis I, 1536-1447. Les troisième et quatrième, à l'**Est**, étaient de Thoutmôsis III. Devant le quatrième pylône, la reine Hatchepsout, 1536-1447, avait fait ériger à l'occasion de son jubilé deux obélisques de granit rose. Celui du **Nord** reste en place.

- le **Temple de Ptah**, avec son entrée tournée vers l'Ouest, a son Sanctuaire divisé en 3 chapelles qui ont gardé leurs plafonds. Celle du centre était le Saint des Saints et garde encore la grande statue de Ptah, le dieu créateur du monde, assis. Elle est, malheureusement, mutilée. Cette statue, placée directement sous l'étroite lucarne, percée dans le plafond, s'y éclaire, magiquement, la porte fermée. L'effet est encore plus saisissant dans la chapelle de droite qui renferme une statue de Sekhmet, la déesse-lionne, l'œil de Rê, debout, en granit noir, rétablie dans son Sanctuaire et à sa place ancienne. Elle était éclairée, le jour de la Fête du Jour de l'An, par le rayon de Soleil passant par un orifice du plafond.

Les deux temples de **Karnak** et de **Louxor** sont reliés par un long "dromos", ou allée, bordé de Sphinx criocéphales.

Le **Temple de Louxor**, est l'œuvre des Rois thébains, Aménophis III, 18^{ème} Dynastie, 1411-1375, et de Ramsès II, 19^{ème} Dynastie, 1292-1225. C'était la chapelle du Nouvel An du temple de Karnak et ne servait que pour la procession du dieu Amon, le dieu principal de l'Egypte après l'accession des princes de Thèbes à la dignité royale. On entre dans ce temple par une porte en grès, donnant sur une avant-cour en brique crue et le long "dromos".

Puis vient la **cour de Ramsès II**, un parallélogramme obliquant de l'Est vers l'Ouest, de 50 m sur 57 m. Les deux **obélisques de Ramsès II**, 1292-1225, ont été placés devant le pylône orienté vers l'Est; qui présente un front de 65 m de largeur. D'une hauteur inégale, ils étaient placés à des distances différentes, l'obélisque parisien étant plus haut que son frère, resté sur place. Le premier était à droite, au Levant, tandis que le deuxième, que nous avons vu, était à gauche, au Couchant. D'après les données de l'ingénieur Lebas, ils mesuraient, respectivement 22,83 m et

25,03 m de hauteur et 2,44 m et 2,51 m de hauteur à la base. Ils étaient donc orientés vers les quatre points cardinaux, vers la gauche sur les faces Est et Nord, vers la droite sur les faces Sud et Ouest, vers le Nil.

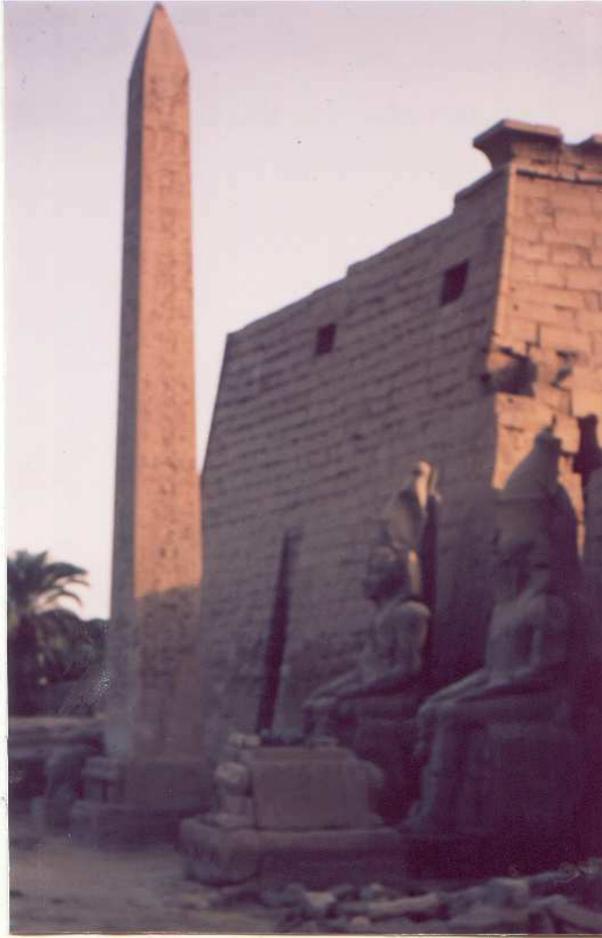


Fig.13-Le frère de l'obélisque de la Concorde dans le temple de Louxor dépasse le pylône et est éclairé en partie -photo Elisabeth Négrel en novembre 1984

Les pyramidions, revêtus primitivement d'un capuchon métallique, étaient gravés d'un petit tableau représentant Ramsès II. Au-dessous, sur chacune des faces, trois bandes de hiéroglyphes, rehaussés de rouge, font les louanges du Pharaon, relatives à ses constructions, la durée de son règne et ses victoires. Les deux monolithes reposaient sur des socles dont les faces Nord et Sud étaient ornées de 4 cynocéphales adorant le Soleil.

En Egypte, les obélisques sont généralement placés, deux par deux, devant les pylônes des Temples, empêchant ainsi aux rayons du Soleil de participer à la mesure du temps. Comme tous les obélisques, ils sont composés de trois parties : le pyramidion, l'obélisque proprement dit et le socle.

Les obélisques auraient-ils pu être utilisés pour donner le temps? Aucun document ne corrobore cette hypothèse, ni dans les papyrus, ni sur les murs des Temples, mais peut-être est-ce parce qu'il semble que les astronomes égyptiens ne dévoilaient pas facilement leurs observations.

L'auteur a collectionné plusieurs gravures, images, photos, montrant des obélisques devant les pylônes des Temples. Il a constaté que, généralement, les obélisques dépassent les pylônes. Les prêtres-astronomes auraient-ils pu, de leurs terrasses, observer les rayons du Soleil illuminant les quatre faces, en forme de Pyramide, des pyramidions, surtout aux moments de midi, des équinoxes, des solstices et des éclipses, moments qui intéressaient particulièrement les Egyptiens?

Arrivés au Temple vers 17 h, le Soleil allant se coucher, nous avons quand même pu constater que l'obélisque était illuminé dans la partie supérieure et dépassait le pylône.

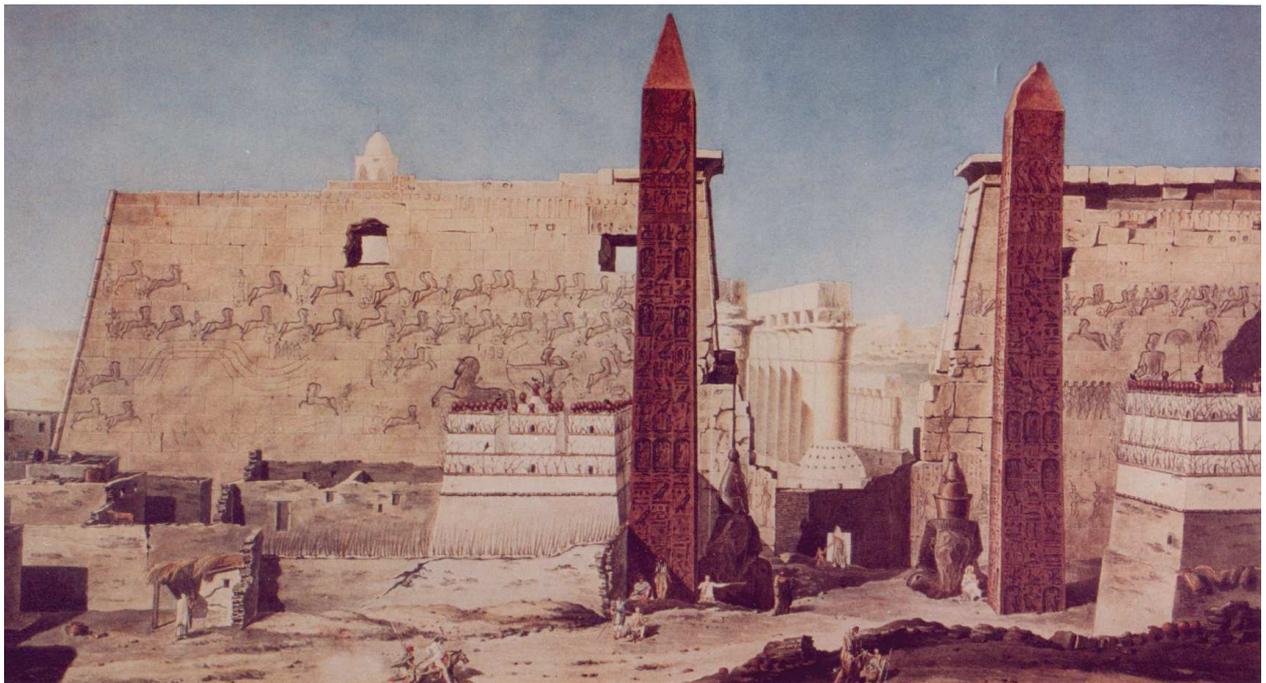


Fig.14- Reconstitution des 2 obélisques devant les pylônes et les dépassant, exposée dans la Librairie du Grand Palais, 1999

Nous terminons notre périple astronomique par le fameux zodiaque du **Temple de Dendera** (voir fig 15) , curieux de l'admirer, mais il est bien noir. L'original est actuellement à la Bibliothèque Royale en Egypte et son moulage est au département des Antiquités égyptiennes au Musée du Louvre, dans la crypte d'Osiris. Il rappelle l'importance prise par ce dieu dans les croyances funéraires. Les plafonds représentent le "ciel" et sont jalonnés de disques solaires, pourvus de larges ailes, qui alternent avec de grands oiseaux en vol, et dont la progression suit précisément la pénétration de la lumière dans le temple.

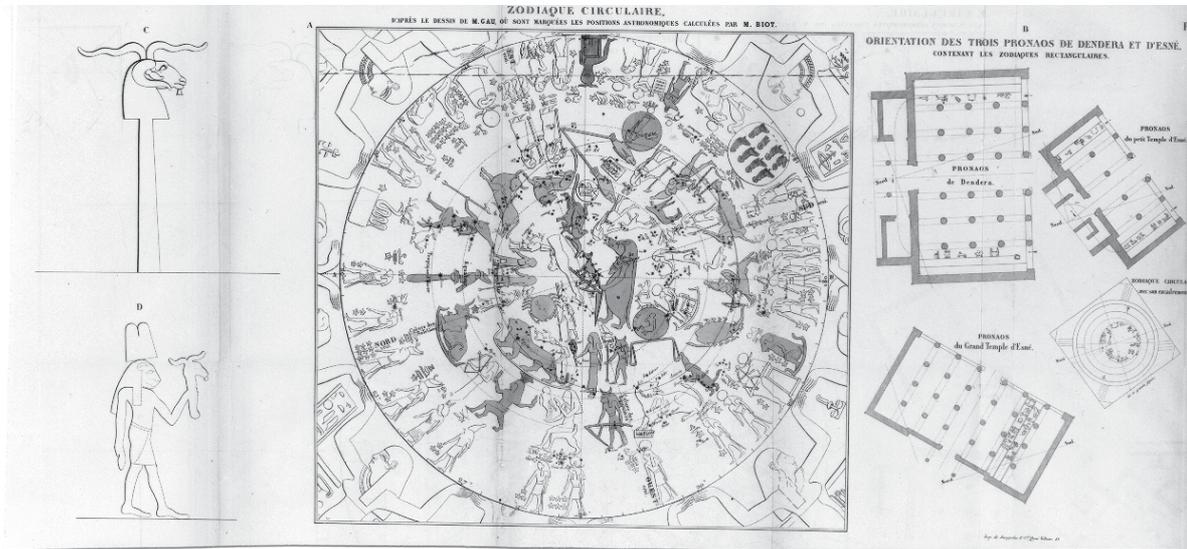


Fig.15- Zodiaque circulaire du temple de Dendera

*

La S.A.F., et particulièrement Elisabeth Sablé, ont largement contribué à faire connaître ce projet de voyage, en le signalant dans les divers documents, envoyés à tous ses membres.

Nous lançons un appel à tous ceux qui veulent débattre avec nous de l'astronomie égyptienne.

Bibliographie succincte

- Otto Neugebauer, Les sciences exactes dans l'Antiquité, Essai traduit de l'américain par Pierre Souffrin, Actes Sud, Chapitre IV, Les mathématiques et l'astronomie égyptiennes, p. 101-129, 1990
- Christiane Desroches Noblecourt, Ramsès II, La véritable histoire, Le Ramasséum, La salle astronomique, Le calendrier, 1996
- S. Cauville, Le zodiaque d'Osiris, Peeters, Le lieu des mystères : présentation : présentation des chapelles, p. 64, 1997
- Alberto Siliotti, La Vallée des Rois, Guide des meilleurs sites, A. A. Gaddis and Sons, Publishers, 1997
- Carlo Gallo, L'astronomia Egizia, Dalle scoperte archeologiche alla misurazione del tempo? 1997
- Karine Gadré, La signification astronomique des Pyramides d'Egypte, L'ordre céleste recréé, La maison de Vie, 1998
- Site Internet de Karine Gadré : Culture Diff : <http://www.culturediff.orgou> E-contact : culturediff@wanadoo.fr<<mailto:culturediff@wanadoo.fr>>
- Emile Brémont, Rythmes du temps, Astronomie et calendriers, Préface de Claude Pecker, De Boeck, date ?

MESURE de la DECLINAISON PAR UN CS HORIZONTAL (G. LABROSSE)

Soit à relever la déclinaison d'un mur à l'aide d'un cadran horizontal tracé pour donner l'heure légale. La première étape consiste à construire ce cadran en utilisant un logiciel de traçage spécialisé.

CONSTRUCTION DU CADRAN

Utilisons par exemple le logiciel Shadows et suivons le déroulement des opérations successives nécessaires pour mener à bien le résultat souhaité.

Nous sommes dans la ville d'**Ambérieu en buges** le 15 mai 2002. Les paramètres à utiliser sont :

Latitude : 46° Nord	Equation du temps : -3m 42s à 0H.
Longitude : 5° 20'45''	Déclinaison : +18°46'20'' à 0H.

La mesure du mur étant prévue pour 17h, il est nécessaire d'ajuster la valeur de la déclinaison qui devient alors +18°56'20''. Pour cela il a fallu calculer l'écart de la déclinaison avec le lendemain 0h et pratiquer une simple règle de trois. L'écart concernant l'équation du temps inférieur à une seconde ne sera pas modifié. Le choix du type de cadran est bien sur **horizontal**.

J'ajoute une ligne dans le répertoire **en modifiant la longitude réelle** selon cette procédure : Je mémorise le lieu choisi en l'appelant différemment.(même Latitude, longitude modifiée)

Tout d'abord, je convertie l'équation du temps exprimée en minutes et secondes en ° ' ''.

La façon la plus simple pour cela est de diviser par quatre -3m42s, soit $(-3m42s/4) = -0°55'30''$

L'information demandée par ce logiciel est la valeur de la longitude suivi du choix Est ou Ouest. Le signe – ou + n'est pas demandé.

Pour le cas présent la correction s'effectue de la manière suivante : Valeur de la longitude réelle **moins** la valeur de l'équation du temps en respectant son signe.

Le choix du signe positif ou négatif situé devant la parenthèse de la valeur de l'équation du temps dépend de la position Est ou Ouest de la Longitude de la ville à considérer: $5°20'45'' - (-0°55'30'') = 6°16'$. Ce résultat étant de signe positif, je conserve le choix Est, et j'inscris la longitude 6°16'. La Longitude affichée ne correspond donc plus à la longitude réelle du lieu".

Attention: Le signe du résultat de la longitude corrigée sera déterminant pour savoir si l'on conserve l'option Est ou Ouest réelle du lieu ou bien si l'on renseigne l'inverse.

TABLEAU RECAPITULATIF

Longitude d'origine λ	EST		OUEST	
Formule	Longitude – (+ ou – l'équation du temps convertie en ° ' ''		Longitude – (+ ou – l'équation du temps convertie en ° ' ''	
Signe du résultat	+	-	+	-
Option de la λ à appliquer	EST	OUEST	OUEST	EST

L'affichage de l'option de la λ peut donc être différent de celle du lieu d'origine.

Il nous reste encore à recalculer l'heure par rapport au fuseau horaire local pour tenir compte de l'ajout d'une ou de deux heures légales.(UT +1 ou+2)

Lancer le calcul:

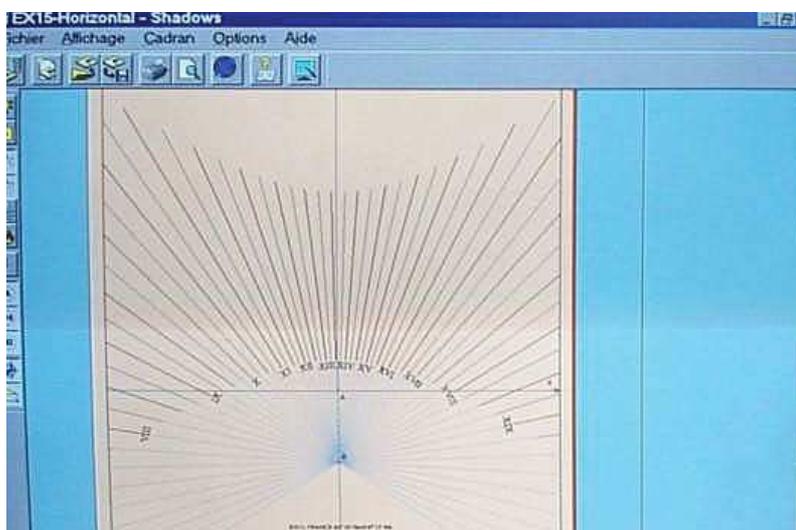
Celui ci étant terminé , **renseigner dans dimensions**

- Les cotes de la taille du cadran (par exemple 200 par 250mm)
- La hauteur du style (par exemple 70mm)

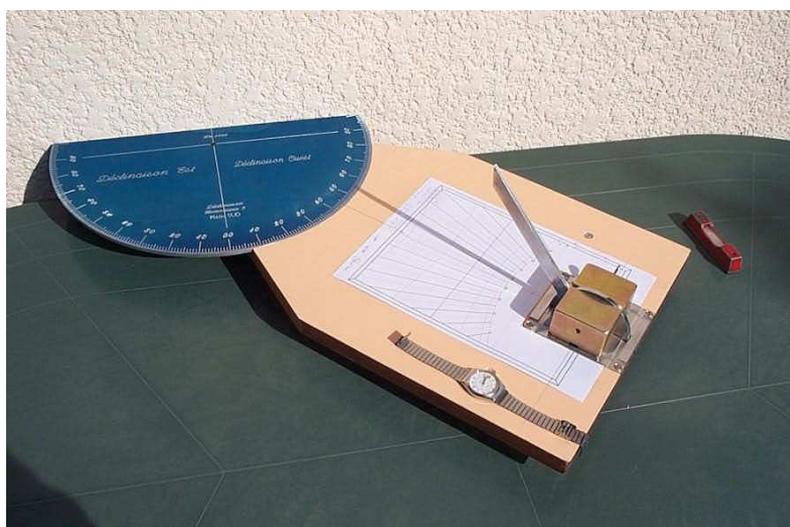
Choisir ensuite les options suivantes :

- Découper le cadran en heures, demis heure et quarts d'heure.(choisir des couleurs différentes)
- Prolonger les lignes horaires jusqu'au point B (point de convergence).
- Marquer l'emplacement du style.
- Tracer les lignes Y et X. (pour faciliter l'installation du tracé sur l'appareil).

VUE de L'ECRAN



Le tracé obtenu sera découpé selon ses contours. Son positionnement sur la table qui supporte le support est facilité par la gravure des deux lignes perpendiculaires (X et Y) prise dans les options. Ci-dessous l'installation complète de l'ensemble au moment de la mesure de la déclinaison du mur.



METHODE DE TRAVAIL ET FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL

L'appareil devant pivoter, nous aurons soin de le poser préalablement sur une surface bien horizontale. Le réglage de l'inclinaison du style se fait en alignant la ligne repère 0 sur la valeur de l'angle de la latitude du lieu (rapporteur d'angle gravé en degrés). Pour une plus grande précision appuyer le style sur un gabarit calculé par le moyen de la trigonométrie.



L'heure lue sur le cadran étant la même que celle de la montre au jour de la mesure, il suffit donc de plaquer le grand rapporteur d'angle sur une partie du mur représentative de la géométrie de la surface où sera installé le cadran, puis, de faire pivoter la table seule du cadran. La mesure de la déclinaison du mur sera lue lorsque l'heure de la montre et celle du cadran seront identiques.



Nous remarquons que la largeur du style (utile pour des raisons de rigidité) comporte deux génératrices. Le choix de l'une ou l'autre d'entre elles se fait donc en déplaçant le style et son support, d'une valeur égale à sa largeur. IL y a donc deux positions possibles.(anté-méridien ou post-méridien) repérées sur les bords latéraux de la platine servant de butées.

Calcul de l'instant à partir duquel est déterminé le choix de la génératrice portant l'ombre sur le cadran.

Il est donc nécessaire de connaître l'écart entre le temps solaire vrai local et le temps légal.

Procédé : I ou 2h (heure d'été ou d'hiver) + (\pm l'équation du temps exprimée en h, m, s) + (\pm l'angle de la longitude exprimé en °, ', '' divisé par 15/).

Exemple : $2+(-0h\ 3m42s) + (-5^{\circ}20'45''/15) = 1H34mn\ 55s$

Conséquence : Jusqu'à 13H34mn, (heure légale), à AMBERIEU LE 15 mai 2002, l'ensemble porte style sera en butée sur la face ante méridien de la platine, ensuite , il sera poussé en butée sur l'appui opposé.

LIMITES DE FONCTIONNEMENT L'APPAREIL avec l'utilisation du grand rapporteur d'angle bleu.

Le demi-disque gradué en contact direct avec le mur permet une mesure de la déclinaison sur celui-ci de 62° Est ou Ouest.

Au delà de ces valeurs, le principe de fonctionnement reste valable; mais il sera nécessaire d'utiliser une fausse équerre dont une face sera en appui contre le mur et l'autre, en appui sur l'un des cotés de la table portant le cadran. Il ne restera plus qu'à interpréter correctement cet angle en tenant compte de l'angle du coté utilisé par rapport à la méridienne locale.

Sans l'aide d'un logiciel spécialisé, il est bien sûr possible de réaliser ce même cadran. Il suffit de connaître le décalage entre l'heure légale et l'heure vrai solaire locale, de le convertir en degrés.($1h34m55s * 15 = 23^{\circ}, 729$). Cette valeur sera prise en compte pour déterminer **H** en association avec les 15° correspondant à une heure.

Formule indiquant les angles horaires de traçage d'un cadran horizontal:

$$A = \tan^{-1}(\tan H * \sin \theta)$$

Le tracé obtenu sera identique à celui effectué avec l'aide de Shadows ou Cadsol.

Exemple : Ville d'Ambérieu en Bugey.

Pour tracer la ligne horaire de 14H en utilisant l'écart calculé de 1H34mn, j'effectue les opérations suivante :

$$H = 30^{\circ} + (-1h\ 34m\ 55s * 15 \text{ soit } 23^{\circ}43' 45'') = 6^{\circ} 16' 15''.$$

$$A = \tan^{-1}(\tan 6^{\circ}16'15'' * \sin 46^{\circ}) = 4^{\circ} 31' 8''$$

La solution la plus rapide est d'utiliser la formule (1) du calcul de H, le résultat de H sera appliqué dans l'équation ci-dessus. Formule du calcul de l'angle horaire H (utilisé dans l'équation suivante) à partir de l'heure légale.

$$H = ((M-12)*15) - (+ou- E*15) - (\pm \lambda) - C \quad \text{Formule (1)}$$

M= heure lue à la montre. (Si 11h, $M-12 = 11-12 = -1$, pour 14H on a $14-12 = 2$)

E= équation du temps exprimée en h,m et s (sur la calculatrice touche °, 'et'')

λ =longitude exprimée en °, 'et'' avec son signe (- pour Est et + pour ouest)

C=15° ou 30° selon l'ajout d'une ou deux heures légales

Vérification d'un point du cadran marquant l'heure légale au moment de la mesure.

Utilisons tout d'abord la formule de **H** exposée ci-dessus. Nous aurons donc besoin d'un calcul de H correspondant à une heure et un lieu déterminés à l'avance pour préparer le tracé indispensable pour la mesure de la déclinaison du mur de l'installation du cadran.

Ce résultat est l'un des paramètres nécessaires à renseigner dans l'équation suivante.

Calculs de X et Y tout cadran. Formules tirées du livre de Denis SAVOIE (la gnomonique moderne)

- $P = \sin \varnothing \cdot \cos Z - \cos \varnothing \cdot \sin Z \cdot \cos D$
- $Q = \sin D \cdot \sin Z \cdot \sin H + \cos H (\cos \varnothing \cdot \cos Z + \sin \varnothing \cdot \sin Z \cdot \cos D) + P \tan \delta$
- $R = \cos D \cdot \sin H - \sin D (\sin \varnothing \cdot \cos H - \cos \varnothing \cdot \tan \delta)$
- $S = \cos Z \cdot \sin D \cdot \sin H - \cos H (\cos \varnothing \cdot \sin Z - \sin \varnothing \cdot \cos Z \cdot \cos D) - \tan \delta (\sin \varnothing \cdot \sin Z + \cos \varnothing \cdot \cos Z \cdot \cos D)$

$$X = A \cdot (R/Q) \quad Y = A \cdot (S/Q)$$

avec

- \varnothing = Latitude (+ pour latitude Nord)
- Z = Inclinaison (dans ce cas $Z = 0^\circ$ puisque horizontal)
- D = déclinaison du mur (cette valeur est donc 0 pour le cadran horizontal)
- H = Angle horaire (vu précédemment)
- δ = déclinaison du Soleil avec son signe \pm et exprimée en $^\circ ' ''$ (éphémérides ou table de valeurs moyennes sur 4 ans)
- A = hauteur du style droit

TABLEAU DE DONNEES NUMERIQUES IMAGEANT LES SITUATIONS POSSIBLES.

Lieu de la mesure	AMBERIEU	EVREUX	FLERS	FLERS
Dates des mesures	15 mai	21 mars	23 sept	21 mars
\varnothing	46°	49° 01'	48° 45'	48° 45'
λ	5° 20' 45'' E	1° 09' E	0° 34' O	0° 34' O
δ	+ 18° 56' 20''	0°	0°	0°
Equation du temps	- 3m 42s - 0° 55' 30''	7m 14s 1° 48' 30''	- 6m 55s - 1° 43' 45''	7m 14s 1° 48' 30''
Résultat après correction de la λ	6° 16'	- 0° 39'	- 2° 17' 45''	2° 22' 30''
Option Est ou Ouest selon calculs	EST	OUEST	EST	OUEST
Correction UT	+ 2	+ 1	+ 2	+ 1
Calcul de H par calculatrice	Pour 17h H = 51°,2708	Pour 14h 14° 20' 30''	Pour 14h 2°,2958	Pour 14h 12°,625
Cote X Par calculatrice	La mesure sur le tracé confirme X et Y calculés selon les formules	X = 27,288	X = 4,256	X = 23,77
Cote Y		Y = 80,573	Y = 79,819	Y = 79,819
Cote X Par Logiciel Shadows		X = 27,30	X = 4,30	X = 23,80
Cote Y		Y = 80,60	Y = 79,80	Y = 79,80

UN OBJET IRANIEN INSOLITE(G. MASSON)

- ° **Origine:** Objet acheté dans un souk, il y a 25 ans, du temps du Shah Mohammed Pahlavi.
- ° **Description:** Boîte en cuivre ronde, dont les deux faces sont des disques gravés, découpés en secteurs, avec des inscriptions en Arabe et en Farsi. Diamètre: 82mm, épaisseur: 11mm, poids: 126gr.



° **Disque supérieur** (vue ci-contre en bas):

Découpé en 16 secteurs de 22°30', avec des inscriptions. Des graduations sont gravées sur la circonférence extérieure. Il serait agréable d'en retrouver 360. En fait, les compter à la loupe, est fastidieux. Déjà par secteur on trouve des variations de 20 à 24. La moyenne devant être de 360: 16=22,5. Le compte est bon.

Une très belle aiguille, qui pivote sur son axe de fixation.

Un trou ayant servi à la fixation d'une autre aiguille à peu près identique à celle fixée à plat sur le disque, mais plus longue. Elle s'est déssertie et a été retrouvée.

Une boussole à quatre branches. Diamètre 18mm, hauteur 10mm. Ce qui explique l'épaisseur de l'objet. Les quatre branches sont très oxydées, et rien ne distingue celle qui indique le Nord.

° **Disque inférieur:** Découpé en 12 secteurs de 30°. Trois cercles avec des caractères et un cercle avec les signes du Zodiaque.

° **Bague intermédiaire:** Epaisseur 11mm. Justifiée par la hauteur de la boussole

dans son logement. Elle est ornée de 19 motifs floraux répétitifs.

° **Authenticité:** Tout est imitable, surtout lorsque l'objet est en provenance d'un pays où les orfèvres sont rois. Mais plusieurs signes sont à prendre en considération, pour accréditer avec beaucoup de prudence cette thèse.

Le pourtour cylindrique de l'entretoise est rayé et meurtri par des chocs.

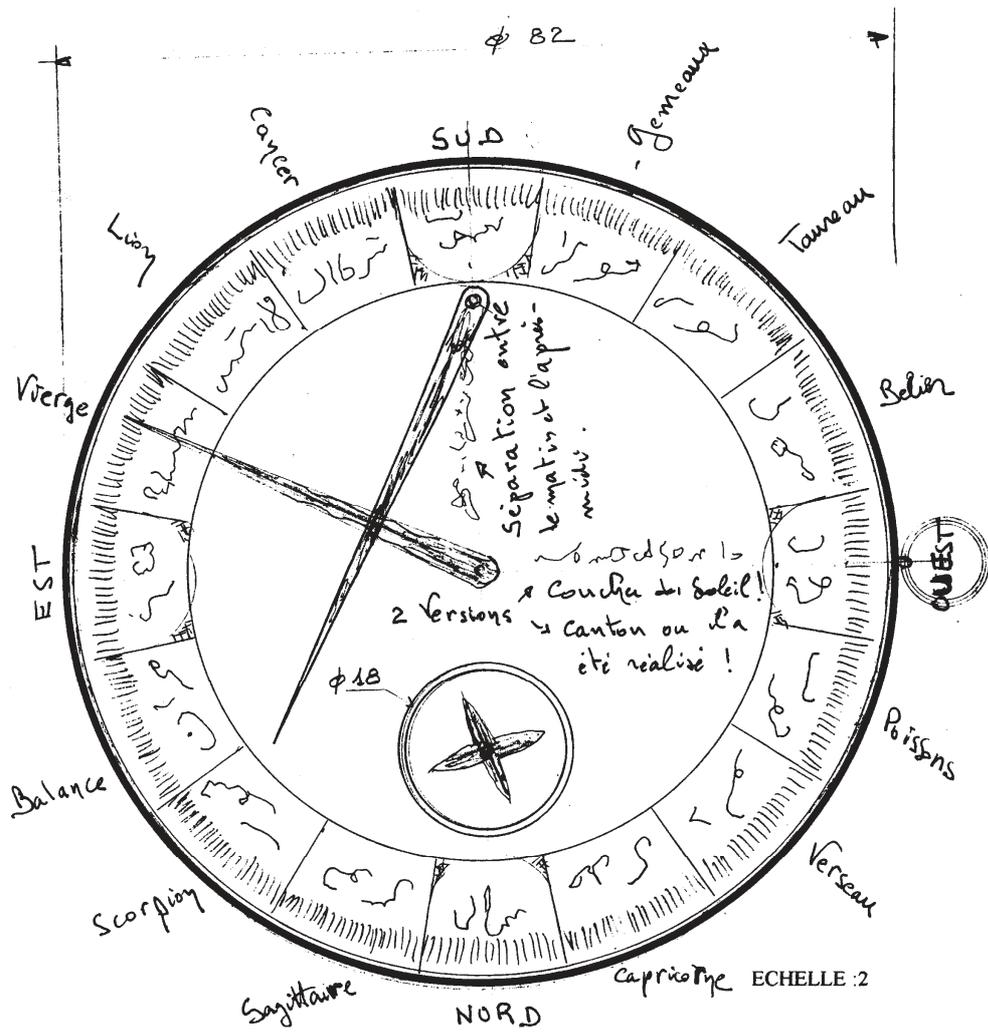
La boussole dans son sertissage rustique, et son verre épais épais, très écaillé sur champs, semble bien de facture ancienne.

La découpe du trou de son passage dans le disque d'un diamètre de 18mm, est mal ébavuré, comme si l'artisan n'avait pas eu l'outil nécessaire à sa confection. Vues à la loupe, les graduations de 360°, sur la circonférence extérieure, sont très inégales et irrégulières.

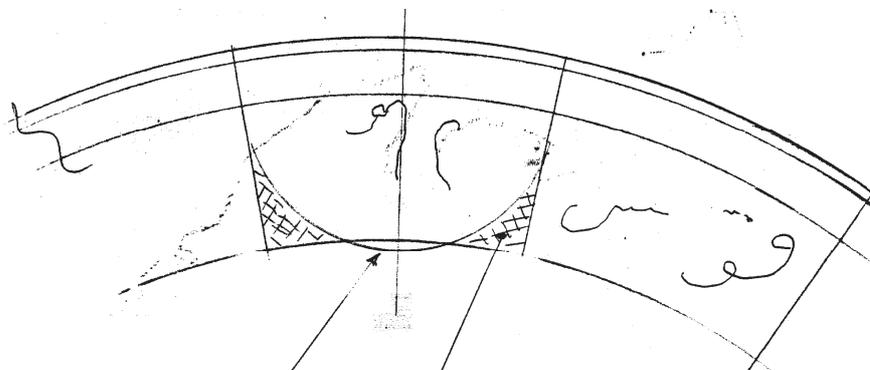


Vue sur tranche (19 motifs floraux répétitifs)

Dessin du disque supérieur:

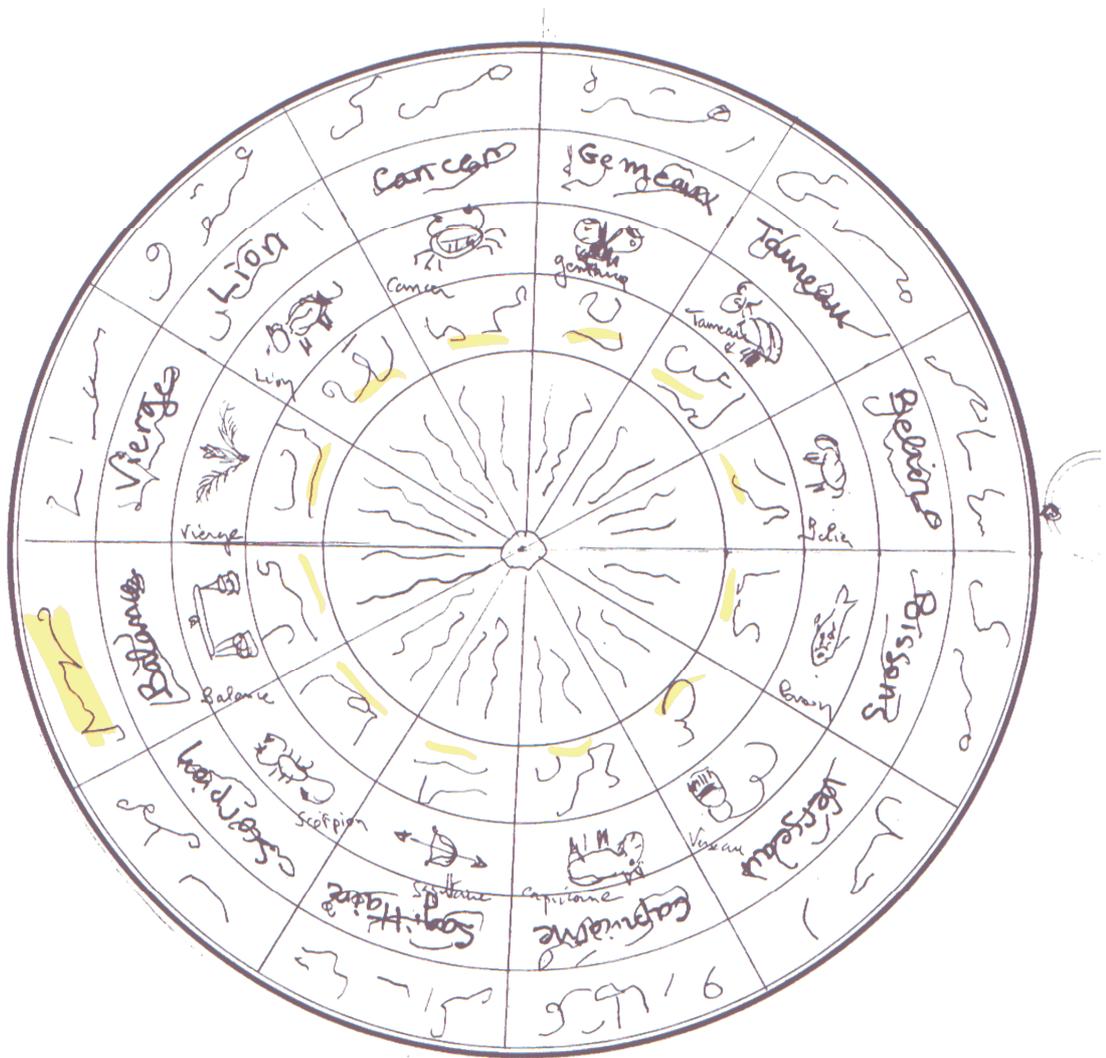


Détail d'un secteur (au droit de la boussole)



Ce décalage du cercle, ainsi que les hachures, n'apparaissent qu'aux quatre points cardinaux.

Dessin du disque inférieur:



Sur le diamètre extérieur, un symbolisme entre par exemple le signe "Balance" et le mot "justice" ! ?
- Au centre une formule de politesse. Le Prophète, la Mecque ! ?

ECHELLE : 2

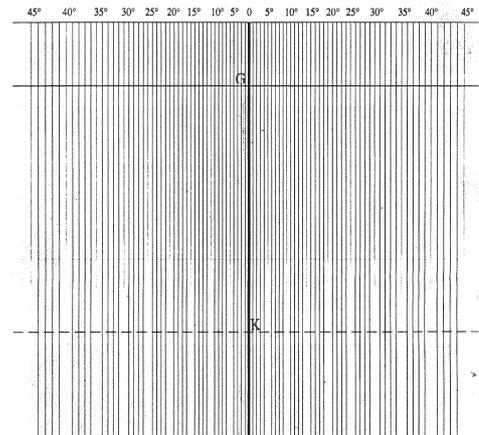
RELEVÉ DE LA DECLINAISON D'UN MUR (T. MAZZIOTTI)

M. Tony Mazziotti, cadranier, réalisateur entre autre de plusieurs cadrans du plateau de Hauteville, visités lors de notre réunion à Lyon les 1^{er} et 2 juin, communique ses "outils" et sa "méthode" de relevé de la déclinaison d'un mur.

Outils:

* Une feuille "lignée en degrés".

- ° Dimension A4
- ° Les lignes ont été tracées pour un "faux style" d'une dimension de 135mm (distance de l'oeilleton au mur = style droit).
- ° Chaque ligne est située à une distance par rapport à l'axe du cadran (ligne 0°), de :
 - 135 x Tg 10° = 23, 8 mm
 - 135 x Tg 20° = 49,1mm
 - 135 x Tg 30° = 77,9 mm
 - ...
 - 135 x TG 45° = 135mm.

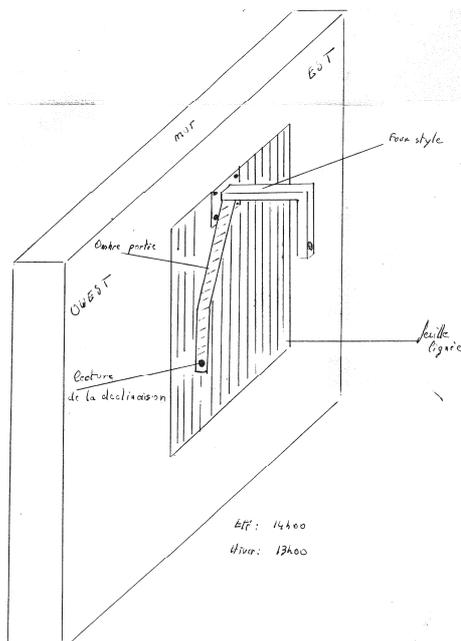


La ligne horizontale G coresspond à la partie supérieure du faux style; la ligne K à la hauteur de l'oeilleton.

* Un "faux style"

La partie utile de ce faux style est une équerre de 135mm (distance de l'oeilleton à la table = style droit) par 135mm (position de l'oeilleton en altitude). Voir schémas ci-dessous et suivants.

Méthode:

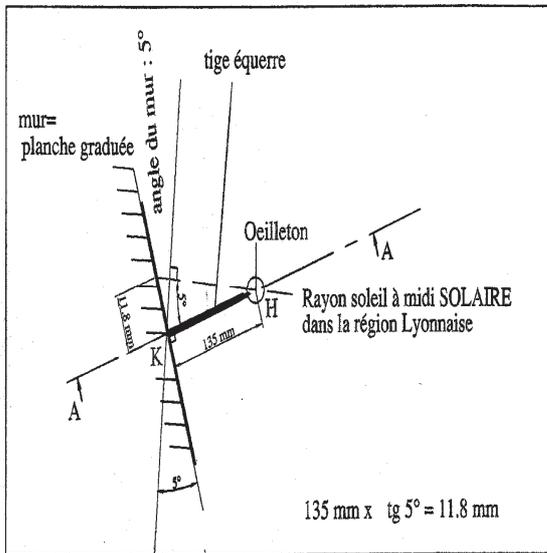


- ° Fixer la feuille sur le mur à relever, fixer le faux style dans l'axe de la feuille (ligne 0°) et l'oeilleton à la hauteur de la ligne horizontale "K".

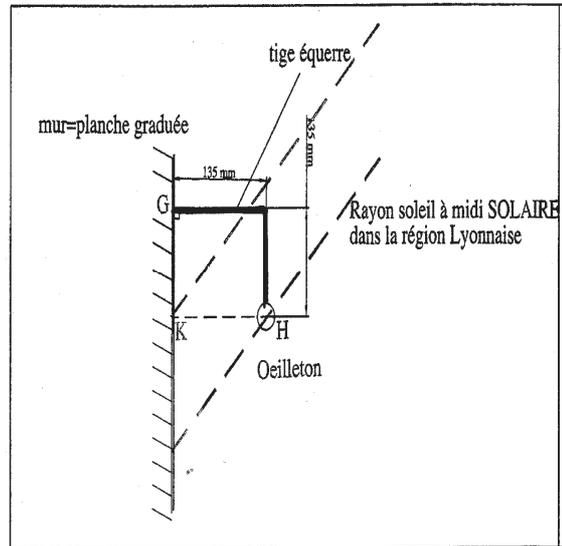
- ° Pointer sur la feuille, la position du point lumineux projeté par l'oeilleton, à l'instant de la montre correspondant au midi solaire du lieu (voir tableau annexe).

- ° Lire sur la ligne de degré pointée, la valeur de la déclinaison du mur.

Exemple pour un mur déclinant de 5°:



Vue de dessus

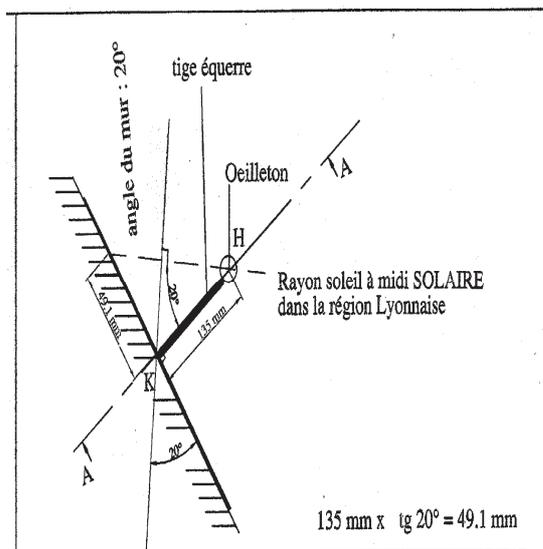


Vue de coté suivant coupe AA

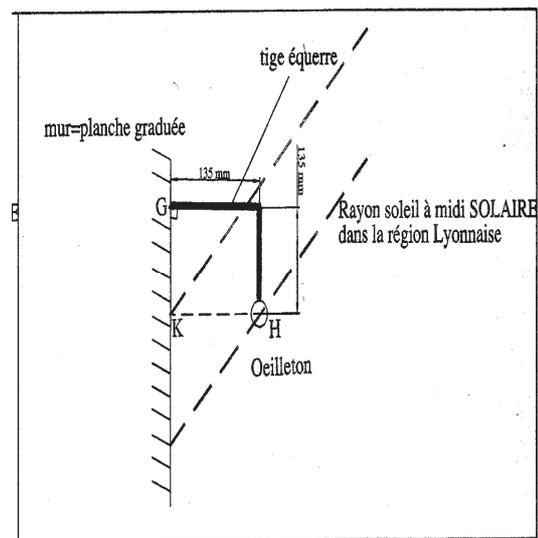
Le point lumineux se trouve sur la ligne 5° (lecture directe sur la feuille) soit à une distance de l'axe de:

$$135 \times \text{Tg } 5^\circ = 11,8 \text{ mm}$$

Exemple pour un mur déclinant de 20°:



Vue de dessus



Vue de coté suivant coupe AA

Le point lumineux se trouve sur la ligne 20° (lecture directe sur la feuille), soit à une distance de l'axe de:

$$135 \times \text{Tg } 20^\circ = 49,1 \text{ mm}$$

Annexe A

Ce tableau indique l'heure de la montre pour laquelle il est midi solaire dans la région de Lyon; instant où le point lumineux doit être relevé. Il est utilisé par M. T. Mazziotti, il permet une approximation évitant de refaire les calculs à chaque relevé.

	01	1ère Semaine	7	2ème Semaine	16	3ème Semaine	24	4ème Semaine	30	
Janvier		12 h,43		12 h,50		12 h,52		12 h,53		Heure d' Hiver
Février		12 h,54		12 h,55		12 h,53		12 h,52		
Mars		12 h,49		12 h,46		12 h,45		12 h,43		
Avril		13 h,43		13 h,41		13 h,40		13 h,38		Heure d'Eté
Mai		13 h,37		13 h,36		13 h,37		13 h,38		
Juin		13 h,39		13 h,40		13 h,42		13 h,44		
Juillet		13 h,45		13 h,46		13 h,47		13 h,46		
Août		13 h,44		13 h,43		13 h,42		13 h,40		
Septembre		13 h,37		13 h,36		13 h,33		13 h,31		Heure d' Hiver
Octobre		13 h,30		13 h,29		13 h,28		12 h,26		
Novembre		12 h,23		12 h,25		12 h,26		12 h,27		
Décembre		12 h,31		12 h,35		12 h,40		12 h,42		

CADRANS CANONIAUX ET OFFICE DIVIN (D. SCHNEIDER)

A la touchante simplicité du cadran canonial répond la grandeur de sa fonction : le « Sacrifice de Louange », l'office divin, la Liturgie des Heures afin de christianiser le temps, non celui de l'histoire mais celui du salut.

On attribue trop souvent à Saint Benoît de Nursie (VIème siècle) la célébration de l'office divin. Il existait à Rome avant lui et avait été importé d'Orient. Saint Benoît n'a donc pas inventé un nouvel horaire des prières mais l'a « canonisé » par son expérience. L'office divin, tel qu'il figure dans la règle bénédictine, a été ensuite proposé ou imposé, sans les modifications qui auraient été nécessaires, au clergé desservant les églises. Il a fallu créer pour lui à partir du XIIème siècle un manuel abrégé de la Liturgie des Heures ; le Bréviaire.

La Liturgie des Heures ne revient pas seulement aux moines ; c'est aussi un devoir ecclésial réclamé moins par une règle que par le sens chrétien.

Les cadrans canoniaux que nous voyons principalement sur les petites églises rurales antérieures au XVème siècle ont-ils servi aux moines desservant ces paroisses dans le cadre d'un prieuré-cure, d'un monastère ou à des clercs ou encore aux deux ? Des pistes sont à suivre.

PASSAGE AU MERIDIEN ET MERIDIENNE (D. SAVOIE)

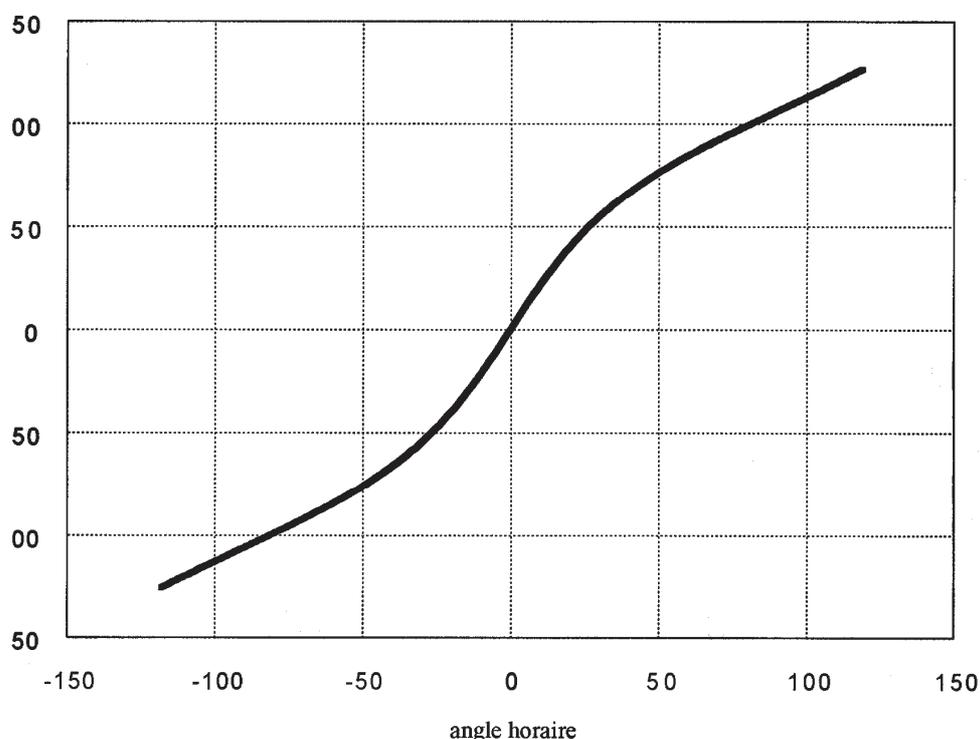
On est souvent amené, lorsque l'on trace un cadran solaire, – ou pour relever l'orientation d'un mur –, à matérialiser sur le sol l'axe Nord-Sud, autrement dit le méridien du lieu. On se sert en général du Soleil, en calculant à l'aide des éphémérides l'instant de passage du Soleil au méridien du lieu; à cet instant, on repère l'ombre d'un fil à plomb ou d'un gnomon vertical.

Or il est parfois précisé que ce repérage doit être fait à la seconde près, en ayant pris soin de caler sa montre sur l'horloge parlante (3699): cet avertissement, qui pourrait passer comme superflu, est pourtant basé sur une particularité du mouvement du Soleil, dont la négligence peut avoir des conséquences regrettables sur la précision future du cadran solaire.

1 – Variation de l'azimut

Le graphique n°1 montre comment évolue l'azimut du Soleil en fonction de l'angle horaire (donc de l'heure) au solstice de juin pour une latitude de 48°.

Azimut du Soleil au solstice de juin pour une latitude de 48°



graphique n°1

On constate qu'au voisinage de midi, la pente de la fonction est très inclinée. Afin d'étudier en détail ce qui se passe, on cherche dans un premier temps la relation qui existe entre la variation de l'azimut A du Soleil et son angle horaire H .

On part pour cela de deux relations classiques de trigonométrie sphérique, z étant la distance zénithale (complément de la hauteur) :

$$(1) \quad \sin z \sin A = \cos \delta \sin H$$

$$(2) \quad \sin z \cos A = \sin \phi \cos \delta \cos H - \cos \phi \sin \delta$$

En différenciant les deux formules, on obtient :

$$(1 \text{ bis}) \sin A \cos z \, dz = \cos \delta \cos H \, dH - \sin z \cos A \, dA$$

$$(2 \text{ bis}) \cos A \cos z \, dz = \sin z \sin A \, dA - \sin \phi \cos \delta \sin H \, dH$$

En égalisant les deux expressions et après simplification, on obtient :

$$(3) \quad \sin z \frac{dA}{dH} = \cos \delta (\cos A \cos H + \sin \phi \sin H \sin A)$$

Le terme entre parenthèses n'est autre que le cosinus de l'angle à l'astre (souvent noté S), angle peut utilisé en astronomie. De sorte que l'expression devient :

$$\frac{dA}{dH} = \frac{\cos \delta \cos S}{\sin z}$$

Or il est facile de montrer qu'il existe une relation contenant l'angle à l'astre, telle que :

$$\cos \delta \cos S = \sin \phi \sin z + \cos \phi \cos z \cos A$$

de sorte que l'on a finalement, en remplaçant la distance zénithale par la hauteur du Soleil :

$$\frac{dA}{dH} = \sin \phi + \cos \phi \tan h \cos A \quad (4)$$

Cette formule exprime la variation de l'azimut du Soleil en fonction de la variation de son angle horaire. Si le Soleil se lève ou se couche, on a alors $h = 0^\circ$, d'où $\frac{dA}{dH} = \sin \phi$. Autrement dit, la dérivée de l'azimut par rapport à l'angle horaire est égale à $\sin \phi$ dans l'horizon.

Si maintenant le Soleil est au méridien, son azimut est nul, de sorte que l'on a finalement :

$$\frac{dA}{dH} = \frac{1}{\sin \phi - \cos \phi \tan \delta}$$

La formule (4), développée en fonction des paramètres primaires, peut être mise sous la forme :

$$\frac{dA}{dH} = \frac{\sin \phi \cos^2 \delta - \cos \phi \cos \delta \sin \delta \cos H}{\cos^2 h} \quad (4 \text{ bis})$$

Le graphique n° 2 montre comment évolue la dérivée de l'azimut en fonction de l'angle horaire au solstice de juin et au solstice de décembre. On remarque que la courbe d'été n'est pas strictement croissante (ou décroissante), mais présente deux phases le matin et l'après-midi où l'azimut semble varier de façon moins sensible. Ceci conduit à étudier la dérivée seconde de l'azimut afin de déterminer à quels instants elle devient nulle.

On obtient :

$$\frac{d^2A}{dH^2} = \frac{\sin H \cos \delta \cos \phi (A \cos^2 H - B \cos H + C)}{\cos^4 h}$$

avec

$$A = \cos^2 \phi \cos^2 \delta \sin \delta$$

$$B = 2 \sin \phi \cos \phi \cos^3 \delta$$

$$C = \sin \delta (1 - \sin^2 \delta \sin^2 \phi - 2 \sin^2 \phi \cos^2 \delta)$$

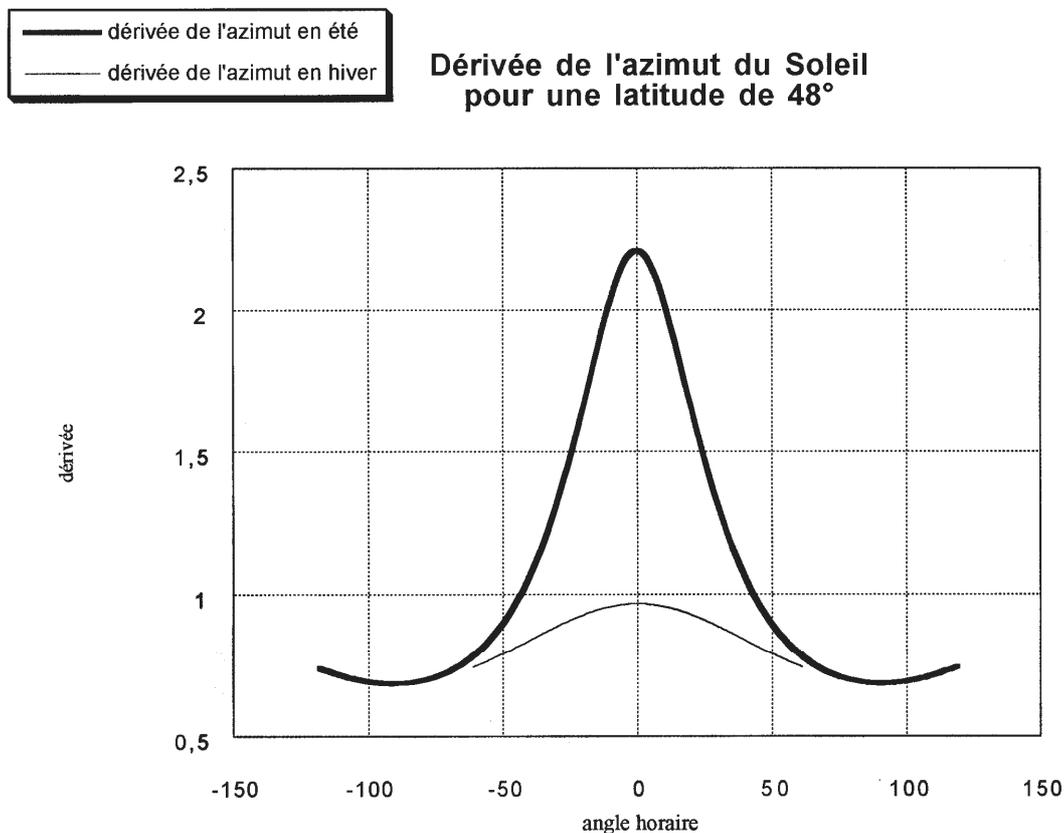
On a $\frac{d^2A}{dH^2} = 0$ si $H = 0^\circ$ et si $\cos H = \frac{\sin \phi \cos^2 \delta - \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \delta}}{\cos \phi \cos \delta \sin \delta}$

(deux réponses symétriques par rapport à midi mais changées de signe).

Par exemple pour $\phi = 48^\circ$, la dérivée s'annule pour $H = 0^\circ$ et pour $H = \pm 90^\circ,508$. Pour $H = 0^\circ$, l'azimut varie le plus vite possible; par contre c'est pour $H = \pm 90^\circ,508$ que l'azimut varie le moins vite. Il est intéressant de remarquer, – et cela est loin d'être intuitif –, que l'azimut du Soleil connaît le matin et l'après midi une phase de ralentissement suivie à nouveau par une accélération.

2 – Applications

Les formules établies précédemment permettent de faire d'intéressantes remarques. Le graphique n° 2 montre bien que la variation de l'azimut du Soleil en fonction de son angle horaire est d'autant plus grande que sa hauteur est importante.



graphique n°2

C'est donc au moment de la culmination (passage au méridien) que l'azimut du Soleil va varier le plus vite; et c'est donc en été, au moment du solstice du 21 juin, que cette variation sera la plus importante pour nos latitudes¹. Cela signifie également que plus le Soleil monte haut dans le ciel, plus vite l'azimut variera : donc plus la latitude est proche du tropique du Cancer, plus cette variation augmentera (pour le 21 juin).

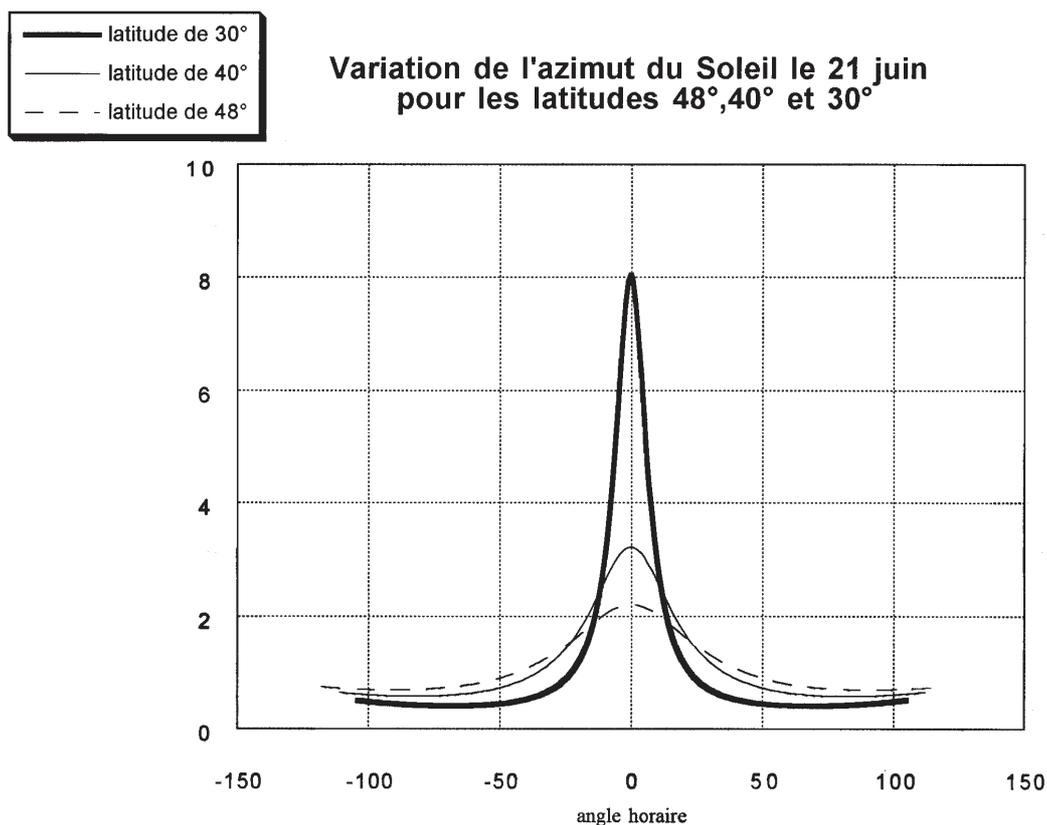
A titre d'exemple, voici la variation en azimut du Soleil le 21 juin pour trois latitudes :

¹Pour la hauteur du Soleil, c'est le contraire : elle varie très peu au méridien, mais très rapidement lorsque le Soleil passe dans le plan vertical Est et Ouest (azimut = $\pm 90^\circ$).

pour $\phi = 48^\circ$ l'azimut varie d'environ 33' en 1 minute de temps
 pour $\phi = 40^\circ$ l'azimut varie d'environ 48' en 1 minute de temps
 pour $\phi = 30^\circ$ l'azimut varie d'environ 2° en 1 minute de temps

Pour cette dernière latitude, une erreur de 10 secondes de temps provoque une erreur de 20' dans l'azimut. Si maintenant on se place à 25° de latitude, l'azimut varie de 8' 25" en une seconde, de sorte qu'une erreur de 10 secondes provoque une erreur de 1° 24'.

Sur le graphique n° 3, on a tracé la variation de l'azimut du Soleil en fonction de l'angle horaire pour les latitudes de 48°, 40° et 30° au solstice du 21 juin.



graphique n°3

On voit nettement que la variation est très importante pour les latitudes "basses". A titre d'exemple, plaçons nous le 21 juin 2002, sur le méridien de Paris, mais à la latitude 23° 30'; selon les éphémérides, le Soleil passe au méridien à 11 h 52 m 22 s UT. Si l'on calcule l'azimut du Soleil à cet instant et à cette latitude, l'azimut du Soleil vaut non pas zéro, mais 0° 26' 35". Autrement dit, il faut au moins le centième de seconde dans l'heure de passage du Soleil au méridien pour obtenir exactement un azimut nul.

On peut donc tirer des enseignements utiles de ces calculs; premièrement, il est préférable de tracer une méridienne au sol en hiver sous nos latitudes, puisqu'à cette époque, l'azimut du Soleil varie plus lentement à midi vrai : en une minute, l'azimut varie d'environ 15', soit deux fois moins vite qu'en été (graphique n°2). Il convient malgré tout d'apporter une grande rigueur dans l'opération de tracé, en respectant parfaitement l'instant de passage au méridien. Sans quoi le futur cadran solaire ne sera pas exactement orienté sur l'axe Nord-Sud, ce qui se traduira par une erreur d'excentricité dans la lecture de l'heure.

APPLICATION de la METHODE ANALYTIQUE aux TRACES de CADRANS SOLAIRES BIFILAIRES (Rafael Soler Gaya*)

Article paru dans Analema n° 32. Traduction et notes: D. Collin

Dans ce qui suit on présente la méthode générale (voir ANALEMA – Mai-Août 1991 – M. A. Hacar « Les cadrans solaires bifilaires ») qui a été élaborée pour le calcul de n'importe quel cadran solaire bifilaire, avec projection sur n'importe quel plan, et appliqué aux divers cas de « fils » ou lignes courbes simples et faciles à matérialiser, soit pour se rapprocher d'une courbe obtenue de façon naturelle^a, soit pour faciliter la construction et avoir pour les équations de simples expressions analytiques^b.

EXPOSE DE LA METHODE GENERALE

La signification des variables et des paramètres qui interviennent dans les calculs suivants sont précisés à la fin de l'article.

Comme on le sait, les lignes horaires et les arcs-diurnes (usuellement ceux des mois zodiacaux) peuvent être définies analytiquement à partir des « fils » ou des directrices des courbes exprimées au moyen d'équations paramétriques.

Si dans l'espace, avec un système de coordonnées trirectangulaires (voir la figure 1) d'axe X (Est + / Ouest -), d'axe Y (Nord - / Sud +) et d'axe Z (Zénith + / Nadir -) on exprime les directions des rayons solaires par l'intermédiaire des cosinus directeurs x_0, y_0, z_0 (c'est-à-dire à partir des angles produits par la direction des rayons du soleil avec les axes X, Y, Z dans le sens indiqué) on sait que dans un lieu dont la latitude est φ et en un instant dont l'angle horaire est ε et dont la déclinaison du soleil est α , les valeurs des cosinus directeurs^c sont :

$$\begin{aligned} x_0 &= OA_x / OA = -\cos \alpha \sin \varepsilon \\ y_0 &= OA_y / OA = -(\sin \alpha \sin \varphi + \cos \alpha \sin \varphi \cos \varepsilon) \\ z_0 &= OA_z / OA = \sin \alpha \sin \varphi + \cos \alpha \cos \varphi \cos \varepsilon \end{aligned}$$

Soient « l » et « m » les paramètres utilisés pour définir les lignes courbes qui forment l'ombre, lesquelles ont pour expression :

$$\text{Gnomon}^d \text{ ou fil 1 : } \quad x = x(l) \quad y = y(l) \quad z = z(l) \quad (1)$$

$$\text{Gnomon ou fil 2 : } \quad x = x(m) \quad y = y(m) \quad z = z(m) \quad (2)$$

Si l'on considère deux parallèles au rayon solaire qui s'appuient en un instant donné sur chacun des deux gnomons (1) et (2), elles formeront des cylindres de projection faciles à définir, car si (x, y, z) sont les coordonnées d'un point quelconque placé sur les gnomons avec les valeurs particulières des paramètres l et m , on obtient évidemment :

$$\text{Cylindre}^e \text{ du gnomon 1 : } \quad \frac{[x - x(l)]}{x_0} = \frac{[y - y(l)]}{y_0} = \frac{[z - z(l)]}{z_0} \quad (3)$$

$$\text{Cylindre du gnomon 2 : } \quad \frac{[x - x(m)]}{x_0} = \frac{[y - y(m)]}{y_0} = \frac{[z - z(m)]}{z_0} \quad (4)$$

Soit maintenant le plan OKL passant par l'origine O des coordonnées, dont l'équation et l'angle ψ qu'il forme avec la verticale sont :

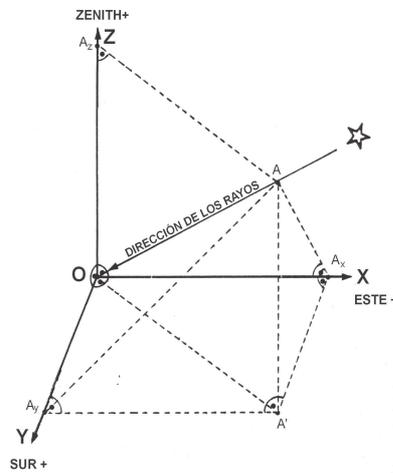


Figure 1. Cosinus directeurs.

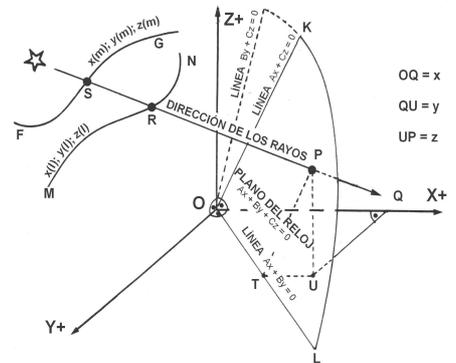


Figure 2. Génération des courbes projetés.

$$Ax + By + Cz = 0 \quad (5)$$

$$\sin \psi = \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (6)$$

et d'où tombe en P un rayon SRP qui passe par les deux gnomons.

Si au point R du gnomon MN correspond en un instant donné le point P de la projection du rayon solaire sur le plan OKL , dont les coordonnées sont (x, y, z) , alors on aura à partir de la relation (3) :

$$x = \frac{x_0}{z_0} [z - z(l)] + x(l) \quad y = \frac{y_0}{z_0} [z - z(l)] + y(l) \quad (7)$$

et pour le point S du gnomon FG , on aura également à partir de la relation (4) :

$$x = \frac{x_0}{z_0} [z - z(m)] + x(m) \quad y = \frac{y_0}{z_0} [z - z(m)] + y(m) \quad (8)$$

Substituant (7) dans (5) il vient :

$$z = \frac{Az_0x(l) + Az_0y(l) - Ax_0z(l) - By_0z(l)}{Cz_0 - Ax_0 - By_0} \quad (9)$$

permettant ainsi de définir le point P par ses trois coordonnées grâce aux équations (7) et (9). Cependant, les points P qui nous intéressent correspondent aussi bien à l'intersection du plan OKL avec le cylindre de projection du gnomon FG , que ceux obtenus avec la projection du gnomon MN , en tenant compte de ce que les coordonnées (x, y, z) sont égales lors des projections de FG et de MN , on obtient^f alors des égalités entre les x et entre les y de (7) et (8) et pour la même valeur de z :

$$z_0 [x(l) - x(m)] = x_0 [z(l) - z(m)] \quad z_0 [y(l) - y(m)] = y_0 [z(l) - z(m)] \quad (10)$$

Par conséquent, pour chacune des valeurs de x_0, y_0, z_0 dépendantes de α, φ et ε on obtient en (10) un système de deux équations d'inconnues l et m qui permet théoriquement d'éliminer m et d'obtenir une équation en l , qui une fois résolue, et substituée dans les équations (9) et (7) nous donne les coordonnées de P qui correspondent aux divers angles α , (lignes de déclinaison ou calendrier), ou aux divers angles ε (lignes horaires de temps vrai), atteignant à ce stade les lignes recherchées^g.

A l'exposé de cette méthode générale faisons remarquer, en guise de petite digression, qu'elle est aussi applicable aux cadrans ordinaires de n'importe quelle classe ; si l'extrémité du gnomon a pour coordonnées (a, b, c) , alors les points (x, y, z) des rayons solaires qui passent par cette extrémité obéissent à la condition :

$$\frac{x-a}{x_0} = \frac{y-b}{y_0} = \frac{z-c}{z_0}, \text{ de laquelle se déduit}$$

$$x = \frac{x_0(z-c)}{z_0} + a \quad (11)$$

et substituant dans (5)

$$A \frac{x_0}{z_0} z - A \frac{x_0}{z_0} c + Aa + B \frac{y_0}{z_0} z - B \frac{y_0}{z_0} c + Bb + Cz = 0$$

$$z = \frac{Ax_0c + By_0c - Az_0a - Bz_0b}{Ax_0 + By_0 + Cz_0} \quad (12)$$

les expressions (11) et (12) permettent d'obtenir directement les coordonnées dans le plan (par rapport aux axes X, Y et Z) des arcs-diurnes et des lignes horaires respectivement pour les valeurs α et ε . Pour les cadrans solaires verticaux orthomériens^h : $A = 0, B = 1, C = 0$; pour les latérauxⁱ : $A = 1, B = 0, C = 0$; pour les horizontaux : $A = 0, B = 0, C = 1$; pour les inclinés d'angle ψ orthomériens côté nord : $A = 0, B = \cotan \psi, C = 1$; pour les inclinés d'angle ψ côté ouest et orienté à l'est : $A = \cotan \psi, B = 0, C = 1$; pour le cas général de cadran incliné d'angle ψ et de déclinaison δ compté depuis l'est : $A = \tan \delta, B = 1, C = (1 + \tan^2 \delta) \tan \psi$.

La partie la plus difficile de la méthode générale se trouve dans la résolution du système (10) pour peu que se complique les équations (1) et (2) des gnomons. Pour le dessin des lignes ; il n'est pas pratique d'utiliser les coordonnées $(x ; y ; z)$ mais plutôt d'adopter la même origine O et prendre OL comme axe des abscisses et sa perpendiculaire en O sur le plan OKL pour axe des ordonnées ; on obtient de la sorte les coordonnées x', y', z' d'après la transformation :

$$x' = y \cdot \sin \angle XOL + x \cdot \cos \angle XOL \quad \text{avec} \quad \tan \angle XOL = -\frac{A}{B}$$

$$z' = \frac{z}{\cos \psi} \quad \text{avec} \quad \sin \psi = \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}$$

A partir de ce changement de coordonnées les calculs sont généralement très laborieux même avec l'aide d'un ordinateur.

LES APPLICATIONS

On expose ci-après quelques exemples réalisés par l'auteur, simples ou complexes, et avec les cas dont la résolution n'est pas envisageable sans l'aide d'un ordinateur.

Cas 1. (figure 3).

Gnomon horizontal Est-Ouest, à la distance d du plan XZ et du plan XY , et gnomon vertical contenu dans le plan YZ à la distance $2d$ du point O . On a pris $d=1$.
Plan de projection : $y=0$ ($A=0, B=1, C=0$).
 $\varphi=39,51^\circ$.

Gnomon 1 : $x(l)=1 \quad y(l)=1 \quad z(l)=0$

Gnomon 2 : $x(m)=0 \quad y(m)=2 \quad z(m)=m$

Non réalisé. Seulement didactique (c'est le classique de Michnik)

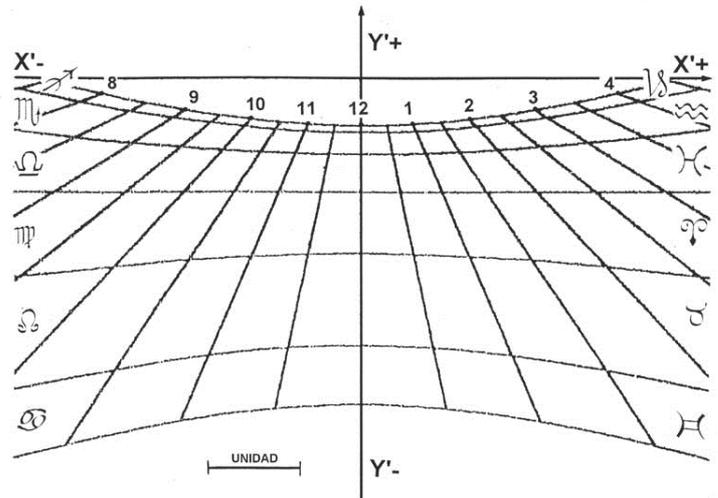


Figure 3. – Cas 1. – VERTICAL (dessin) .
Gnomons : horizontal et vertical.
Lignes horaires : ½ heure.
Lignes de déclinaison : mois zodiacaux.

Cas 2. (figure 4).

Parabole dans le plan XZ (forme naturelle adopté par un jet d'eau) avec le sommet à la hauteur h et d'axe vertical, concavité tournée vers le Nadir et gnomon horizontal dans le plan YZ , à la hauteur $0.5h$.

On a pris $h=1$.

Plan de projection : $z=0$ ($A=0, B=0, C=1$).

$\varphi=50,965^\circ$.

Gnomon 1 : $x=0 \quad y=l \quad z=0.5$

Gnomon 2 : $x=m \quad y=0 \quad z=1-m^2$

Proposé au concours international de Genk en 1996 mais non sélectionné.

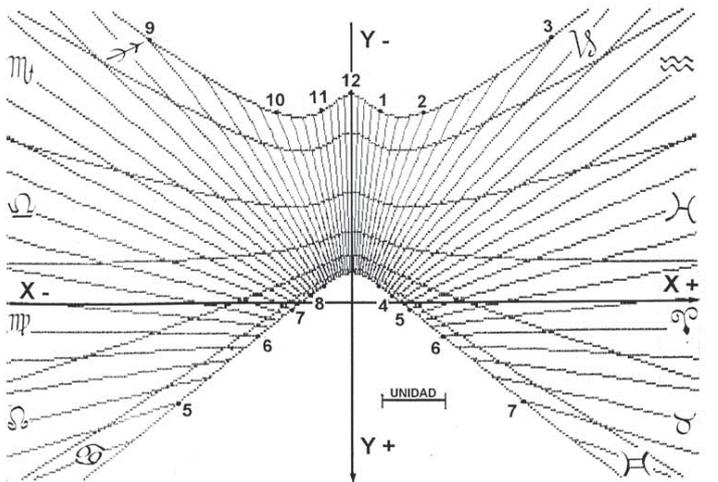


Figure 4. – Cas 2. – HORIZONTAL (dessin) .
Parabole convexe dans le plan Est-Ouest..
Gnomon horizontal N-S
Inédit (Dispositif à fente ; Diamètre : 9,25m. hauteur : 0.5 m)

Cas 3. (figures 5 & 6).



Figure 5. – Cas 3. – HORIZONTAL (Photographie).
 Parabole concave¹ plan le plan Est-Ouest.
 Gnomon horizontal Nord-Sud.
 Construit à Barcelone : diamètre : 6.8m. hauteur : 2.0m.

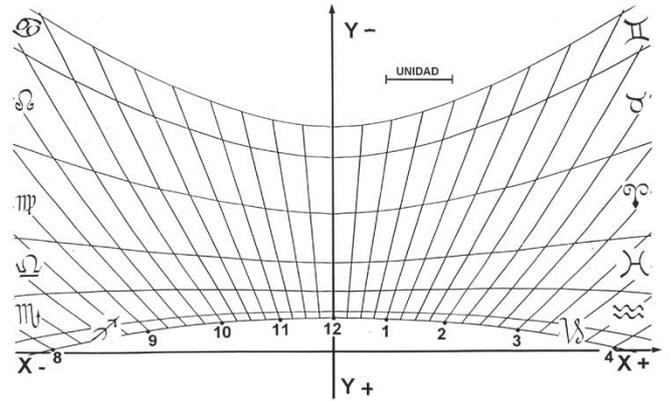


Figure 6. – Cas 3. – HORIZONTAL (dessin).
 Lignes horaires : ¼ heure.
 Lignes de déclinaison : mois zodiacaux.
 Construit en béton et en acier inoxydable.

Parabole dans le plan XZ avec le sommet à la hauteur h et d'axe vertical, concavité tournée vers le Zénith et gnomon horizontal dans le plan YZ à la hauteur $2h$.

On a pris $h=1$. Plan de projection : $z=0$ ($A = 0, B = 0, C = 1$). $\varphi = 41,40^\circ$.

Gnomon 1 : $x = 0 \quad y = 1 \quad z = 2$

Gnomon 2 : $x = m \quad y = 0 \quad z = 1 + \frac{m^2}{4}$

Cadran construit dans la ville Olympique de Barcelone. (Parage de Bogatell)

Cas 4. (figures 7 & 8).



Figure 7. – Cas 4. – HORIZONTAL (Photographie).
 Caténaire dans le plan Est-Ouest.
 Gnomon polaire.
 Parc de Genk : 1,000×0,860×0,244m.

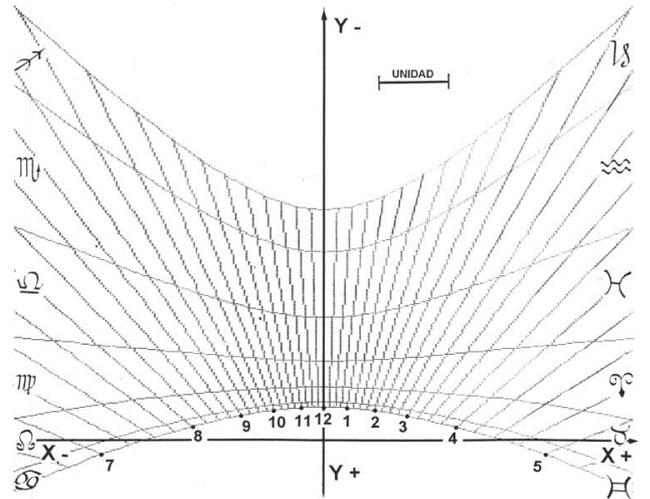


Figure 8. – Cas 4. – HORIZONTAL (dessin).
 Lignes horaires : ¼ heure.
 Lignes de déclinaison : mois zodiacaux.
 Construit en acier inoxydable.

Caténaire avec le sommet à une hauteur h suspendu à deux colonnes dans le plan XZ , de hauteur et d'écartement $2,381h$ et gnomon incliné dans le plan YZ parallèle à l'axe de la Terre (faisant un angle φ avec le plan XY) passant à la hauteur $2h$ pour l'axe. On a pris $h=1$. Plan de projection : $z=0$ ($A = 0, B = 1, C = 0$). $\varphi = 50,965^\circ$.

Sélectionné au concours de Genk en 1996 mais de taille réduite et construit en acier inoxydable au lieu de la combinaison métal et béton.

Gnomon 1 : $x = 0 \quad y = 1 \quad z = 2 - 1,233l$

Gnomon 2 : $x = m \quad y = 0 \quad z = 0,5 + 0,5 \cosh m$

Dans ce cas, l'équation en l (ou en m) venant de la résolution du système (10) est obtenue avec l'aide d'un ordinateur.

Cas 5. (figures 9, 10 & 11).

Disque horizontal de diamètre d à une hauteur h au-dessus du plan XY dont le centre est projeté sur l'axe Y à la distance $0,5d$ de l'origine et gnomon vertical passant par le centre du disque.

On a pris $d=1$.

Plan de projection passant par l'axe X est incliné de la latitude φ qu'il fait avec le nord : ($A = 0, B = \tan \varphi, C = 1$).

$$\varphi = 47,290^\circ.$$

$$\text{Gnomon 1 : } x = 0 \quad y = 0,5 \quad z = 1$$

$$\text{Gnomon 2 : } x = 0,5 \cos m \quad y = 0,5 + 0,5 \sin m \quad z = m$$

Le système (10) délivre deux solutions avec une racine carrée à double signe ; l'ombre du gnomon vertical dans la partie inférieure du disque correspond au signe (-) et la partie supérieure au signe (+).

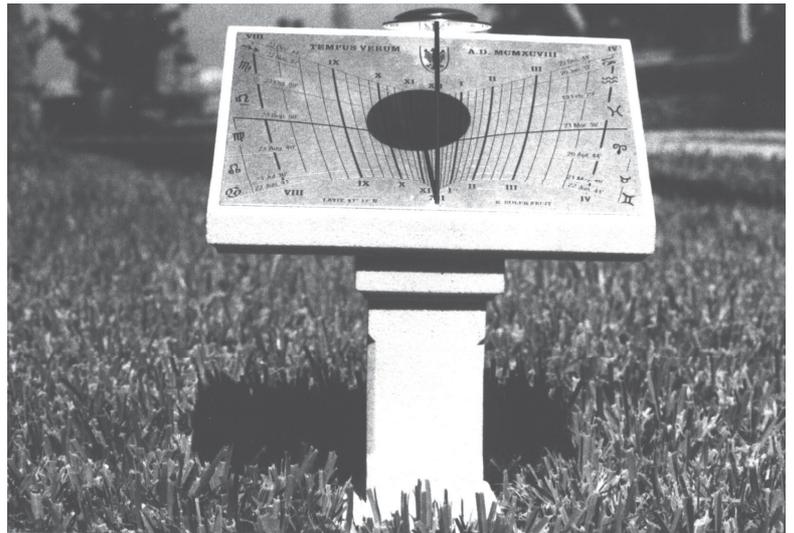


Figure 9. – Cas 5. – INCLINE (Photographie).

Disque circulaire horizontal.

Gnomon vertical en son centre.

Modèle construit à l'échelle 1/8.

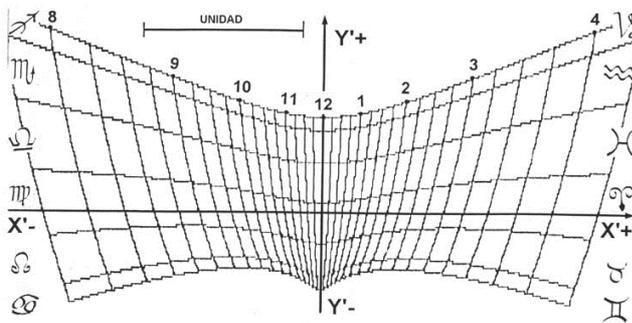


Figure 10. – Cas 5. – INCLINE (dessin inférieur).

Lignes horaires : $\frac{1}{4}$ heure.

Lignes de déclinaison : mois zodiacaux.

Dimension de l'ensemble de projection :

154×80cm ; \varnothing 40cm.

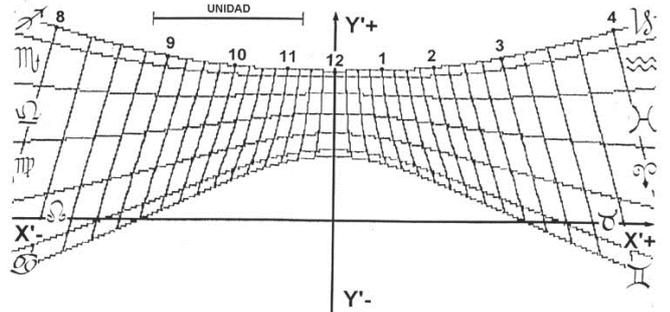


Figure 11. – Cas 5. – INCLINE (dessin supérieur).

Lignes horaires : $\frac{1}{4}$ heure.

Lignes de déclinaison : mois zodiacaux.

Non construit.

Il a été proposé au concours de Reutte en 1998 ; mais non sélectionné. Construit, et ensuite reporté sur une maquette en pierre et acier inoxydable à l'échelle 1/8.

Cas 6. (figures 12, 13 & 14).

Disque horizontal de diamètre $2r$ avec le centre sur l'axe Z à une hauteur h (on a pris $2r=h=1$) et gnomon coïncidant avec l'axe Z .

Plan de projection : le plan XY ($A = 0, B = 0, C = 1$).

$$\varphi = 39,571^\circ.$$

$$\text{Gnomon 1 : } x = 0 \quad y = 0 \quad z = 1$$

$$\text{Gnomon 2 : } x = 0,5 \cos m \quad y = 0,5 \sin m \quad z = 1$$

Il se produit aussi dans ce cas deux solutions selon l'ombre supérieure ou inférieure du gnomon vertical ; pour de basses latitudes la seconde solution ne donne pas de boucles ou de points doubles, comme cela se produit dans le cas 5.

Portatif 15×10 cm, \varnothing 4 mm.

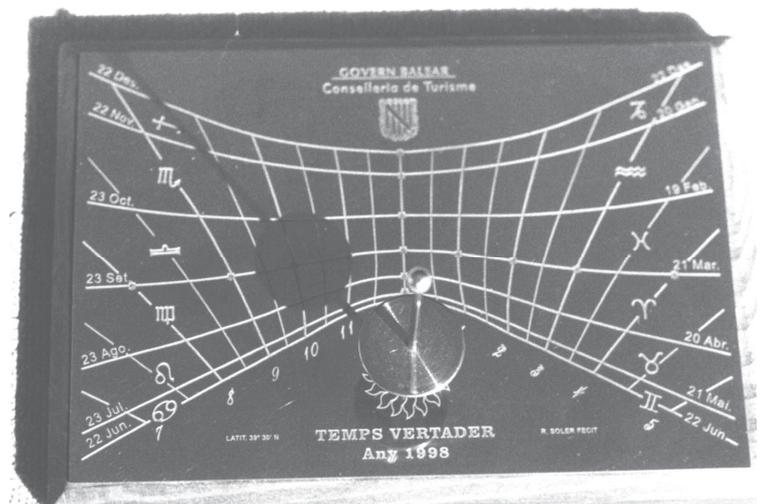


Figure 12. – Cas 6. – HORIZONTAL (Photographie).

Disque circulaire horizontal. Gnomon vertical en son centre.

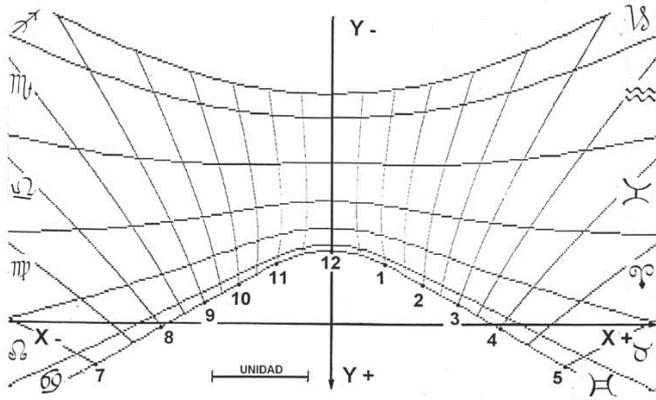


Figure 13. – Cas 6. – HORIZONTAL (dessin inférieur).

Lignes horaires : ½ heure.
Lignes de déclinaison : mois zodiacaux.
Construit en méthacrylate et acier inoxydable.

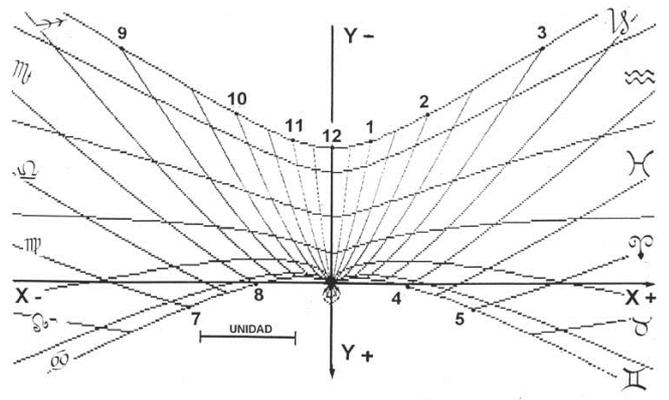


Figure 14. – Cas 6. – HORIZONTAL (dessin supérieur).

Lignes horaires : ½ heure.
Lignes de déclinaison : mois zodiacaux.
Non construit.

Construit en acier inoxydable et en méthacrylate et offert à l'Office du Tourisme du gouvernement des Baléares.

Cas 7. (figures 15 & 16).

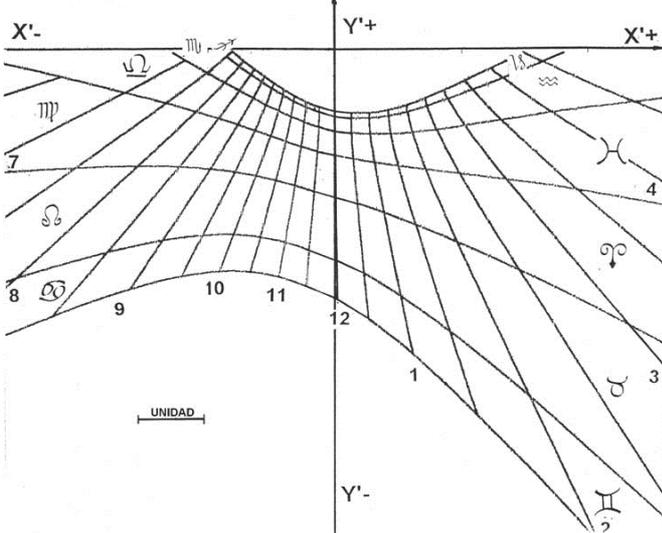


Figure 15. – Cas 7. – VERTICAL (Dessin inférieur).

Disque circulaire vertical déclinant de 10° Est.
Gnomon perpendiculaire en son centre.
Sélectionné mais non construit.

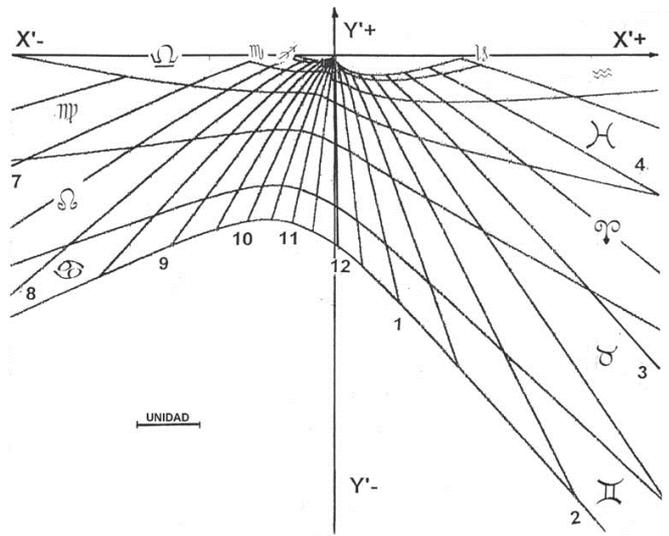


Figure 16. – Cas 7. – VERTICAL (dessin supérieur).

Lignes horaires : ½ heure.
Lignes de déclinaison : mois zodiacaux.
Non sélectionné.

Disque vertical de diamètre $2r$ faisant une déclinaison δ avec le plan XZ à la distance d de l'origine et gnomon perpendiculaire au disque en son centre (passant donc par l'origine).

On a pris $2r=d=1$ et $\delta=10^\circ$.

Projection sur le plan parallèle au disque par l'origine : $x \tan \delta + y = 0$ ($A = \tan \delta, B = 1, C = 0$).

$\varphi = 39,571^\circ$.

Gnomon 1 : $x = l \tan \delta$ $y = 1$ $z = 0$

Gnomon 2 : $x = d \sin \delta + r \cos \delta \cos m$ $y = d \cos \delta - r \sin \delta \cos m$ $z = r \sin m$

$d = 1$ $r = 0,5$ $\delta = 10^\circ$

Projet pour la façade d'une maison à Palma.

* L'Ingénieur-Docteur Rafael Soler Gayá est une figure très connue dans le domaine de la gnomonique, science sur laquelle il a écrit deux ouvrages très appréciés. Il a construit de nombreux et originaux cadrans solaires, il a organisé un symposium international sur la gnomonique à Palma de Majorque et a été sélectionné et primé dans les concours internationaux. Il est le collaborateur assidu du bulletin d'information de notre association dans laquelle il est membre d'honneur. Dans cet article, il nous présente un thème original et peu connu : Calculs et dessins de cadrans solaires bifilaires, lorsque les fils ne sont pas rectilignes, mais sont des courbes analytiques quelconques. Cet article inclut de nombreux exemples de cadrans solaires construits par l'auteur.

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

<i>Symbole</i>	<i>Signification</i>	<i>Symbole</i>	<i>Signification</i>
X	Axe horizontal : Est +, Ouest -, dans un système trirectangle	x	Coordonnée relative à l'axe X d'un point de l'espace.
Y	Axe horizontal : Nord -, Sud +, dans un système trirectangle	x(l), x(m)	Fonction de <i>l</i> ou de <i>m</i> pour définir la coordonnée correspondant à <i>l</i> ou <i>m</i> .
Z	Axe vertical : Zenith +, Nadir -, dans un système trirectangle	y	Coordonnée relative à l'axe Y d'un point de l'espace.
x₀	Cosinus directeur de l'angle entre le rayon solaire et l'axe X.	y(l), y(m)	Fonction de <i>l</i> ou de <i>m</i> pour définir la coordonnée correspondant à <i>l</i> ou <i>m</i> .
y₀	Cosinus directeur de l'angle entre le rayon solaire et l'axe Y.	z	Coordonnée relative à l'axe Z d'un point de l'espace.
z₀	Cosinus directeur de l'angle entre le rayon solaire et l'axe Z. (co-hauteur du soleil)	z(l), z(m)	Fonction de <i>l</i> ou de <i>m</i> pour définir la coordonnée correspondant à <i>l</i> ou <i>m</i> .
α	Déclinaison solaire, positif au printemps et en été, négatif en automne et en hiver, nulle aux équinoxes.	A	Coefficient de la coordonnée <i>x</i> d'un point du plan passant par l'origine.
ε	Angle horaire positif l'après-midi, négatif le matin, nul à midi.	B	Coefficient de la coordonnée <i>y</i> d'un point du plan passant par l'origine.
φ	Latitude du lieu, positif dans l'hémisphère nord.	C	Coefficient de la coordonnée <i>z</i> d'un point du plan passant par l'origine.
δ	Déclinaison du cadran ou de sa trace dans le plan horizontal positif depuis l'est.	a	Coordonnée de l'extrémité du gnomon sur l'axe X.
l	Paramètre variable qui définit le gnomon (<i>l</i>).	b	Coordonnée de l'extrémité du gnomon sur l'axe Y.
m	Paramètre variable qui définit le gnomon (<i>m</i>).	c	Coordonnée de l'extrémité du gnomon sur l'axe Z.
ψ	Angle que fait le plan du cadran avec l'horizontale.		

NOTE DE LA REDACTION

H. Michnik publia en 1914 son "BEITRAGE ZUR THEORIE DES SONNENUHREN", débutant ainsi ses publications sur la gnomonique.

En 1922 il publia dans la revue allemande *Astronomische Nachrichten* un article très intéressant sur un nouveau type de cadran solaire «THEORIE EINER BIFILAR SONNENUHR». Cet article a été traduit en espagnol et publié 70 plus tard dans le bulletin «*Analema*».

Précédemment, il a été traduit et également publié dans *Analema*, un autre article intéressant du même auteur : «CONSTRUCTION EINER SIDERISCHEN SONNENUHR» dans lequel il analyse la construction d'un extraordinaire cadran solaire qui indique le temps sidéral.

La théorie du cadran solaire bifilaire, est présenté par Michnik exclusivement comme le lieu géométrique de l'intersection des ombres, dû à la lumière du soleil, de deux fils ou gnomon rectilignes, l'un d'eux vertical, l'autre orienté Est-Ouest. Ce qui permet aux personnes, peu nombreuses, de construire ce nouveau type de cadran.

M. A. Hacar généralisa cette théorie (voir l'article publié dans *Analema* 2) avec une formulation quasi exclusivement mathématique, approfondissant et généralisant le concept de «fil» à n'importe quelle ligne définissable analytiquement.

J. Moreno Bores exposa dans *Analema* 16 un cadran bifilaire dans lequel un des fils est en réalité une circonférence et l'autre un segment.

De nouveau et pour le moment, J. Moreno Bores étend davantage le concept de cadran «bifilaire» au «bisurface» dans lequel l'heure se détermine par l'intersection des ombres de deux surfaces (voir *Analema* 18 et 19).

Le calcul et le dessin de quelques prototypes précédemment décrits ne sont pas simples, ni même en ayant recours à un ordinateur. Disons que c'est très laborieux et, dans certains cas, très frustrant. (Nous ne le recommandons pas, et même le déconseillons, aux gnomonistes débutants).

R. Soler Gayá qui n'est pas un novice dans ce thème, et avant tout le contraire du Grand Maître de l'Ordre Gnomonique, a développé et utilisé les théories et les calculs qui définissent les cadrans incorrectement appelés «bifilaires», depuis que les gnomons ne sont plus constitués de deux fils. Comme bien assurément exposé dans le présent article, il a calculé, dessiné et construit de nombreux cadrans solaires «bilinéaires» d'une admirable originalité, quelques uns d'entre eux ont été mentionnés et primés dans les concours internationaux.

Le remarquable exposé de ce qu'il appelle «les Cas» (auparavant il avait déjà construit de nombreux cadrans bifilaires à fils rectilignes comme dans le cas 1) représente un apport important à l'actuel panorama de ces quasi inconnus, surprenants et, dans quelques cas, beaux cadrans solaires.

Ceci est l'opinion modeste de celui qui écrit cette note, qui fut le premier (et probablement l'unique) traducteur en espagnol, il y a de cela onze ans, des articles de Michnik. Mais qui n'a pas pensé, ni ne pense, à calculer aucun cadran de ce type, excepté le classique bifilaire à fils rectilignes de Michnik.

Ab ordinatoribus calculanda libera nos, Domine.

Notes du traducteur

- ^a Par courbe « naturelle », il est raisonnable de penser que l'auteur veut signifier par là qu'il faut donner au gnomon une forme qui se rapproche le plus de certains phénomènes naturels et que l'on peut aussi désigner au premier degré de « classique ». Comme exemple de « courbe obtenue de façon naturelle » on peut citer le cas du segment, des formes circulaires, du jet d'eau dont la trajectoire est une parabole, de la spirale, de la sphère, etc.
- ^b Ce sont les exemples *académiques* du segment, du cercle, de la parabole, qui sont d'ailleurs les cas abordés dans la deuxième partie de l'article. Le tracé s'obtient plus facilement (c'est très relatif), mais il ne faut pas escompter établir l'expression analytique des courbes algébriques que sont les arcs-diurnes et les lignes horaires...
Tout gnomon dont le profil est défini par une tout autre représentation paramétrique (équations (1) et (2)) amplifie considérablement la difficulté du problème que d'ailleurs ne pourra être résolu que numériquement..
- ^c Bien que les notations soient parfaitement explicités tant dans le texte qu'à la fin de l'article, on peut regretter que l'auteur ne fasse pas l'usage des symboles définies par l'UAI, et que l'on retrouve dans tout ouvrage traitant d'astronomie de position. Adapté aux cosinus directeurs des rayons lumineux cela donne plus clairement :

$$\begin{aligned}x_0 &= OA_x / OA = -\cos \delta \sin H \\y_0 &= OA_y / OA = -(\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos H) \\z_0 &= OA_z / OA = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos H\end{aligned}$$

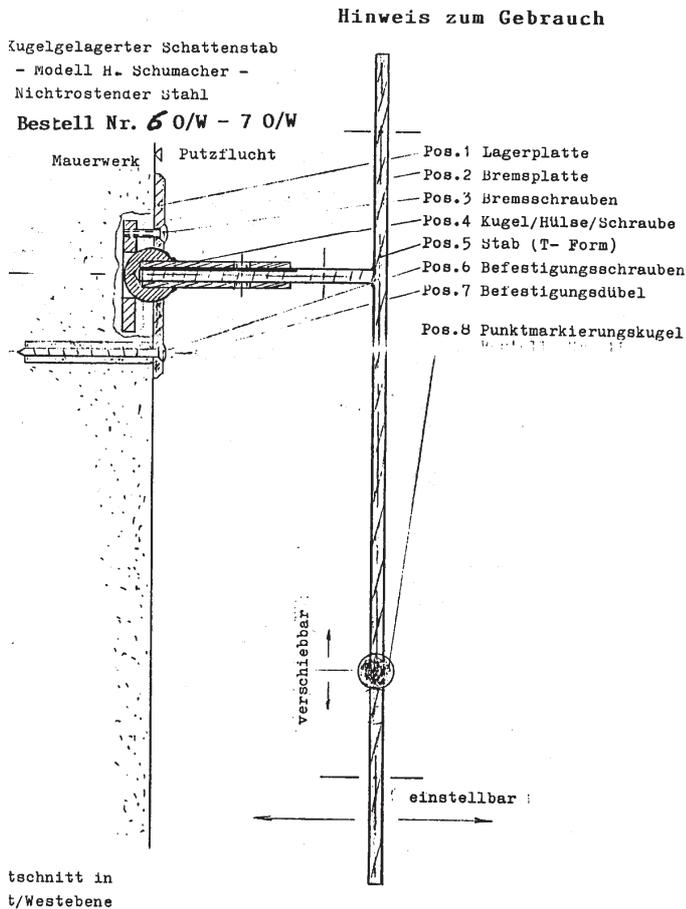
Avec φ la latitude du lieu du cadran, δ la déclinaison du soleil, et H le temps solaire moyen du soleil (angle horaire du soleil).

- ^d On préférera « *gnomon* » à « *ligne* » que produirait une traduction mot à mot, dès lors que l'on admet que le mot *gnomon* représente n'importe quel objet porte-ombre placé au-dessus du cadran. Il en sera ainsi dans tout le reste de la traduction. Bien entendu, une hypothèse s'impose ici d'elle-même : les « gnomons » sont sans épaisseur... (ce qui était évident si l'on utilisait le mot « ligne »).
- ^e L'expression est curieuse et il n'y a pourtant pas d'ambiguïté dans la traduction. Les équations (3) et (4) sont en tout cas les équations canoniques des droites passant respectivement par *R* et *P* (pour le premier gnomon) et *S* et *P* (pour le second gnomon). Les coordonnées de *R* et *S* sont $R(x(l); y(l); z(l))$, $S(x(m); y(m); z(m))$; x_0, y_0, z_0 , étant les cosinus directeurs des rayons lumineux interceptant en *R* et en *S* les deux gnomons.
- ^f La traduction de ce paragraphe est laborieuse et n'est pas très nette...
- ^g Traduction difficile, ce qui fait que le paragraphe proposé n'est pas très fidèle au texte initial, mais ne change en rien le sens donné.
- ^h On acceptera ce barbarisme vu qu'il remplace aisément l'expression « cadran solaire dont le plan est perpendiculaire au plan méridien ». On aurait pu tout aussi bien employer « cadran solaire plein sud ».
- ⁱ Il s'agit bien entendu des cadrans orientaux et occidentaux...
- ^j D'après la figure 5, le gnomon parabolique est convexe et non concave comme cela est précisé dans l'article...

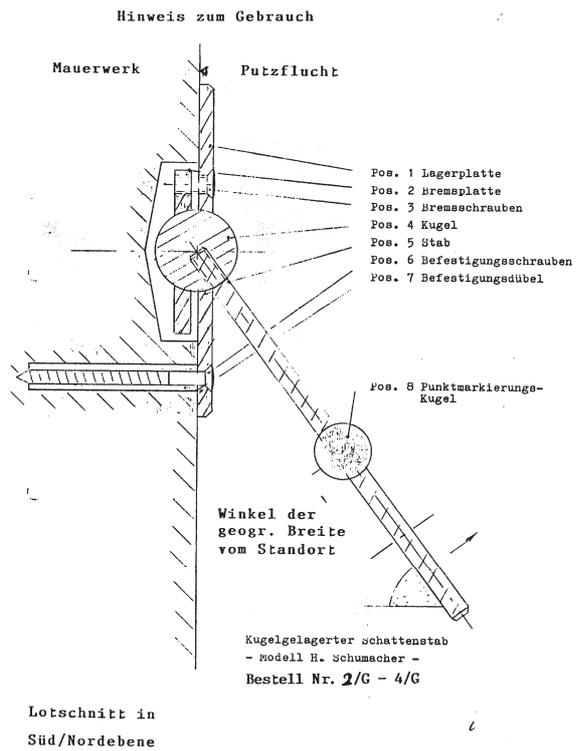
D. Collin.
Calais, avril 2002.

STYLES STANDARDS (d'après J. THEUBET)

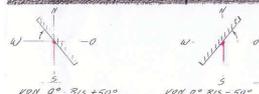
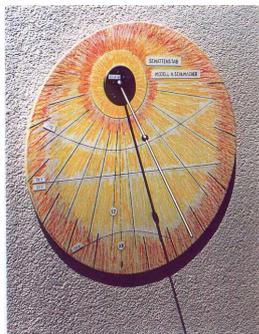
Lors de notre réunion à Lyon, M. Joseph Theubet, nous a fait part de sa découverte de différents modèles de "style prêt à l'emploi". Monté sur rotule ces styles peuvent convenir à la majorité des cadrans classiques. Les schémas 1 et 2, donnent les principes d'articulation permettant l'orientation soit du modèle de style à "centre accessible", soit du modèle à centre "inaccessible". A remarquer la boule à position réglable sur la tige, pour projection d'une ombre ponctuelle.



Schema N° 1 ▲



Schema N°2 ▲



Schattenstäbe für jegliche Zifferblattart (ausg. Ost/West)

Bestell- Nr.	2/G
"	3/G
"	4/G

Schattenstäbe für Ost,- West-Zifferblätter

Bestell- Nr.	6 O/W
"	7 O/W

● Ausführung für jegliche Zifferblattart (ausg. Ost/West)

Best. Nr.	Stab- länge mm	Stab- ø mm	Lager- schein- ø mm	Preis Euro
2/G	550	8	120	43,70
3/G	400	6	95	30,00
4/G	250	4	55	21,50

● Ausführung für Ost,- West-Zifferblatt O/W

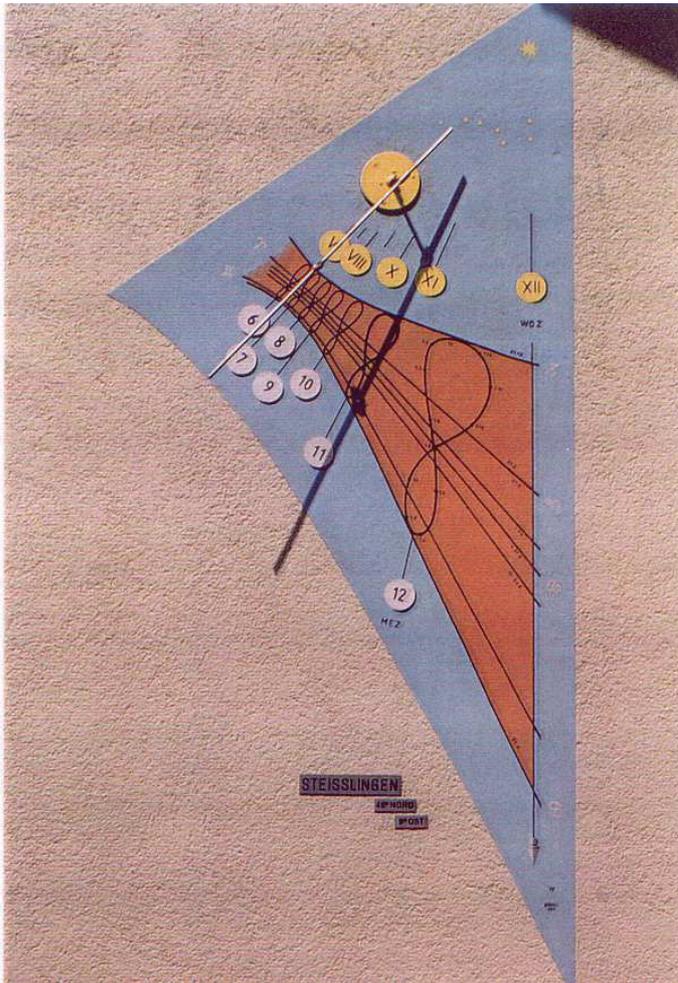
6 O/W	600	6	95	40,00
7 O/W	400	4	55	27,80

Punktmarkierung- Kugeln, auf den Stab aufzuschieben, mit Schraube arretierbar. (Für Datumsanzeige)

●	Aussen ø	Bohrung ø	Preis Euro
9	20 mm	8 mm	5,10
10	15 mm	6 mm	3,80
11	12 mm	4 mm	3,00

Preise ab Werkstatt zuzüglich Verpackung/Porto

◀ Exemples d'utilisation dans le cas d'un cadran déclinant de l'après midi - centre accessible- (figure de gauche) et dans le cas d'un cadran à centre inaccessible (figure de droite); avec caractéristiques des modèles de styles. La boule permet l'utilisation d'arcs diurnes.



◀ Autre exemple de cadran à centre inaccessible, avec arcs diurnes et courbes en 8.

Caractéristiques du cadran ci-contre et du modèle de style utilisé ▼

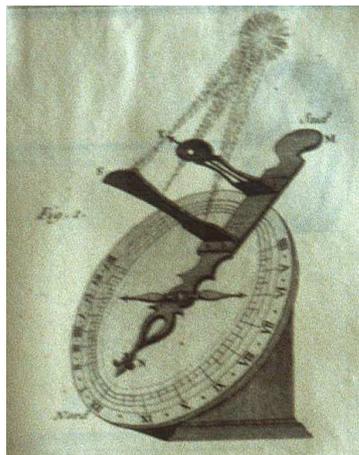
Standort	D - 78 256 Steißlingen, Beurener Str. 26
Geographische Breite	48°
Geographische Länge	9°
Wahrer Mittag	12.24 Uhr MEZ (Jahresmittelwert)
Vertikales Zifferblatt	Süd - Ost
Stundenanzeige durch Schatten vom Stab	Wahre Ortszeit vom Standort Römische Ziffern VI VIII X IX XII
Stundenanzeige durch Punktmarkierung	Mitteuropäische Zeit/Zeitgleichungskurven Arabische Ziffern 6 - 12
Datumsanzeige durch Punktmarkierung	21.12./ 21.3./ 21.6./ 21.9. Familienfesttage
Kugelgelenk Schattenstab mit Punktmarkierung	Modell H. Schumacher, Typ 6 0/W
Malerarbeiten	Vinzenz Herrmann, Singen
Konstruktion	Adolf Nägele, Steißlingen
Gestaltung	Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Chronometrie

Sans caractère publicitaire, le fabricant de ces styles est:

Adolf Nägele; Beurener Str. 26 78 256 Steißlingen Allemagne. Tél: 07738/479.

LE CADRAN SOLAIRE DE L'ACADEMICIEN (J. VIALLE)

Même si des savants de renom comme Réaumur ou Guettard en firent partie en tant que membres associés, les travaux de l'académie royale des belles-lettres, sciences et arts de La Rochelle paraissent, en cette deuxième moitié du XVIII^e siècle, beaucoup plus concerner les belles-lettres que les sciences. Pourtant, les académiciens rochelais ne se désintéressaient nullement des activités scientifiques.



Ainsi, en 1777, Pierre-Henri Seignette¹ se livra à des expériences publiques sur les poissons torpilles, en présence du D^r Walsh de la Royal Society et en 1783, l'académicien Jacques Carayon présenta à la compagnie rochelaise un nouveau modèle de cadran solaire. Ce cadran eut les honneurs d'une publication dans un des journaux scientifiques les plus réputés du temps : le *Journal de Physique* de l'abbé Rozier et de l'abbé Mongez (dit *le jeune*).

Jacques Carayon fils, dit Jacques III Carayon (v. 1746- v. 1796), appartenait à une vieille famille huguenote originaire du Haut-Languedoc. Dans le titre de sa communication (“Description d'un nouveau cadran solaire”, *Journal de physique*, XXIV, avril 1784), il se présente comme “négociant à La Rochelle” mais comme beaucoup de ses contemporains, il s'intéressait vivement aux sciences et occupait ses loisirs à des recherches sur divers sujets. Carayon avait été admis au sein de l'académie rochelaise en 1780 .

Au moment où Carayon concevait son cadran solaire, ces instruments connaissaient une extraordinaire popularité même si les horloges et les montres étaient devenues des objets relativement courants. Ainsi, en 1746, l'abbé Nollet remarquait que “ bien des gens portent encore de ces cadrans solaires garnis de boussoles, qu'on appelle des *Buterfields*, du nom de l'ouvrier qui les faisait le mieux de son temps ” (*Leçons de physique expérimentale*). Ce type de cadran très populaire était apparu dès 1685 et on en fabriqua encore trois-quarts de siècle plus tard ! De même, les façades de nombreuses demeures et bâtiments publics portaient souvent un cadran solaire ou une méridienne (horloge solaire indiquant seulement midi ou l'approche de midi).

On notera au passage que les cadrans anciens sont particulièrement nombreux en Aunis et surtout en Saintonge, et que le département de la Charente-Maritime a longtemps tenu la tête dans le recensement général des cadrans solaires entrepris par la Société astronomique de France. Comment expliquer un tel engouement pour les cadrans solaires alors que les montres et surtout les horloges commençaient à se répandre dans les couches les plus modestes de la société ?

Les cadrans solaires étaient en fait le complément indispensable des horloges et des montres. En effet, bien que des progrès significatifs aient été accomplis au XVII^e siècle, notamment avec les travaux de Huygens (à qui on doit en particulier l'horloge à balancier qui nous est si familière), les horloges avaient encore une marche relativement capricieuse, avec un dérive de l'ordre de la minute par jour (et quelquefois davantage). Il fallait donc périodiquement recalibrer les garde-temps et l'observation de la marche du Soleil était le seul moyen dont on disposait pour cela. C'est une des raisons pour lesquelles les cadrans solaires connurent une telle vogue au XVIII^e siècle. Ainsi, presque tous les traités d'horlogerie de l'époque consacraient un chapitre au réglage des montres et horloges à l'aide d'un cadran solaire. Réciproquement, tous les traités de gnomonique décrivent un protocole de réglage, parfois avec un souci de la précision assez étonnant, comme dans ce traité de dom Bedos de Celles plusieurs fois réédité :

¹ Il s'agit d'un descendant de l'inventeur du *sel polychreste* ou *sel de Rochelle* qui préfigure nos modernes cristaux semi-liquides.

“ Si la Pendule ou l'Horloge se trouvent éloignés de l'endroit où est la Méridienne, comme c'est l'ordinaire, on se servira d'une Montre que l'on mettra à l'heure à l'instant de Midi sur la Méridienne ; & on mettra la Pendule ou l'Horloge sur l'heure où la Montre se trouvera lorsqu'on sera revenu ; ce qu'il convient de faire au plutôt. Si l'on veut une plus grande exactitude, & que la Méridienne ne se trouve pas trop éloignée, on conviendra d'un signal, comme d'un coup de pistolet ou autrement ; & aussitôt que celui qui sera au devant de la Méridienne, voyant arriver l'instant de Midi, se sera fait entendre, on mettra sur le champ l'Horloge à l'heure. Mais il faut observer que si depuis la méridienne jusqu'à la Pendule, il y a 180 toises d'éloignement, le son demeurera à peu près une seconde à parcourir cette distance ; ainsi il faudra avoir égard à ce retardement. S'il y a 300 toises d'éloignement, il faudra avancer la Pendule de deux secondes. ” (Bedos de Celles, *La Gnomonique pratique ou l'art de tracer les cadrans solaires*, éd.1760)

Or, ce souci de l'exactitude qui poussait dom Bedos de Celles à prendre en compte jusqu'à la vitesse de propagation du son, était illusoire car, dans les meilleures conditions, il est très difficile de lire l'heure sur un cadran solaire à mieux que la minute. Il y a plusieurs raisons à cela : “ Plusieurs causes, écrit Carayon, concourent à rendre défectueux les cadrans ordinaires à style fixe. Dans la méthode graphique, les secteurs des lignes prolongées qui forment entr'elles des angles toujours très-obtus ou très-aigus, ne peuvent donner que des à-peu-près, où il faudroit une précision mathématique; le calcul lui-même est soumis à des opérations graphiques, & la pénombre, comme l'on fait, rend toujours douteux le moment précis ; l'on sait aussi qu'on ne peut compter sur l'exactitude des cadrans solaires ordinaires qu'une ou deux heures avant ou après midi. Celui que l'on présente ici paroît exempt de ces inconvénients ; sa construction est facile & n'exige aucuns calculs ; & sa description en est elle-même la démonstration. ” En outre, le diamètre apparent non négligeable du Soleil introduit un effet de pénombre qui altère la précision de la lecture.

Grâce au cadran (ci-dessous, fig 1) décrit dans le *Journal de Physique*, Carayon prétendait pallier tous ces inconvénients.

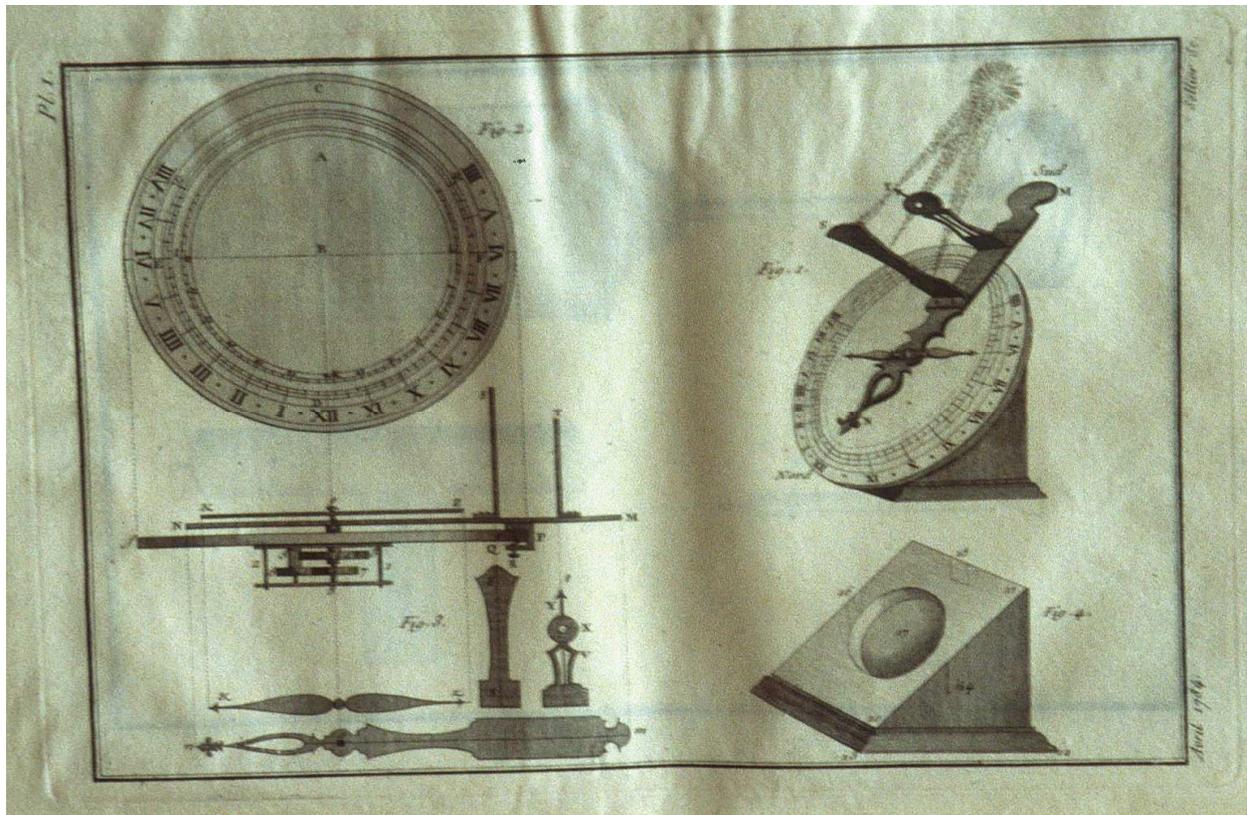


fig. 1 : Le cadran solaire de Carayon (extrait du *Journal de Physique*, t. XXIV).
(cliché Bibliothèque scientifique du Muséum d'histoire naturelle de La Rochelle)

L'instrument se compose d'un disque gradué de 14 pouces de diamètre (environ 35 cm). Une alidade munie d'une pièce porte-ombre et d'une pinnule vient pivoter sur le disque. La pinnule porte une ligne gravée exactement symétrique au dispositif porte-ombre par rapport au pivot central. Il s'agit donc d'un cadran à style mobile, contrairement aux cadrans classiques dans lesquels la pièce porte-ombre est fixe par rapport à la table horaire. L'indication horaire est donnée par trois marqueurs différents : une image du Soleil donnée par un œilleton et les ombres portées par une pointe de flèche et par un fil mince. Carayon espère ainsi minimiser les effets de pénombre. Ces effets sont encore minimisés parce que la pièce porte-ombre est mobile, donc toujours dans la direction du Soleil. De plus, la lecture des minutes se fait non grâce à une ombre tombant sur une graduation mais par l'intermédiaire d'un index auxiliaire mobile actionné par un ingénieux jeu d'engrenages à mesure que l'alidade se déplace. Carayon prétend même qu'avec une graduation convenable, il serait possible de lire la demi-minute. Enfin, le tracé d'un tel cadran repose non pas sur le report d'angles de valeurs inégales (et dont la valeur, déterminée par le calcul ou par la géométrie, s'exprime le plus souvent en degrés et fractions de degré) mais sur une division du cercle en parties égales, beaucoup plus facile à réaliser puisqu'on peut alors avoir recours à une machine à diviser.

Dans quelle mesure ce modèle est-il innovant ? En fait, dès le début du XVIII^e siècle, un certain nombre de facteurs de cadrans proposaient des cadrans mécaniques permettant de lire la minute et on en trouve des exemples dans les collections de plusieurs musées, notamment le *Whipple Museum of the History of Sciences* de Cambridge et le *Musée de la vie wallonne* de Liège. Le plus ancien modèle que l'on connaisse est daté de 1671 (conservé au *Landesmuseum* d'Innsbruck). On peut donc raisonnablement supposer que l'idée était dans l'air depuis un certain temps et que Carayon n'a fait qu'en proposer une adaptation, plus facile à réaliser il est vrai.. On remarquera cependant que le négociant rochelais ne donne aucun détail sur la mise en station de l'appareil alors que la mauvaise orientation d'un cadran entraîne une erreur bien plus importante que celle due à l'imprécision de la lecture.

Cette version rochelaise du cadran à minutes appelle quelques autres remarques. Ainsi, Carayon dit avoir construit son cadran lui-même (“ *le cadran que j'ai exécuté...* ”) Or le modèle présenté suppose des opérations de découpe du métal, la division d'un disque (de laiton ?) en parties égales et la taille et le montage du train d'engrenages qui entraîne l'index des minutes. Il s'agit typiquement d'un travail d'horloger dont on peut douter qu'il ait été réellement exécuté par le négociant rochelais. Même dans l'hypothèse où il aurait récupéré des roues dentées sur une horloge, la division du disque et le montage de ces roues supposent un outillage spécialisé et un savoir-faire certain. Il est donc très probable que le modèle fut réalisé sur les indications de Carayon par un artisan (un horloger ?) disposant de cet outillage. Bien qu'ils aient laissé peu de traces, il est vraisemblable que des artisans capables de construire des instruments scientifiques ont effectivement séjourné à La Rochelle : on trouve par exemple dans les *Affiches de la généralité de La Rochelle* la mention d'un sieur Pedrasio, qui “ *fait et vend des baromètres & toutes sortes d'instruments de physique et de mathématiques et les raccommode* ” (*Affiches*, n° 40, 1^{er} octobre 1779).

Enfin, la communication faite par l'académicien rochelais offre quelques aperçus intéressants sur la représentation qu'on avait du temps au XVIII^e siècle et plus particulièrement à La Rochelle. On remarquera que, comme tous ses contemporains, Jacques Carayon s'évertue à régler les horloges sur le temps des cadrans solaires (*temps solaire vrai*). Toutefois, pour des raisons qui tiennent à la mécanique céleste, la marche diurne du Soleil n'est pas parfaitement régulière. Il en résulte que, selon la saison, les cadrans solaires sont tantôt en avance, tantôt en retard sur les horloges qui délivrent, elles, un *temps moyen* uniforme. Comme elles étaient en permanence en désaccord avec les indications des cadrans solaires, on accusait donc à tort les horloges et les montres de mal fonctionner alors que la faute en incombait à la marche irrégulière du Soleil. Et tout cela au grand dam des horlogers, fussent-ils aussi célèbres que l'Anglais Le Roy : “ *Le président revint du méridien, en grondant de ce que sa montre retardait de quelques minutes : il promit que jamais Julien Le Roi ne travaillerait pour lui, et qu'il ferait venir exprès de Londres une douzaine de répétitions.* ” (Godard d'Aucour, *Thémidore ou mon histoire*, 1745).

Il existait pourtant un moyen de corriger les indications du cadran solaire pour faire en

sorte qu'il donne le temps moyen. Comme le temps moyen local est tantôt en avance, tantôt en retard sur le temps solaire vrai, l'ensemble des points sur lesquels tombe l'ombre jour après jour à midi (temps moyen local) dessine une sorte de courbe affectant la forme d'un 8 irrégulier. Cette *courbe de correction de temps moyen*, dont l'invention est traditionnellement attribuée au secrétaire perpétuel de l'Académie royale des sciences, Grandjean de Fouchy, apparut pour la première fois à La Rochelle sur un cadran solaire public vers 1764 (à peu près une trentaine d'années après son invention). Bien qu'assez dégradée, cette méridienne est toujours visible sur un hôtel particulier de la Place de Verdun au coin de la rue des Écoles. Elle permettait donc au passant de contrôler la régularité de sa montre en lui donnant le temps moyen. Lorsque Carayon présenta son cadran à la compagnie rochelaise, il connaissait sans nul doute l'existence de cette méridienne mais il n'en perçut probablement pas l'intérêt. Comme à beaucoup de ses contemporains, il lui paraissait bien plus naturel d'adapter la marche régulière des horloges à celle, irrégulière, des cadrans solaires.

Une dizaine d'années plus tard, en l'an II de la République, un certain citoyen Robin demanda à la Convention de décréter “ *que le temps moyen est l'heure civile par-tout la République* ”. “ *J'appuierai ma proposition, poursuit-il, sur l'invention de ces instruments, qui sont construits pour mesurer le temps uniformément. Il est donc ridicule de vouloir régler leur marche sur un mouvement irrégulier comme celui du soleil. 2. sur ce que les besoins de la vie civile et sociale, comme aussi toutes les observations, ont besoin d'une division régulière. 3. qu'il n'y a personne qui ait besoin de régler ses affaires, ses exercices, ses emplois sur la marche du soleil; il n'est notre régulateur que parce que ses inégalités étant connues, il peut nous servir de vérificateur pour nos affaires. [...]* ” (Robin, R. : *Description de la pendule astronomique décimale à seconde, à remontoir et à sonnerie décimale; présentée à la Convention Nationale, an II*).

Il faudra encore un siècle pour que s'impose la nécessité d'un temps moyen étendu à l'ensemble du territoire national. Néanmoins, l'idée était déjà dans l'air au moment où Carayon présentait son cadran et l'horloge mécanique, en tant que régulateur de nos activités, commençait à supplanter l'horloge solaire. En définitive, dans la mesure où il néglige de prendre en compte l'irrégularité de la marche du Soleil, le cadran à minutes de l'académicien Carayon apparaît comme une solution ingénieuse mais dépassée. Bien qu'il n'ait pas été à proprement parler une innovation, il n'en est pas moins un témoignage intéressant sur les préoccupations de nos ancêtres à propos du temps et de sa “ mesure ”.

Infos-échanges-~~bric à brac~~ à bric à brac gnomonique

Cadran de hauteur type BRIDOU:

Monsieur Gagnaire nous fait suivre la photographie de ce bâton de berger, réalisé par H-J Morel, dont nous avons apprécié les photos plus sérieuses en 3D de l'horloge de la cathédrale de Lyon le 1^{er} juin dernier.

Cadran de hauteur type BRIDOU
Bâton de berger (réemploi)

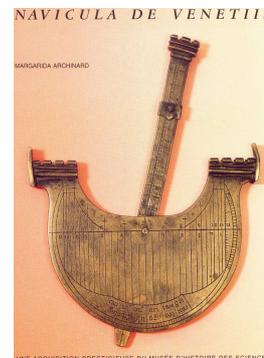


Des livres et des revues:

■ "Construction géométrique des cadrans solaires de direction" (une douzaine de pages, en français) extrait de: SCIENZA E STORIA, Bolletino del Centro Internazionale di Storia dello Spazio e del Tempo n7. Disponible à notre bibliothèque. (Offert par M. J Theubet)



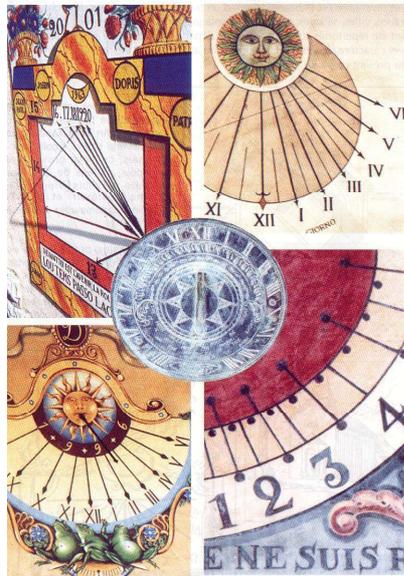
■ " Navicula de Venetis" de Margarida Archinard. Article de 8 pages avec descriptions, photos et formules de calcul de la navicula acquise par le musée de Genève -Inv 2139. (Voir photo en dernière page de ce bulletin). Disponible à notre bibliothèque. (Offert par M. J Theubet)



■ "Les Cadrans Solaires Rectignes". Formules et tracés géométriques de ces cadrans. Disponible à notre bibliothèque. (Offert par M. J Theubet)

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

■ Les Editions du CABRI, quartier Giandola, 06 540 BREIL, tél: 04 93 04 46 91, www.cabri.fr; proposent une réservation du livre "CADRANS SOLAIRES DES ALPES-MARITIMES". (le prix à la souscription est de 59^e, frais de port gradué, sortie: été 2002).



A commander aux Editions du Cabri
Quartier Giandola 06540 - Breil-sur-Roya (Tél. 04.93.04.46.91)

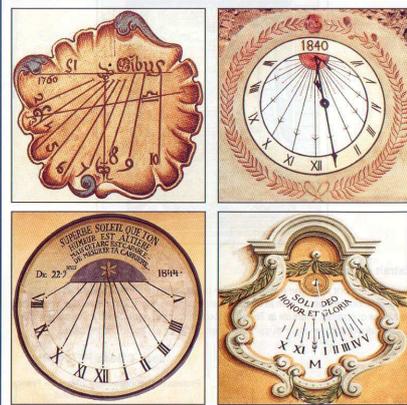
A PARAÎTRE PROCHAINEMENT GRACE A VOTRE SOUTIEN

CADRANS SOLAIRES DES ALPES-MARITIMES

Un ouvrage encyclopédique des cadrans solaires de ce département comprenant, pour chacun d'eux, un texte descriptif technique, architectural artistique et historique.

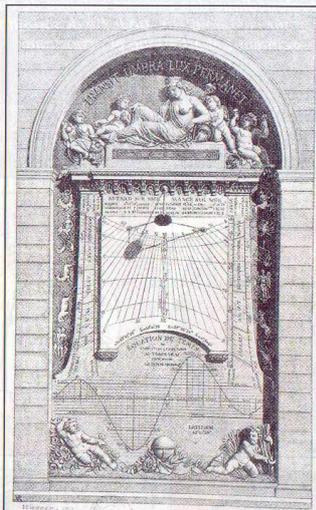
par

Bertrand Lettré, architecte départemental du patrimoine
Maurice Marin, ingénieur honoraire de l'Observatoire de la Côte d'Azur
Georges Vêran, ingénieur honoraire de la Ville de Nice, membre de l'Académie Nissarda



RESERVEZ DES AUJOURD'HUI VOTRE EXEMPLAIRE

Un superbe album retraçant également l'histoire des premiers gnomons, l'âge d'or de la gnomonique et le déclin des cadrans solaires supplantés par l'heure légale, avec l'ère industrielle ; texte complété d'un glossaire ainsi que d'un chapitre sur la lecture et la construction de cadrans.



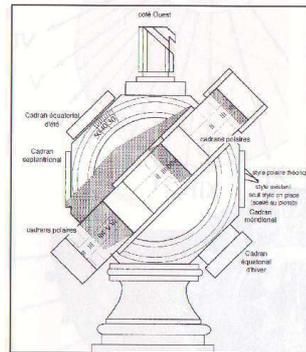
Extrait de la préface :

"Les auteurs ont fait là un travail superbe où le sentiment esthétique s'accompagne d'une réflexion philosophique et d'une prise de conscience scientifique, non seulement du temps qui passe, mais de la Terre qui tourne, tourne, depuis des milliers d'années et sans doute encore pour aussi longtemps... Qu'ils en soient remerciés..."

Jean-Claude PECKER

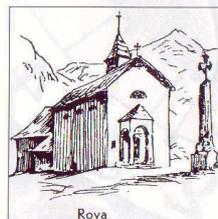
Professeur honoraire au Collège de France
Membre de l'Institut
Ancien Directeur de l'Observatoire de Nice

Cet inventaire est l'aboutissement d'un travail de trois années de recherches à travers villes, villages, plaines et montagnes, au cours desquelles 766 cadrans ont été répertoriés sur l'ensemble du département. Environ 470 présentant un réel caractère scientifique, historique ou artistique ont été retenus et font l'objet du présent ouvrage.

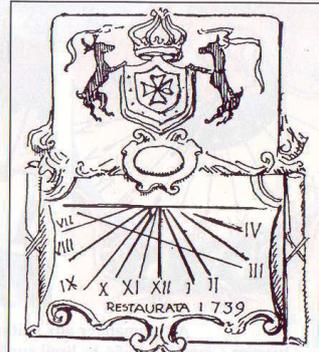


Leurs listes ont été établies et présentées par secteurs ou vallées afin d'en faciliter la découverte : pays niçois, mentonnais, cannois, grassois et vençois, vallées de la Roya-Bévéra, Vésubie, Tinée, Var, Cians, Estéron et Nervia (anciennes communes du Comté de Nice).

D'agréables promenades en perspective à travers le Comté de Nice et l'Arrondissement de Grasse où, en ce début de III^e millénaire, ces témoins du temps passé et de la vie quotidienne demeurent.



Un remarquable ouvrage de 336 pages, format 24 x 32 cm, illustré de plus de 750 photos en couleurs, dont certains documents anciens, 12 plans de situation et une cinquantaine de dessins.



Quelques Sites internet

- Un site consacré aux cadrans (une version anglaise devrait bientôt voir le jour):

° www.heliosuhren.de

(Info de F. PINEAU)



- Sites européens de cadrans solaires (outre l'Espagne et le Québec mentionnés dans cadran info N° 5) :

ALLEMAGNE: Arbeitskreis Sonnenuhren

° <http://www.dgchrono.de>

AUTRICHE: Austrian Working Group for Sundials

° <http://members.ping.at/astbuero/av.htm//sonnenuhren>

(en allemand - <http://tirol->

php.highway.telekom.at/schwarzinger//gsade.htm)

(en anglais - <http://www.tirol.com/sundial/>)

BELGIQUE: Zonnewijzerkring Vlaanderen

° <http://www.zonnewijzerkringvlaanderen.be>

FRANCE: Cadrans solaires et méridiennes de Paris

° www.iap.fr/saf/csm

GRANDE-BRETAGNE: GUERNESEY; obélisque indiquant le jour de la libération du 9 mai 1945

° www.astronomy.org.gg/liberation.htm

ITALIE: L'UAI-Unione Astrofili Italiani

° http://www.uai.it/sez_gqs/index.htm

Pise

° <http://www.nauticoartiglio.lu.it>

PAYS-BAS: Zonnewijzerkring Vlaanderen

° <http://www.zonnewijzerkringvlaanderen.be>

(Info de A. Gotteland)

- Un site très "lumineux" contre "l'heure d'été":

° <http://www.shedrupling.org/activist/heure/heure.htm#Sondage>

(Info de N. Marquet)

- Repérage espace et temps (mouvements de la terre, histoire de la mesure du temps, le sextant...)

° <http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/ac...dago/ TextesCours/ Websextant/Sextant.htm>

- Echelle de Temps, la fabrication du temps (le temps des astronomes aux physiciens)

° <http://www.bdl.fr/Granpub/Promenade/pages4/447.html>

- Un cadran solaire horizontal (l'astronomie facile)
 - <http://www.cafe.rapidus.net/algauthi/solar.htm>
- Le livre du Temps (cadran polaire de JM. Ansel, situé en Belgique)
 - http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/cadransolaire/p9v6no1.html
- Cadran solaire de l'école Boileau à Paris
 - http://boileau.paris.iufm.fr/U_Cadran/cadran.htm
- Construction d'un cadran solaire horizontal (Association des Astronomes d'Auvergne)
 - <http://rockefeller1.univ-lyon1.fr/~romeuf/ObservatoiresAugerollesCunhat/Ressources...>
- Conception et réalisation théorique d'un cadran solaire
 - http://pedagogie.ac-aix-marseille.fr/physique/sciencs_physiques/menu/Activites_pedagogique
- Construction géométrique d'un cadran solaire
 - <http://www-cabri.imag.fr/cabriole/Numero9/Bricolo/cadranSolaire9.html>
- Les cadrans solaires (équation du temps, courbe en 8, cadran solaire horizontal hyperbolique, programme de calculs)
 - <http://www.archaero.com/cadransolaire.htm>
- La Nef, cadran solaire de Tavel réalisé par D. Savoie (mode d'emploi)
 - http://www.ac-montpellier.fr/scphysiques/Nef_Solalaire/mode_emploi.htm
- Comment mesurer l'orientation d'un mur? (par F. Blateyron)
 - <http://web.fc-net.fr/frb/sundials/frorienmur.html>
- Navigation terrestre à l'aide du cadran solaire (description de compas solaires, d'un astro compas)
 - <http://www.atco-fr.COM/cadrans/navigation/naviga.php3>
- Réalisation de 3 cadrans solaires (retour d'une expérience)
 - http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/cadransolaire/text2sl.html
- Gnomonique (description d'éléments de projections azimutales gnomoniques)
 - <http://www.lutecium.org/jacsib/papers/1950203a/node6.html>
- TP pour les jours d'équinoxe (construction d'un cadran aux jours des équinoxes)
 - <http://www.ac-nice.fr/physique/fb/aclasse/cadsol.html>

(Infos de Ph.Sauvageot)

Un cadran solaire en direct sur le WEB

Le site de M. Y.Guyot (<http://perso.wanadoo.fr/yves-guyot>), équipé d'une webcan, montre en direct, lorsqu'il y a du soleil, le passage de celui-ci au méridien de Thiers projeté sur un cadran solaire-méridienne.

Un tableau visible à l'écran, permet de connaître l'heure de la montre. Ce cadran particulier donne également la hauteur du soleil, la date, les saisons et les signes zodiacaux.

Ce site a été retenu par France Telecon Wanadoo, pour représenter l'Auvergne au concours national des Nets d'Or des pages perso. Il est déjà désigné NET d'OR région Auvergne dans la catégorie "Sciences et Techniques.

(info de Y. Guillot)

Cadran Info, source d'échanges et de savoir

Depuis sa création, il y a juste 3 années, Cadran Info est devenu une plateforme d'échanges et de savoir incontournable.

Sa variété est grande: théories, études, expériences pratiques, informations diverses (livres, site internet...)

Afin de vous faciliter la recherche d'un article paru dans un précédent numéro, nous les avons classé par type.

(E= Etudes; D=Sujets diverses; M=Méthode de réalisation; P=Conseils pratiques)



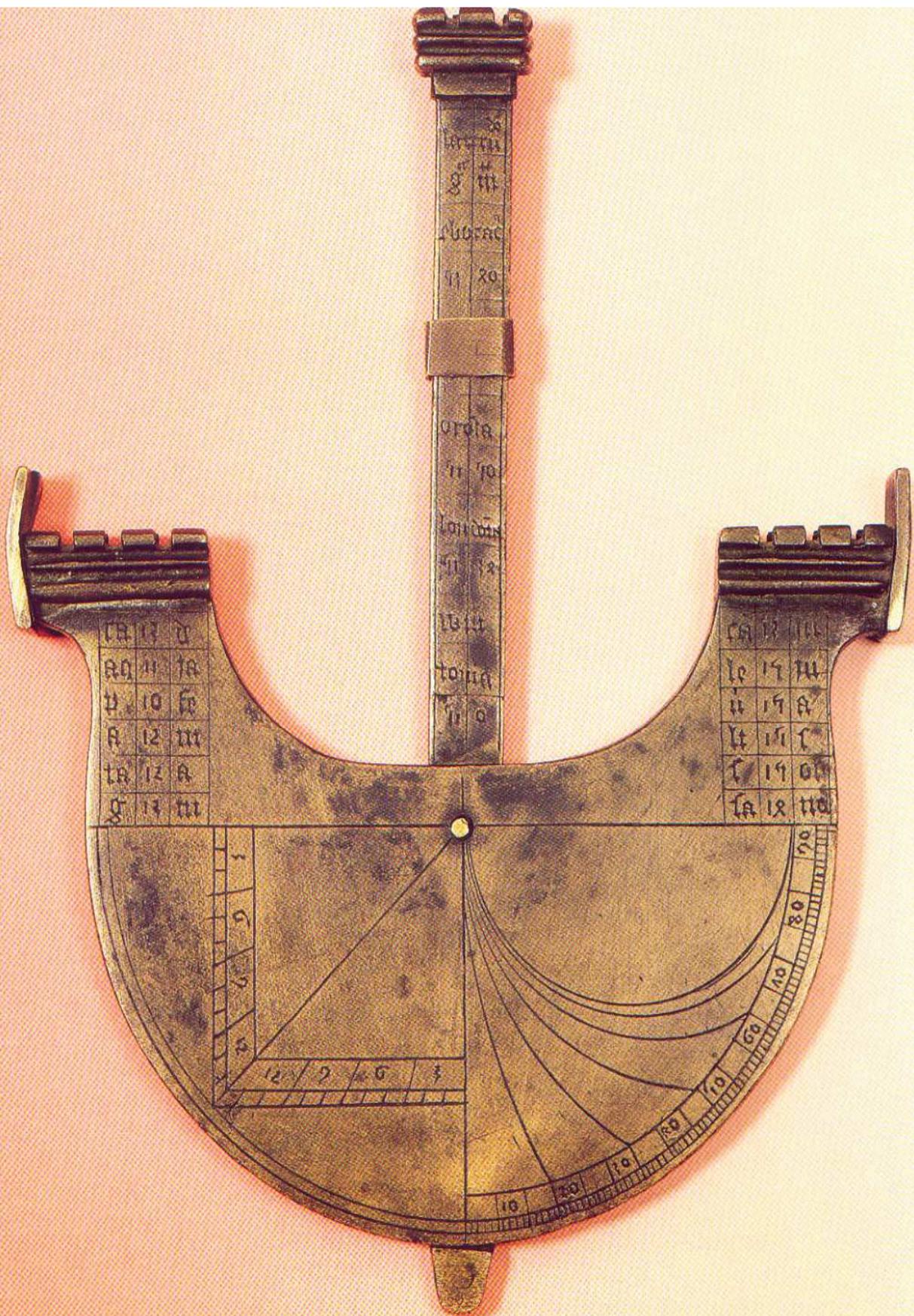
Ty	Titres	Auteurs	C.I
D	Cadrans de série: fléaux ou bienfaits de la gnomonique.	Savoie D.	2
D	Des questions, des énigmes		4
D	En fouillant les archives		3
D	En fouillant les archives: Description d'un cadran sidéral à "Bois-Adam		5
D	Infos-Echanges-Bric à Brac gnomonique (livres, sites internet...)		5
D	Les annonces		3-4
D	Mise à disposition d'un guide pour réaliser une exposition de cadrans solaires.	Fort J.	2
E	A propos des cadrans canoniaux	Fort J	3
E	Analemme et cadrans analemmtiques	Fort J	3
E	Appunti per uno studio delle meridiane islamiche .	Ferrari G. et Severino N.	1
E	Cadran de Catane déplacé à Rome	Bacchus P	3
E	Cadran solaire portable à style et table transparents	Mullet M	3
E	Cadrans à projection équatoriale	Collin D	4

E	Cadrans cruciformes	Fort J	4
E	Cadrans luni-solaires	Savoie D	5
E	De l' astrolabe de Roias à 4 cadrans universels.	Masse Y.	2
E	Etude théorique du " gnomon inadapté ".	Pakhomoff J	1
E	Gnomonique satellitaire	Savoie D	5
E	L'archéoastronomie		2
E	L'Art et la manière de ZARBULA .	Gagnaire P.	1
E	Le cadran solaire invisible	Savoie D	3
E	Le gnomon astroïde de Freeman	Pakhomoff J	3
E	Les " styles à poids "	Fort J, Grégori S	5
E	Les cadrans solaires anciens d'Aunis et de Saintonge.	Vialle J.	1
E	Les CS de Paris depuis 1997.	Gotteland A.	2
E	Méridienne des quatre temps.	Gagnaire P.	2
E	Méridienne du château de Souches	Deciron P	3
E	Montre solaire portable	Mullet M	3
E	Nouvelles heures temporaires .	Gagnaire P.	2
E	Un orologio solare a piu aste.	Ferrari G.	1
E	Une méridienne est-elle un instrument astronomique?	Fort J	4
M	Alcune formule per la ricerca della posizionz e della unghezza stillo in orologi solari da restaurare.	Ferrari G.	1
M	Bifilaire vertical déclinant	Collin D	3
M	Cadran scaphé cylindrique	Dallet P	5
M	Cadran solaire en projection stéréographique	Dallet P	5
M	Cadrans épicycloïdaux ou hypocycloïdaux	Rouxel B	5
M	Cadrans orthomeridionaux à refraction	Soler Gaya	5
M	Calcul de la position du soleil .	Bassinot E.	2
M	Calcul de l' inclinaison, déclinaison et latitude d'un cadran en fonction de ses lignes horaires".	Boussonville M.	1
M	Méthode de détermination de la déclinaison gnomonique.	Collin D.	1
M	Théorie et pratique des cadrans analemmatiques circulaires de Foster et Lambert .	Pakhomoff J.	1
M	Un cadran analemmatique	Dallet P	3
M	Un cadran équatorial	Dallet P.	
M	Un cadran horizontal	Dallet P	3
M	Un cadran indépendant de la latitude	Dallet P	4
M	Un cadran solaire plan, horizontal, à style bifilaire	Collin D	5
M	Un cadran vertical	Dallet P.	2
M	Un metodo per l' orietamento di un piano orizzontale in condizioni particolari.	Ferrari G.	1
M	Une navicula	Dallet P	4
P	Le nocturable	Ansel J. M	4
P	Du style à sa fixation (1).	Ansel J.M	1
P	Le style (n°2): matériaux à utiliser	Ansel J.M.	2
P	Le style (n° 3)	Ansel J.M.	3
P	Les cadrans solaires invisibles : de la théorie aux maquettes	Vercasson	3
P	Traçage des lignes d'un cadran solaire	Fort J	5
P	Tracer un cadran sur une surface quelconque	Vercasson	4

MARGARIDA ARCHINARD



Navicula - Musée d 'histoire des sciences - GENEVE



EXTRAIT DE GENAVA, N.S., T. XLIII, 1995