

N° 19 Mai 2009

<http://www.astrosurf.com/saf/>

> Site SAF COMMISSION DES CADRANS SOLAIRES

# Cadran Info

Revue de la Commission des cadrans solaires

## Nos dossiers

- "Corniche", un nouveau type de cadran
- L'armillaire du 3<sup>ème</sup> millénaire

### ● Présentations

La méridienne de Périnaldo  
Cadrans jumeaux  
Cadrans des cathédrales d'Albi  
et de Strasbourg  
Analemme circulaire  
Cadrans canoniaux arméniens  
Cadrans d'Alsace

### ● Etudes

Levers et couchers du soleil  
Arcs diurnes et position du soleil  
Le "cherche Qibla"

### ● A réaliser

Cadran dans un bassin  
Cadran équatorial

### ● Des cadrans mystérieux

Le secret de Saint-Romain  
L'étrange table de Saint-Julien  
Le Gnomonhydre

### ● Informations diverses

Nouvelles réalisations, publications  
françaises et étrangères, les nouvelles  
gnomoniques...

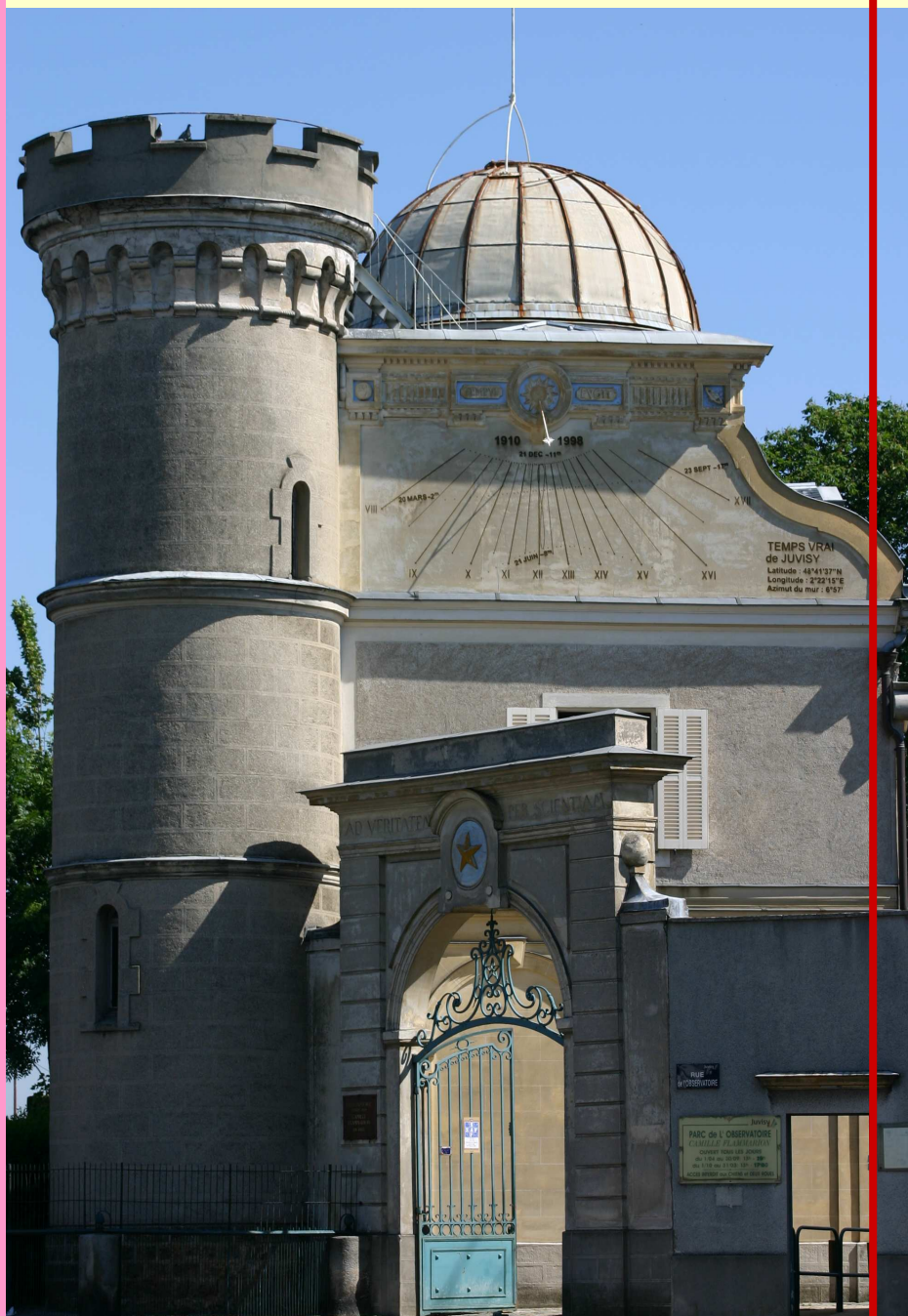
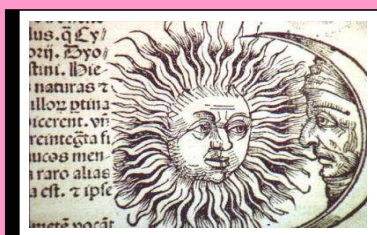
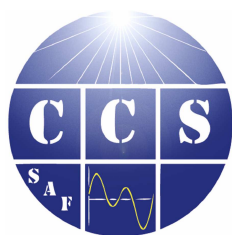




photo de Paul-André Coulbois

**Cadran dans un palais de Séoul en Corée**



## Sommaire du N° 19

<a href="#">La méridienne de Perinaldo</a>		Anselmi Riccardo	4
<a href="#">Cadrans jumeaux spéculaires</a>		Anselmi Riccardo	10
<a href="#">Cadran solaire sur un barrage</a>		Baillet Gérard	14
<a href="#">Cadrans de la cathédrale d'Albi</a>		Benoit Didier	19
<a href="#">Cadrans des années 60</a>		Benoit Didier	26
<a href="#">Cadrans de la cathédrale de Strasbourg</a>		Brelivet Guy	29
<a href="#">Levers/couchers du soleil sur cadran</a>		Dallet Pierre Joseph	32
<a href="#">Buenaventura Suarez</a>		Kriegler Reinhold R	35
<a href="#">Cadrans sur édifices religieux arméniens</a>		Lush Julian	37
<a href="#">Le "Cherche-gibla"</a>		Massé Ivon	41
<a href="#">L'apolyciel</a>		Opizzo Yves	45
<a href="#">Analemme horizontal circulaire</a>		Reymann Francis	63
<a href="#">La fontaine d'azimut</a>		Robic Joel	65
<a href="#">Le Gnomonhydre</a>		Sauvageot Philippe	69
<a href="#">Cadran à corniche</a>		Savoie Denis	71
<a href="#">Cadrans canoniaux arméniens</a>		Schneider Denis	81
<a href="#">Faites-les vous-mêmes : cadran équatorial</a>		Theubet Joseph / Malassinat Serge	83
<a href="#">Vita sua brevis fuit</a>		Theubet Joseph	84
<a href="#">Le secret de St-Romain</a>		Ugon Michel	86
<a href="#">L'étrange table de Saint-Julien</a>		Ugon Michel et Gagnaire Paul	94
<a href="#">Arcs diurnes et position du soleil</a>		Vial Alexandre	125
<a href="#">Informations diverses</a> Dernières réalisations, Informations en continu, Gnomonique du Monde, Autres informations, Des livres et des revues, Articles à paraître.		Aubry G; Dallet PJ; Theubet J; Trouis M; Sauvageot Ph; Sociétés étrangères; Daled E; Yukio O; Del Favero E; Brelivet G; Mazziotti T; Ferreira A; Sawyer F.	129

Version sur CDrom:

Cliquer sur [le titre](#) de l'article pour ouvrir celui-ci (lien hypertexte)



Indique que l'étude détaillée ou le logiciel est inclus dans le dossier "annexe"

### Couverture de "Cadran Info"

Cadran solaire de la SAF ornant l'entrée de l'observatoire de Camille Flammarion à Juvisy (Essonne)  
Caractéristiques du cadran: vertical méridional déclinant (6°57'), latitude 48°41'37" N, longitude 2°22'15" E.  
Date de construction: 1910, restauration en 1998.

Photo P. Gojat

# CADRAN-INFO

est un moyen de diffusion d'articles gnomoniques rédigés principalement par les membres de la "commission des cadrans solaires" de la SAF.

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

**CADRAN-INFO** est une formule simple et flexible qui regroupe la majorité des présentations faites lors de nos 2 réunions annuelles ainsi que des articles reçus en cours d'année.

**CADRAN-INFO** est devenu au cours des années UNE référence d'études, de techniques, de méthodes pour certaines totalement inédites. La liste de l'ensemble des items traités et classés par ordre alphabétique est disponible sur demande.

**CADRAN-INFO** paraît en Mai et en Octobre. Il est vendu lors des deux commissions ou adressé sur demande (participation aux frais) sous forme: papier (tirage N&B ou en couleurs) et CD (les N°1 à 5 sont des scannes des tirages papier).

A partir de **CI** N°11, les logiciels ou certains documents numériques sont mis à disposition dans la version CDRom.

Dans un souci d'échanges de connaissances et d'informations, **CADRAN-INFO** est offert aux autres associations gnomoniques (Allemagne, Angleterre, Autriche, Belgique, Canada, Espagne, Hollande, Italie, Japon, USA, Suisse).

Ph. Sauvageot

Vice-Président de la Commission des cadrans Solaires

## Remarques:

- ◆ Les articles sont présentés par ordre alphabétique des auteurs (ou en fonction de la composition du bulletin). Le contenu est sous la responsabilité de l'auteur.
- ◆ Les articles<sup>1</sup> sont à envoyer à Ph. Sauvageot (directement à son domicile) par mail ou sur CDrom/DVD PC (Word, Excel, Access, **PAS DE PDF**) 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 leur envoi.
- ◆ Les auteurs doivent obligatoirement indiquer leurs sources et/ou références si le sujet a déjà fait l'objet d'articles ou de communications récents.
- ◆ 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.

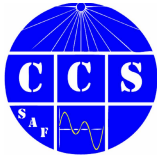
## **Pour tout renseignement:**

Ph. SAUVAGEOT 7, rue de Gloriette 91640 Vaugrigneuse: [sauvageotph@wanadoo.fr](mailto:sauvageotph@wanadoo.fr)

Ou au secrétariat de la SAF, 3 rue Beethoven 75016 PARIS

*Aucun caractère publicitaire dans les informations données dans le bulletin*

<sup>1</sup> Police: Times New Roman, taille: 12, marges: 2,5



## La méridienne de Perinaldo

Par Riccardo Anselmi

*La réalisation d'une méridienne intérieure horizontale (en italien : camera oscura) de grande dimension est de nos jours, comme aux siècles passés, un événement tout à fait exceptionnel, en particulier dans une église. Voici la description de celle de Perinaldo en Italie, en l'église de la Visitation.*

Plusieurs grands astronomes mathématiciens des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles exploitèrent les surfaces intérieures de grandes églises dont l'ampleur et la statique garantissaient la fiabilité des données relevées. Citons :

- Paolo dal Pozzo Toscanelli (Florence, 1397 – 1482), qui fit percer un trou de lumière à 90 m de hauteur dans la coupole de Brunelleschi. Il s'agit absolument du plus élevé.

- Egnazio Danti (Perugia, 1536 – Alatri, 1586), membre de la commission chargée par le pape Grégoire XIII de la réforme du calendrier julien, réalisa le premier orifice gnomonique de la Basilique de San Petronio, ainsi que d'autres redécouverts récemment dans l'Église de Santa Maria Novella à Florence.

- Gian Domenico Cassini (Perinaldo (Im), 1625 – Paris, 1712), auteur de la méridienne de la Basilique San Petronio à Bologne.

- Francesco Bianchini (Vérone, 1662 – Rome, 1729) et Giacomo Filippo Maraldi (Perinaldo, 1665 – Paris, 1729) réalisateurs de la méridienne Clémentine de la Basilique des Anges et des Martyrs à Rome.

Ces grandes méridiennes furent réalisées sous le patronage de l'Église qui était très intéressée à établir avec précision le midi local et en particulier la date de l'équinoxe de printemps indispensable pour déterminer, avec la lunaison, la date de Pâques.

Ces magnifiques œuvres fournissaient aussi d'importantes données comme la définition de la position du pôle céleste, le déplacement de l'étoile polaire dû à la précession d'équinoxes, les solstices, l'inclinaison de l'écliptique, etc.

N'étant plus en état de concurrencer les nouvelles technologies, ces méridiennes perdirent beaucoup de leur importance au cours des siècles et furent reléguées à l'état de simples objets décoratifs, perdant même dans certains cas leur fonctionnalité première. Ce n'est que récemment que quelques-unes ont été revalorisées par des interventions opportunes. Certaines ont subi des dommages irréparables comme la méridienne du Dôme de Milan, datant de 1786, oeuvre de Giovanni Angelo de Cesaris, qui, malgré plusieurs restaurations (la dernière datant de 1976), conserve seulement le signe d'origine du capricorne car situé sur une paroi, alors que les onze autres signes du zodiaque ont disparu lors de la réfection du pavement, remplacés par des figures modernes.

La méridienne de Cassini a été revalorisée grâce à l'engagement passionné de Giovanni Paltrinieri, auteur de nombreuses publications qui traitent de cette question. La réfection de ladite méridienne Clémentine est par contre due à Mario Catamo et Cesare Lucarini, spécialistes en la matière, et auteurs d'interventions spécifiques à la Basilique Sainte-Marie des Anges et des Martyrs à Rome. On leur doit également la publication du livre "Il Cielo in Basilica" qui décrit avec abondance de détails les caractéristiques de cette horloge solaire et de son histoire.

A l'occasion du solstice d'hiver de 2007, on a inauguré à Perinaldo, village natal de Gian Domenico Cassini (province d'Imperia), une méridienne dans l'Église de la Visitation, œuvre de Giancarlo Bonini, à laquelle ont contribué Emanuela Bielli, Endrio Derin, Tiziano Casanova et Andrea Pastorino, tous collaborateurs de l'observatoire astronomique "G. D. Cassini" de Perinaldo.

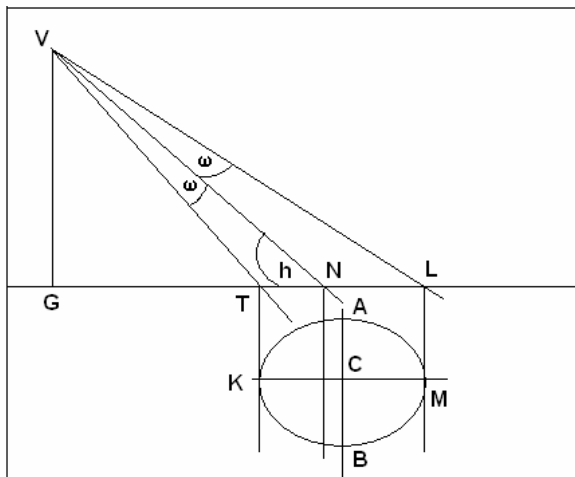
Un événement extraordinaire et probablement certainement unique ! En effet, pourquoi construire aujourd'hui une ligne méridienne dans une église si ce n'est pour honorer la mémoire de Gian Domenico Cassini, avec une œuvre qui rappelle sa plus grande et célèbre méridienne de San Petronio?

L'observatoire astronomique "G.D. Cassini", le livre biographique "*Gio: Domenico Cassini – Uno scienziato del Seicento*" de Anna Cassini et cette surprenante méridienne marquent la fin d'une longue période de désintérêt à l'égard du plus illustre fils de Perinaldo, personnage connu également comme cartographe, mathématicien et astronome à la cour des rois de France. Il y a encore quelques années, seule une modeste statue exécutée par un artiste de Dolceacqua rappelait les origines de Cassini à Perinaldo.

Par pure coïncidence, la majestueuse et ancienne Basilique de San Petronio à Bologne et l'église plus modeste de la Visitation de Perinaldo présentent pratiquement la même orientation. On observera en effet que la position des deux méridiennes est quasi identique dans le rapport des plans. Les deux églises ne suivent pas les anciens canons des *Constitutiones Apostolicae* (1,67) qui prévoyaient que les temples devaient être disposés sur la ligne est/ouest, avec la façade tournée vers l'occident: elles ont l'abside tournée vers le sud et la façade vers le nord. Cette orientation a permis à Cassini de tracer la totalité de la ligne méridienne sur le sol de la basilique sans recourir à des parois verticales, comme c'était le cas de la méridienne du Dôme de Milan où, à cause d'une orientation défavorable, le tracé se terminait sur une surface verticale.

La méridienne de l'église de la Visitation se développe entièrement de façon horizontale sur deux plans parallèles avec la seule exception d'une très brève partie constituée par le petit plan incliné qui les unit. Sur le plan le plus élevé se trouve le solstice d'été et le pied du gnomon qui est virtuellement à l'intérieur de la paroi. Sur celui plus bas, le double dispositif pour le calcul des équinoxes et l'aire du solstice d'hiver.

Une méridienne, outre l'orifice gnomonique, nécessite une ligne droite direction nord/sud qui se développe sur une surface plane généralement, mais pas nécessairement tout à fait horizontale. Des études de gnomonistes renommés suggèrent pour les nouvelles méridiennes de choisir le diamètre de l'orifice égal à la millième partie de sa distance au sol. Une telle solution n'a pas une valeur universelle et ne s'avère valable que dans certains cas.



Les dimensions elliptiques du disque solaire, à l'instant qui indique le midi, sont représentées par les axes de l'ellipse obtenue en sectionnant le cône de lumière qui émerge de l'orifice gnomonique avec la surface plane sur laquelle se forme l'image.

Le sommet du cône est représenté par l'orifice (V), initialement supposé en forme de pointe; l'angle  $2\omega$  est égal à celui du diamètre angulaire du disque solaire.

Etant donné que la Terre durant l'année se trouve à des distances différentes du soleil, ce dernier apparaît

plus grand l'hiver, quand la Terre est au périhélie, et plus petit l'été lorsqu'elle se trouve à l'aphélie. Le cône de lumière s'adapte donc, lui aussi, aux saisons en atteignant l'angle maximum lors du passage de la Terre au périhélie.

Il s'agit donc de résoudre un simple problème géométrique en utilisant, dans le cas de la méridienne horizontale, le triangle rectangle qui a comme côté vertical la distance de l'orifice gnomonique V au sol, comme hypoténuse la distance entre V et le point N de l'image elliptique et comme second côté la distance de N à G, celui-ci étant le point vertical au sol en-dessous de l'orifice.

La formule pour calculer h, hauteur du soleil à midi est la suivante:

$$h = 90^\circ - \phi^\circ + \delta^\circ, \text{ où } \delta \text{ est la déclinaison du soleil prise avec son propre signe.}$$

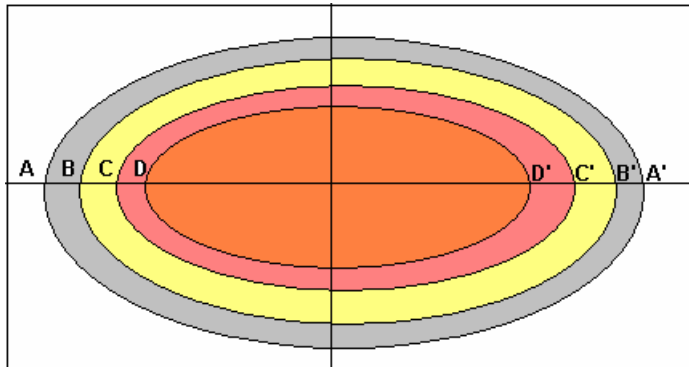
L'angle du cône  $2\omega$  équivaut à celui du diamètre du disque solaire dont les dimensions sont:  $2\omega = 32,52'$  au solstice d'hiver,  $2\omega = 32,11'$  aux équinoxes et  $2\omega = 31,48'$  au solstice d'été.

Dans le triangle rectangle VGN on a:  $NV = \frac{VG}{\sin(h)}$ ;  $NG = \frac{VG}{\tan(h)}$ ;  $NT = \frac{NV * \sin(\omega)}{\sin(h + \omega)}$ .

La formule qui calcule le demi grand axe est:  $a = \frac{NT}{2} \left( \frac{\sin(h + \omega)}{\sin(h - \omega)} + 1 \right)$ ; la formule de

l'excentricité qui en résulte est:  $\varepsilon = \frac{\cos(h)}{\cos(\omega)}$ . S'en suivent encore:  $c = \varepsilon * a$  et le demi petit axe:

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



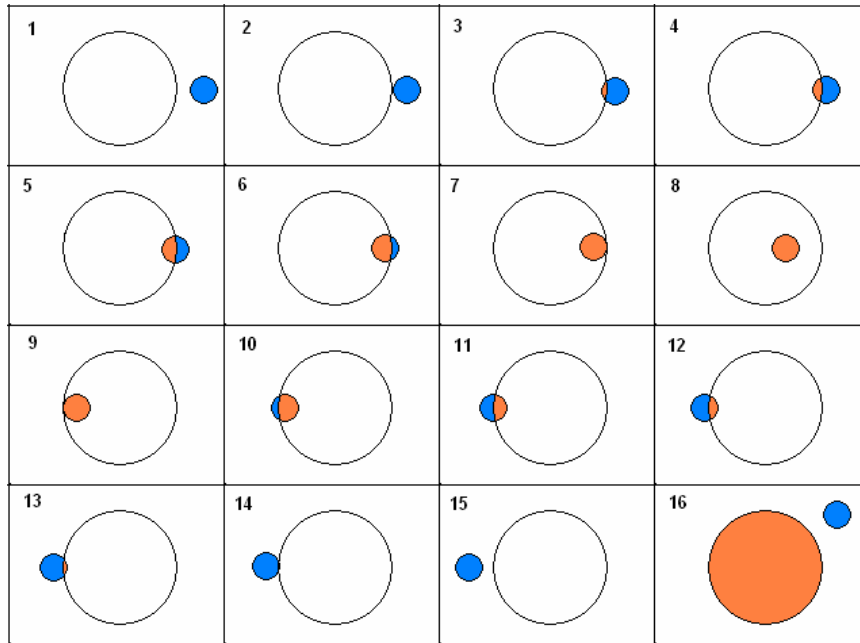
Les formules proposées ne tiennent compte ni de la réfraction provoquée par l'atmosphère, ni de la diffraction due à l'orifice, ni de la pénombre causée par les dimensions du disque solaire vu à travers l'orifice gnomonique, mais sont aptes à fournir des résultats acceptables, face aux résultats exacts. L'incidence de la pénombre sur les dimensions de

l'ellipse peut être initialement évaluée en considérant que les axes de l'ellipse s'allongent, approximativement, du diamètre de l'orifice. Dans la basilique de San Petronio à Bologne se trouve la célèbre méridienne de G. D. Cassini dont les données essentielles sont:  $\phi = 44,4936^\circ$ ,  $VG = 27,07\text{m}$  et  $d = VG/1000$ , le diamètre de l'orifice.

Au solstice d'hiver, nous avons les données suivantes:  $\omega = 16,26' = 0,271^\circ$ ,  $h = 90^\circ - 44,4936^\circ - 23,454^\circ = 22,0524^\circ$ . On obtient  $NV = 27,07 / \sin(22,0524^\circ) = 72,099 \text{ m}$ ,  $NG = 66,82 \text{ m}$ ,  $NT = 0,8978 \text{ m}$ , grand axe = 1,816 m, petit axe = 0,682 m. Ces résultats ne coïncident pas rigoureusement avec les données exactes (grand axe = 1,841 m, petit axe = 0,708 m) aussi parce que ces dernières se réfèrent à l'époque de Cassini, lorsque l'obliquité de l'écliptique était supérieure, mais il suffit d'ajouter le diamètre de l'orifice pour en arriver à des données quasi identiques: grand axe = 1,843 m, petit axe = 0,709 m. Cette solution pratique fournit un résultat apparemment satisfaisant, mais certainement inexact étant donné que la couronne elliptique de la pénombre est sûrement plus large que le rayon émis par l'orifice. Toutefois la recherche d'une plus grande précision ne peut pas faire une grande différence sur le plan pratique, à cause de la définition médiocre du bord du disque lumineux sur le sol, difficilement mesurable. Si l'on veut cependant rechercher un résultat théorique plus précis, on peut appliquer les formules suivantes, valables si le plan de l'orifice est perpendiculaire à l'axe du cône. Au grand axe il faut ajouter les valeurs calculées selon les

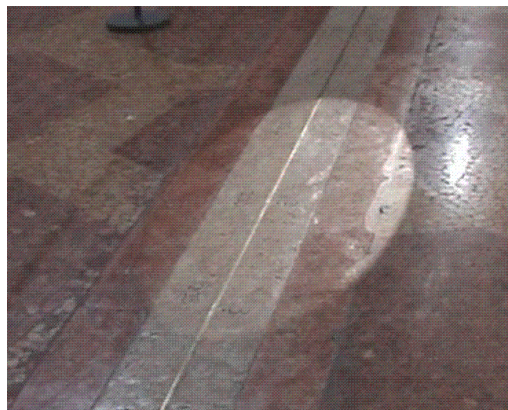
formules suivantes:  $QT = \frac{r \cos(\omega)}{\sin(h + \omega)}$ ;  $LZ = \frac{r \cos(\omega)}{\sin(h - \omega)}$ , où  $r$  est le rayon de l'orifice, alors

que pour le calcul du petit axe, on utilise encore la formule  $c = \varepsilon * a$ ,  $b = \sqrt{a^2 - c^2}$ , mais en substituant le nouveau demi axe à  $a$ . On découvre donc que les deux ellipses, bien que présentant la même excentricité, ne sont pas concentriques, parce que le cône en forme de pointe et celui de la pénombre sont coaxiaux et ont le même angle. A ce stade, on fait spontanément une observation, vu que le plan de l'orifice gnomonique est fixe et ne s'adapte pas à la hauteur du soleil, raison pour laquelle le cône de lumière présente une section circulaire seulement dans la position choisie par le constructeur. L'ingénieur Ferrari conseille d'orienter le plan de l'orifice orthogonalement à l'axe du cône du solstice d'hiver, afin qu'il profite d'un maximum de lumière au moment de l'extension maximale du disque solaire sur le sol. La section de l'orifice apparaît circulaire uniquement le 21 décembre alors qu'aux autres dates elle est elliptique. La figure avec les ellipses concentriques, inspirée d'un graphique de l'ingénieur Gianni Ferrari, montre les différentes surfaces de pénombre et d'illumination totale selon les mêmes propositions que celles de son étude citée dans la bibliographie. Si un hypothétique observateur traversait cette surface de gauche à droite, en regardant l'orifice gnomonique, il verrait de gauche à droite et de haut en bas



- 1) à gauche de A: uniquement le fond du ciel
- 2) exactement en A: outre le ciel, le début du bord solaire mais de façon à ne pas créer un halo visible sur le sol
- 3) entre A et B: un très fin croissant de soleil, mais encore insuffisant pour créer un halo visible sur le sol, et le ciel
- 4) entre B et C: une partie du ciel et la surface du soleil maintenant assez grande pour

créer un faisceau lumineux



- 5) en C: le soleil rejoignant le centre de l'orifice, point duquel part le cône ponctuel comme prévu dans le cas théorique (orifice ponctuel); mais en fait ceci rentre dans les cas entre B et D
- 6) entre C et D: la silhouette du soleil prévaut sur celle du ciel; dans ce secteur, la pénombre est très claire et ne peut pratiquement pas être distinguée à l'œil nu de celle en pleine lumière
- 7, 8 et 9) entre D et D': l'orifice est entièrement occupé par le soleil, la partie centrale étant uniformément illuminée
- 10) entre D' et C': un croissant de soleil occupe



presque tout l'orifice, et le ciel avec une très faible pénombre est visible seulement aux instruments

11) en C': la silhouette du soleil passe au centre de l'orifice, comme dans le cas 5

12) entre C' et B': une partie du ciel et la surface du soleil encore suffisamment grande pour créer un faisceau lumineux avec une faible pénombre, comme dans le cas 4

13) entre B' et A': un croissant de soleil est insuffisant pour rendre visible la zone de pénombre, comme dans le cas 3

14) en A': la fin du bord solaire et le ciel; situation analogue à celle du cas 2, mais inversée.

Ce n'est certainement pas le but de cet article d'entrer dans le détail du calcul de situations particulières examinées qualitativement. Elles sont très intéressantes d'un point de vue théorique et mériteraient plus d'attention dans un autre article Je suggère, à ce propos, d'approfondir le sujet en lisant l'article de l'ingénieur Ferreri. La photo jointe, prise à l'intérieur de San Petronio le 30.11.2007, montre la perfection de l'ellipse du disque solaire avec le bord extrêmement net, dont les axes, calculés avec les formules susmentionnées, sont :  $2a = 1,59$  m et  $2b = 0,659$  m. Dans le cas de la Basilique Ste Marie des Anges à Rome, les dimensions du disque solaire au sol, reportées dans le livre de Catamo et Lucarini, ont été calculées en considérant l'orifice gnomonique comme ponctuel. Les données nécessaires pour le calcul des ellipses sont:  $\varphi = 41,9075^\circ$ ,  $VG = 20,34$  m. En considérant comme ponctuel l'orifice, on obtient les axes de l'ellipse au solstice d'été: grand axe = 20,70 cm, petit axe = 19,62 cm, à l'équinoxe: grand axe = 34,03 cm, petit axe = 25,32 cm, et au solstice d'hiver: grand axe = 110,68 cm, petit axe = 46,15 cm. Ces valeurs coïncident pratiquement avec les valeurs exactes. La nouvelle méridienne de Perinaldo a été réalisée dans l'Eglise de la Visitation, temple lié à la tradition cassinienne qui remonte au XVIIe siècle. Sa fiche technique comprend les données suivantes: latitude  $43^\circ 51' 43,25''$ , longitude  $7^\circ 40' 00''$  à l'est de Greenwich, diamètre de l'ouverture gnomonique 15 mm; ligne méridienne disposée sur deux niveaux: le plus bas, sur lequel se trouvent le solstice d'hiver et le point où l'équinoxiale coupe la méridienne, à 8,139 m de distance de l'orifice, celui sur lequel se trouve le solstice d'été à 7,659 m en dessous de ce même trou. Les longueurs des axes des ellipses sont: en été, grand axe = 86,2 mm et petit axe = 83,7 mm; aux équinoxes, grand axe = 157,7 mm, petit axe = 114,4 mm; en hiver, grand axe = 538,7 mm, petit axe = 208,2 mm. Ces données ont été obtenues en tenant compte d'une zone de pénombre égale à 80% de la zone théorique. Le long de la ligne méridienne sont indiqués les mois et la hauteur du soleil sur l'horizon. La surface réservée au contrôle des équinoxes est dotée de deux dispositifs placés l'un à droite et l'autre à gauche de la méridienne. Chacun est composé de deux règles (équinoxiales) semblables à celles de la méridienne de Ste Marie des Anges à Rome, contenues entre deux ellipses qui représentent le disque solaire dans la position qu'il prend au cas où l'équinoxe tombe sur le midi vrai. Ces dispositifs servent à évaluer le temps qui sépare l'instant du passage du soleil au méridien de celui de l'équinoxe étant donné que les deux phénomènes adviennent rarement

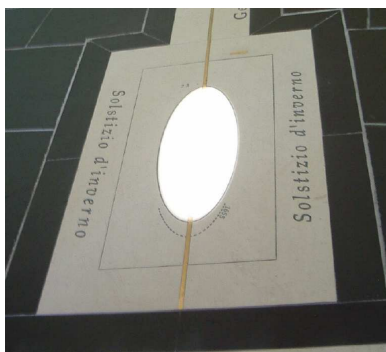


au même moment. Il s'agit d'un véritable bijou gnomonique, un double dispositif extrêmement intéressant qui, même s'il ne garantit pas un relevé de précision absolue, est irréprochable d'un point de vue théorique. La déclinaison du soleil aux équinoxes est de 0. Si le soleil traverse le point vernal avant le midi vrai local, sa déclinaison s'avère légèrement positive quand il traverse le méridien. Elle est par contre légèrement négative si l'équinoxe est postérieure au transit. A l'équinoxe d'automne,

les deux phénomènes se présentent inversés au passage du soleil au méridien. Les deux règles ont une échelle opportunément graduée sur laquelle on peut lire respectivement le temps qui

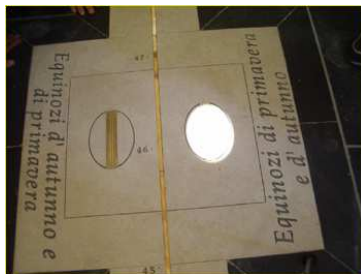
sépare le midi de l'équinoxe. Sur l'une des deux on lit le temps écoulé, sur l'autre celui qui reste. Pour permettre une seconde fois la vérification de l'intervalle de temps, deux dispositifs identiques ont été placés, un à droite et l'autre à gauche de la méridienne. Une première photo montre le passage du soleil au méridien le jour de l'équinoxe d'automne et les deux dispositifs avec lesquels on établit le moment de l'équinoxe. Sur la photo suivante, on voit le passage du soleil sur un des dispositifs précédemment décrits. Selon ce qui a été rapporté par les créateurs de la méridienne, la lecture de la position relevée le 23 septembre 2007 indique l'arrivée de l'équinoxe environ 1h et demie avant le midi vrai, en parfait accord avec la valeur exacte qui fixe à 10h 38 le moment de l'équinoxe. Vu que le jour précédant et celui suivant l'équinoxe, le disque solaire tombe toujours partiellement sur les traits, il est possible de connaître l'instant de l'équinoxe même le jour avant ou après l'événement, ce qui permet une vérification ultérieure. La numérotation centrale, visible sur le côté oriental le long de la ligne méridienne, indique la hauteur du soleil durant l'année. Sur les deux côtés sont indiqués les mois dont le début est fixé par une petite lame en laiton. En suivant la fin de la ligne, on atteint l'ellipse sur laquelle se pose le disque solaire exactement le jour du solstice d'hiver.

C'est à ce moment que l'ellipse est la plus grande, parce que la plus éloignée du sommet, et aussi du fait que l'angle du cône est le plus grand. A proximité de cette forme a été tracée en partie l'ellipse telle qu'elle se serait présentée au solstice d'hiver de 1655, année de la réalisation de la grande méridienne de San Petronio par G.D. Cassini.



Alors que la précession des équinoxes et l'obliquité de l'écliptique étaient déjà connues depuis l'Antiquité, la variation de l'inclinaison de l'axe terrestre est un phénomène acquis plus récemment. L'obliquité de l'écliptique n'est pas constante à travers les siècles, mais varie, très peu, avec également des conséquences climatiques. Aujourd'hui elle est de 23,445°, mais au milieu du XVII<sup>e</sup> siècle, elle était de 23,4825°. La plus grande inclinaison de l'axe terrestre, bien que laissant inchangée la position de l'équinoxe sur le sol, augmentait, par voie de conséquence, la distance entre les

deux ellipses solsticiales par rapport à aujourd'hui. Ainsi, la méridienne de la Visitation rend hommage à Gian Domenico Cassini et son époque, 350 ans après l'inauguration de la méridienne de San Petronio. Actuellement, un projet de coopération transfrontalière est en préparation dans le cadre d'Interreg IIIA Alcotra qui, entre autres initiatives, prévoit de baptiser "Meridiano Cassini" le méridien de longitude 7°40', celui de la nouvelle méridienne de l'Église de la Visitation de Perinaldo.



#### Bibliographie et sources:

**Gianni Ferrari:** *Sulla determinazione dell'istante dell'equinozio con una meridiana a camera oscura* gf-3/2007

**Giovanni Paltrinieri:** *La meridiana della Basilica di San Petronio*, Basilica di San Petronio, Bologna, 2007

**Mario Catamo, Cesare Lucarini:** *Il cielo in basilica*, A.R.P.A. Edizioni Agami, Edizioni Agami, Madonna dell'Olmo (CN) 2002

**Anna Cassini:** *GIO: DOMENICO CASSINI, uno scienziato del Seicento*, Comune di Perinaldo, 1994

**Riccardo Anselmi,** "Come costruire un antico orologio conico" in *Gnomonica Italiana*, Anno IV, no12, Paderno Dugnano, 2007, p.37-41 Site web: [www.astroperinaldo.it](http://www.astroperinaldo.it) Photos: Riccardo Anselmi, Giancarlo Bonini

*NDLR: Ont participés à la traduction française: Jean Pansier, Max Plattner, Joseph et Monique Theubet.*





## Cadran jumeaux spéculaires

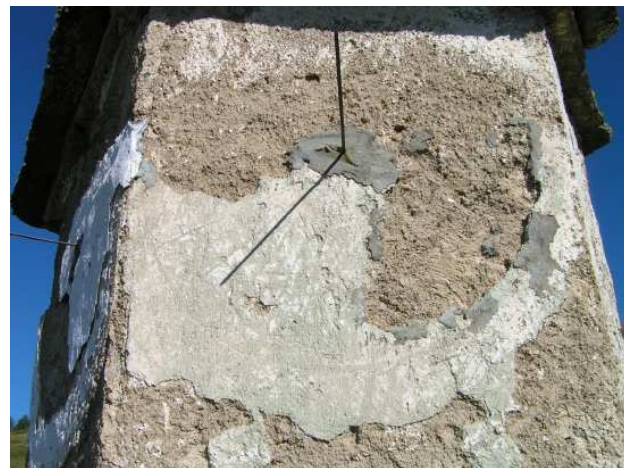
Par Riccardo Anselmi

*Les cadrans jumeaux se trouvent bien souvent sur des faces en équerre. Dans le cas présent sur une maisonnette de la vallée d'Aoste, nous découvrons deux cadrans tracés "en miroir".*

En général quand on parle de cadrans solaires jumeaux on se réfère à deux cadrans qui se trouvent sur les deux faces d'un dièdre dont l'angle est de  $90^\circ$ . Cette conception est assez répandue et dépend du fait que les cadrans de ce type sont, pour la grande majorité, placés à côté sur les murs adjacents d'un édifice. Leur déclinaison gnomonique diffère de  $90^\circ$  qui est l'angle entre les deux surfaces.



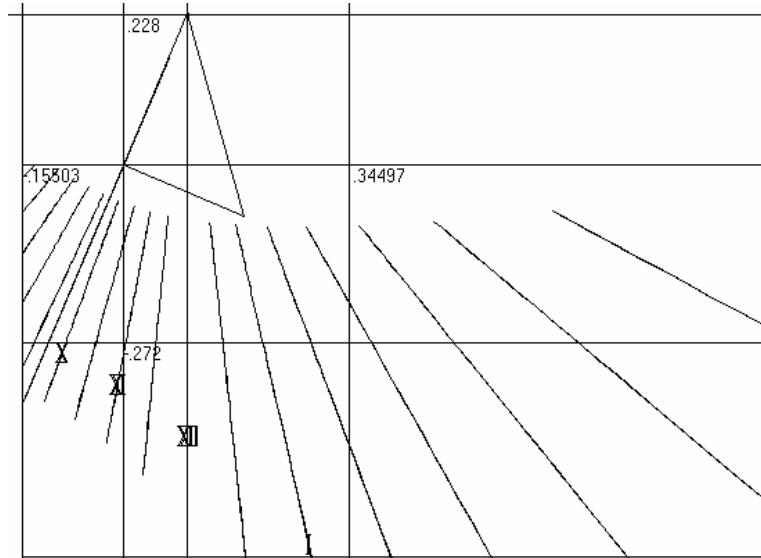
La Vallée d'Aoste, région italienne francophone qui peut se vanter de la plus grande densité de cadrans solaires en Italie, est très riche en cadrans solaires jumelés. Des cadrans jumeaux avec un angle dièdre différent sont presque inconnus. Une rareté encore plus difficile à rencontrer est celle de trouver des cadrans de ce type qui aient une déclinaison égale en valeur absolue mais de signe opposé. Quand cette condition se vérifie on a la combinaison de deux cadrans spéculaires.



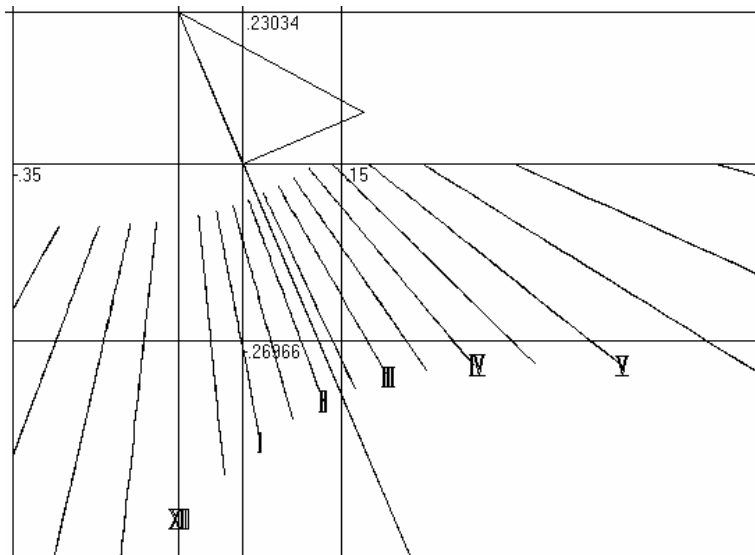
Dans ce cas spécifique le méridien devient la bissectrice de l'angle compris et, par conséquent, on peut passer d'un cadran à l'autre simplement en rabattant l'un des deux sur l'autre mais avec le soin de renuméroter les lignes horaires. On peut calculer et tracer un des deux cadrans et ensuite appliquer la propriété qui vient d'être décrite. C'est comme si on disait de: faire d'une pierre deux coups ! La théorie de ces cadrans ne présente aucune différence avec celle des autres cadrans verticaux mais retrouver des cadrans symétriques selon la ligne du midi est une question plus difficile.

Récemment, dans la localité "Alpe de Gilliarey", de la commune de Torgnon, j'ai eu l'occasion de restaurer deux cadrans isolés à 2193 mètres d'altitude qui s'apercevaient sur une maisonnette remontant à 1866. La seule beauté de cette ruine est son emplacement dans un lieu tout à fait fascinant enrichi par la vue, sur le fond, de la pyramide du Mont Cervin qui apparaît avec toute sa majesté et du Plateau Rosa ainsi qu'on peut admirer sur les photos ci-jointes.

Les deux cadrans, destinés à disparaître, se présentaient en condition extrêmement dégradée et chercher à les récupérer en se fondant sur ce qui encore existait, apparaissait une opération qui n'en valait pas la peine. De plus les deux « styles » témoignaient que quelque personne, dans le passé, avait déjà cherché à pallier à l'absence des deux gnomons en utilisant deux pièces de fil de fer, mais en les posant perpendiculairement aux surfaces.



A cause de la difficulté de travailler sur cette construction placée au bord d'un précipice sans protection j'ai dû mettre un baudrier pour l'alpinisme bien assuré à une corde fixée autour du monument.



La deuxième image montre le détail des cadrans ce qui m'évite d'ajouter des commentaires.

Quand j'ai vu ce couple de cadrans je n'avais pas l'idée de leur déclinaison à cause de l'emplacement pas facile selon mon point de vue et de l'impossibilité à comprendre ce qui restait des tracés.

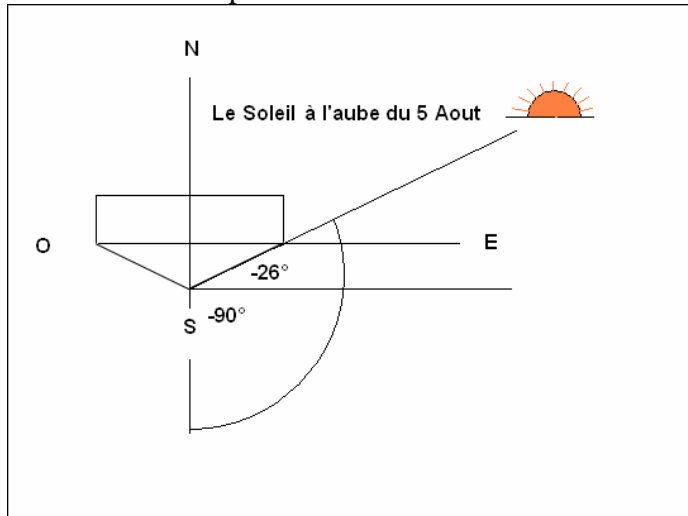
J'ai utilisé une planchette pour le relèvement de l'azimut des deux surfaces, opération que j'ai répétée sur les nouveaux enduits pour

disposer de données mises à jour. J'ai voulu aussi mesurer l'angle formé par les deux surfaces qui résultait de  $128^\circ$ , ce qui comporte que les orientations des deux cadrans diffèrent de  $52^\circ$ . Les deux valeurs de la déclinaison obtenues par le calcul pouvaient s'approcher de  $\pm 26^\circ$  en parfait accord avec l'angle relevé.

Ces résultats m'ont permis de construire un seul triangle en bois pour le positionnement des styles que j'ai utilisés deux fois. La question que je me suis posée est si cette circonstance était un hasard ou voulue. Deux cadrans aussi éloignés des villages mais à côté de deux vieux chalets représentent une curiosité gnomonique en dehors de la règle. Qui a été le « cadranier » auteur de ces œuvres aussi intéressantes aux yeux des gnomonistes ? j'ai fait des recherches mais sans obtenir aucune information me pouvant dévoiler ce mystère.

Le propriétaire du chalet qui m'a chargé de la restauration est le dernier héritier d'une ancienne famille qui possède le domaine agricole de la maison d'alpage depuis cinq siècles.

Il m'a montré de vieilles photos de quelque ancêtre qui bien s'adaptent à l'air du XIX siècle qu'on respire encore dans le chalet ainsi qu'un document de 1961 qui témoigne que les cadrans n'étaient pas utilisés mais rien m'aidant à remonter à l'auteur des cadrans jumeaux.



On cite seulement le nom du commettant sans la motivation qui l'a mené à passer la commande de ces cadrans si isolés. Pourquoi deux cadrans et pourquoi le choix d'un lieu où pratiquement il n'y a pas d'habitations ? Est-ce qu'il s'agit d'un caprice gnomonique ou d'une virtuosité qui a inspiré son auteur dans cette direction ? Quelle a été la raison de cette œuvre à une altitude de 2193 mètres dans un endroit probablement fréquenté seulement en occasion de la fête d'une petite chapelle située à environ 200 mètres. Encore

aujourd'hui chaque été une cérémonie religieuse attire un public de fidèles nombreux. La chapelle est encore en bonnes conditions, à l'intérieur on peut admirer des fresques toujours bien conservées, tandis que les cadrans solaires ont été complètement oubliés. Je crois que ces cadrans solaires ont une signification liée à la chapelle et que leur particularité possède sans doute une valeur symbolique.

Les deux cadrans dont les azimuts diffèrent de 52° ne permettent pas d'indiquer l'heure du lever du soleil et celle de son coucher que vers le 5 Aout à peu près la date moyenne de la fête de la chapelle qui tombe le premier dimanche du mois (s'agirait-il d'une autre coïncidence ?). Un cadran complètement tourné vers le sud peut indiquer toutes les heures du jour seulement de l'équinoxe d'automne jusqu'à celui de printemps, pour six mois pendant que deux cadrans opposés ne peuvent pas indiquer l'heure du midi. En effet la fête de la chapelle tombe vers le 5 Aout quand l'azimut du soleil à son lever est environ -116°. Si l'on considère que dans les temps passés la précision du mesurage du temps n'avait pas trop de sens et que l'horizon est occupé, tout atour, par le profil des montagnes on pourrait



raisonnablement penser que la date de la fête en altitude coïncide avec le premier jour d'été ou les deux cadrans fonctionnent depuis le lever du soleil jusqu'au coucher. Par conséquent nous sommes menés à déduire que la construction gnomonique a été programmée exprès pour indiquer la date naturelle de la fête d'été ou le soleil commence à éclairer le cadran à l'aube. La même considération nous fait conclure que le cadran occidental indique le 5 Aout comme le jour où le soleil se couche au même moment où il termine d'éclairer le cadran. Pendant

l'année les cadrans fonctionnent toujours le même nombre d'heures mais ils atteignent le maximum d'éclairage environ le 5 Aout quand le cadran oriental indique l'heure de 4h 43m à 14h 44m tandis que l'autre fonctionne de 9h 15m à 19h 16m, pendant dix heures. Plus la

saison avance plus les heures d'éclairage diminuent. En même temps les cadrans continuent à fonctionner à des temps différents jusqu'au 12 Novembre quand ils sont éclairés à la même heure et terminent de régler ensemble. Cette période commune pendant laquelle les deux cadrans indiquent toujours la même heure se termine à peu près le 29 Janvier. Ensuite on pourrait vérifier que malgré les heures d'éclairage soient les mêmes pour les deux, ils commencent et ils terminent de fonctionner à des heures différentes jusqu'au 12 Novembre.



L'heure horizontale calculée pour  $D = -26^\circ$  et  $\varphi = 45,84^\circ$  donne 4h 43m et  $\delta = 17,78^\circ$  (déclinaison critique) qui fournit la date approximative du 2 Aout. Les dernières photos montrent, enfin, les deux cadrans jumeaux qui ont réacquis leur fonction après une longue période d'oubli et d'abandon.

**Bibliographie :**

- Denis Savoie, La Gnomonique – Les Belles Lettres , Paris 2001
- La photo avec le Cervin à été gentiment autorisée par l'auteur Roberto Faleni



***Cadranier ! un métier de tout repos????***

***Riccardo Anselmi  
restaurant les 2 cadrans  
d'une maisonnette de  
Alpe de Gilliarey,  
hameau à 2193 mètres  
d'altitude***





## Cadran solaire sur un barrage

Par Gérard Baillet

*Ce document est le résumé du travail de G. baillet effectué en collaboration avec Denis Savoie (voir article "Cadran corniche"). Il consistait à trouver comment tracer un cadran solaire sur une voûte de barrage dans le cadre d'un projet avec EDF pour l'année de l'astronomie 2009..*

Deux méthodes sont examinées :

1. Un style de grande taille.
2. L'utilisation de l'ombre du barrage sur lui même.

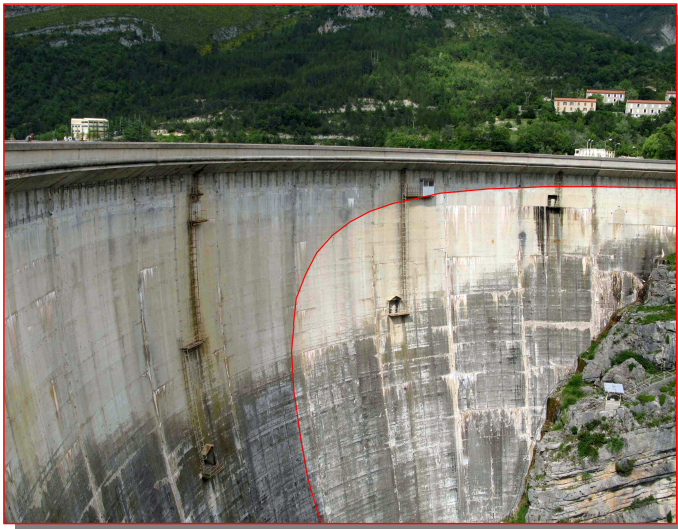
La méthode 1 nécessitait des fixations difficilement acceptables sur la voûte aussi nous avons examiné la méthode 2 qui était complètement inconnue, nous ne savions pas si elle était possible. Après modélisation il s'avère qu'il est possible de tracer des lignes d'heures utilisant l'ombre du barrage sur lui même. Denis Savoie calcule algébriquement cette solution, il aboutit à des équations d'une lourdeur qui les rend difficile ou impossible à utiliser. Après quelques tâtonnements je trouve une solution géométrique simple. Celle-ci est vérifiée par la modélisation, son utilisation pour le tracé réel semble commode.

Dans la suite nous utiliserons une modélisation approximative du barrage de Castillon qui semble retenu pour ce projet.

La démonstration n'est pas rigoureuse mathématiquement parlant, elle représente le cheminement que j'ai suivi.

### Le barrage de Castillon

La photo représente le barrage de Castillon, la limite de l'ombre sur le barrage est marquée par un trait rouge.



Le problème à résoudre est le suivant :

- Pour une même heure solaire, lorsque la déclinaison du soleil varie, existe-t-il une courbe enveloppe de la limite de l'ombre?
- Cette enveloppe est-elle une ligne d'heure?
- Comment tracer cette ligne d'heure?

Pour ces trois points la réponse est oui, nous allons montrer pourquoi et comment.

### Modélisation

La meilleure aide pour trouver une réponse valide à cet ensemble de questions est de modéliser en 3D, avec une technique de « ray tracing » pour les ombres. J'emploie le logiciel libre POV-RAY.

Sur la figure 1: En blanc : la voûte assimilée à une portion de cône, la corniche à une portion de disque plan. En vert : les flancs de la vallée. Dans le bas de l'image on trouve l'heure solaire et la déclinaison du soleil. Cette figure donne une courbe de limite d'ombre semblable à celle de la photo. Il faut noter que l'ombre est dessinée par le logiciel, la programmation se "limite" à la définition des formes et au positionnement convenable du soleil.

### Enveloppe

Quatre sources lumineuses simulant quatre soleils à 14h solaire avec des déclinaisons séparées de 8° depuis le solstice d'été. La figure 2 matérialise la possibilité d'une courbe enveloppe.

En supposant les problèmes résolus, on peut tracer une courbe enveloppe à ces limites d'ombres, il s'agit de la courbe rouge marquée 14 de la figure 3. Remarque : La courbe enveloppe d'une famille de courbe est aussi tangente à toutes les courbes. Dans ce cas la courbe rouge est une ligne d'heure, on lit 14h lorsque la courbe limite de l'ombre est tangente à la ligne d'heure.

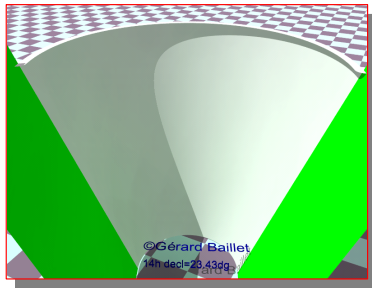


Figure 1

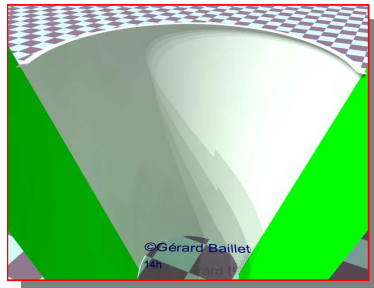


Figure 2

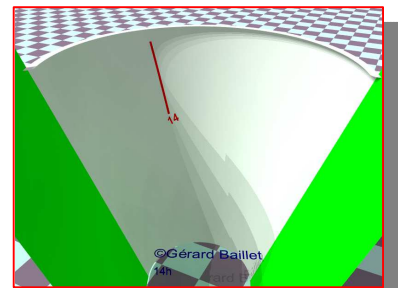


Figure 3

### Forme de la ligne d'heure

#### Éléments de la démonstration

Il s'agit ici de la méthode par laquelle j'ai trouvé la manière de tracer la ligne d'heure, elle s'approche d'une démonstration mathématique mais sans en avoir la rigueur. La démonstration qui suit s'applique à la détermination des lignes d'heures sur la voûte d'un barrage, avec une corniche qui surplombe un peu la voûte. Il est imprudent de généraliser cette démonstration sans précaution.

Les objets en cause :

- Une voûte de forme quelconque.
- Une corniche qui surplombe la voûte. La section verticale et normale à la corniche a un profil en « lame de couteau » dont le « tranchant » forme une ligne courbe qui surmonte la voûte, elle est nommée arête.
- Le soleil éclaire l'ensemble et la projection de l'arête par le soleil donne la limite de l'ombre sur la voûte.

J'appelle : H, l'heure solaire; D, la déclinaison du soleil; Pv, un point de la limite de l'ombre sur la voûte; Pa, un point de l'arête qui donne le point Pv. On a alors à un instant donné H et D sont fixes, pour chaque Pa on a un Pv, l'ensemble des Pv forme la courbe C de la limite de l'ombre.

Pour H fixe :

- avec  $D = D1$  on a une courbe C1.
- avec  $D = D2$  on a une courbe C2.

Les courbes C1 et C2 se coupent sur la voûte en Pi. Pour la courbe C1 le point Pi correspond sur l'arête au point Pa1. Pour la courbe C2 le point Pi correspond sur l'arête au point Pa2. L'angle Pa1, Pi, Pa2 =  $D2 - D1$



Le plan qui contient les trois points Pa1, Pi, Pa2 est parallèle au plan horaire déterminé par l'heure H.

Lorsque  $D1 - D2$  tend vers zéro avec D1 fixe

- Le point Pi tend vers la courbe enveloppe de la famille de courbe C avec D variable.
- Pa2 tend vers Pa1
- La droite Pa1, Pa2 tend vers la tangente à l'arête en Pa1
- La droite Pa1, Pa2 est dans le plan horaire H, ce plan horaire est donc tangent à l'arête en Pa1
- Pour une heure H, quelque soit D1, il n'y a qu'un seul point où le plan horaire est tangent à l'arête, j'appelle ce point Ph (quelque soit D1, tous les D1 donne le même Ph). (remarque : suivant la forme de l'arête il peut y avoir plusieurs points Ph).

Il faut noter que, si l'arête est dans un plan horizontal, la tangente à l'arête en Ph est parallèle à la ligne d'heure H d'un cadran solaire horizontal à style polaire. Cette remarque facilite la recherche de Ph.

La courbe Lh sera, en général, une ellipse si la voûte est un cône ou un cylindre. On lira l'heure H lorsque la limite de l'ombre sera tangente à la courbe Lh.

### Procédé de tracé

Pour le tracé réel de Lh on pourra disposer en Ph d'un laser ou d'une lunette dont la direction tourne dans le plan horaire H, l'intersection du faisceau ou de l'axe de la lunette avec la voûte donne les points de la courbe Lh.

La partie utile du tracé est obtenue en limitant le débattement angulaire du dispositif de part et d'autre du plan de l'équateur à un angle égal à l'inclinaison de l'écliptique sur le plan de l'équateur.

Le point rouge sur le bord de l'arête est le point Ph, la portion de plan en bleu est parallèle au plan horaire 14h (figure 4).

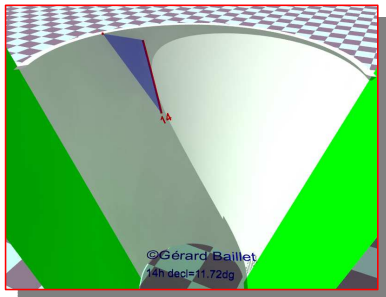


Figure 4

La vision du plan bleu tangent à l'arête en Ph est facilitée par le placement de la caméra dans une position proche de la droite Ph-soleil. Le plan bleu est visible du côté eau de la voûte du barrage (figure 5)

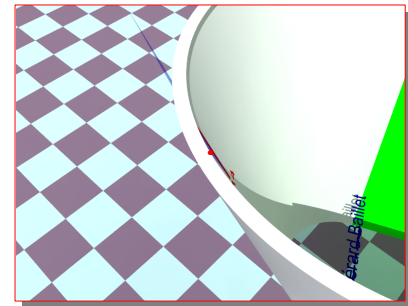


Figure 5

### Dessin des lignes d'heures

Le dessin des lignes d'heures (figure 6) est exécuté par programmation avec la même méthode. Le calcul direct de l'enveloppe des courbes d'ombre dépasse mes compétences mathématiques.

On remarque deux familles de courbes l'une de 6 h à 10h en vert, l'autre de 11h à 18h en rouge. Ces deux familles correspondent au deux solutions possibles pour avoir le plan parallèle au plan horaire tangent à l'arête.

Dans le cas du barrage ces deux solutions sont diamétralement opposées.

La figure 7 donne la vue à 14h, la figure 8, la vue à 9h.

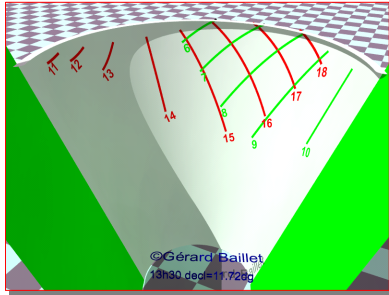


Figure 6

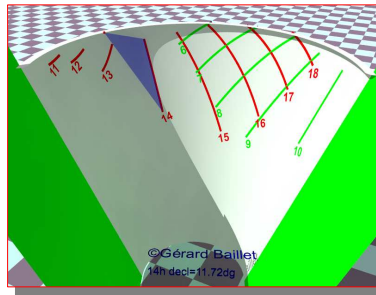


Figure 7

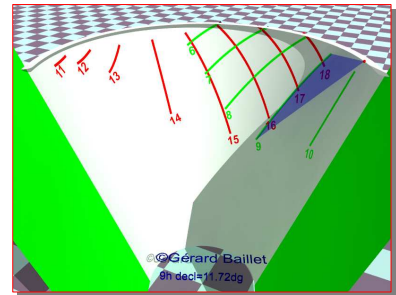
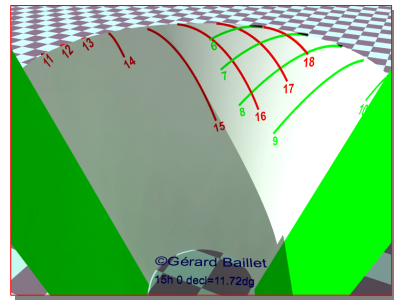
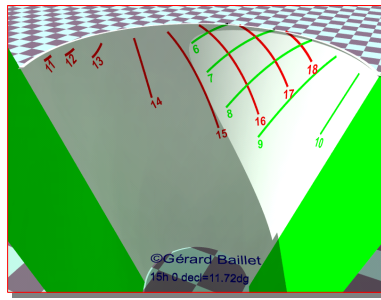
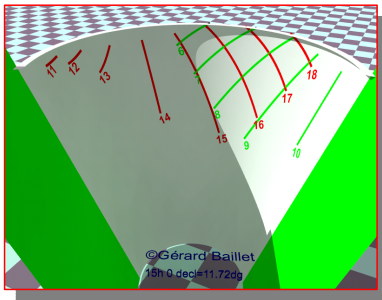


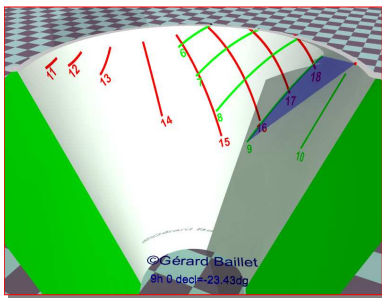
Figure 8

### Effet de la dimension de la corniche

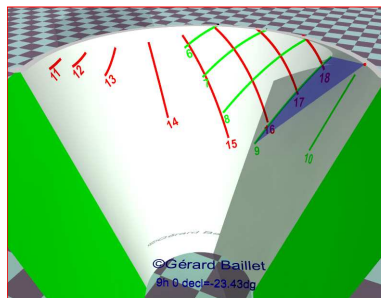
La dimension de la corniche affecte la forme des lignes d'heures, voici trois exemples avec de gauche à droite, une corniche de 3 mètres en débord de la parois du barrage, une corniche de 1,5 mètres. Enfin une parois de barrage dépourvu de corniche le surplombant. Dans ce dernier cas, on peut constater que certaines lignes d'heures sont absentes.



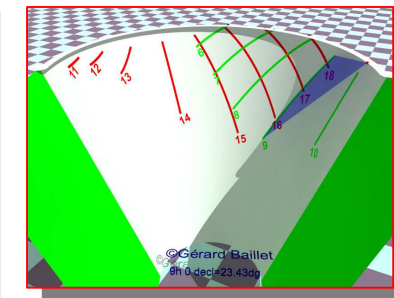
### Vues suivant les heures et les saisons



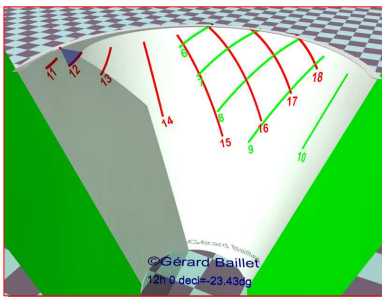
9h au solstice d'hiver



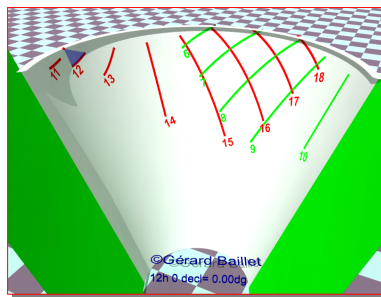
9h à l'équinoxe



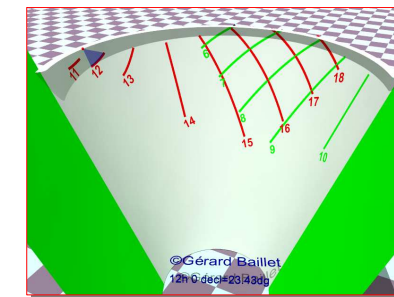
9h au solstice d'été



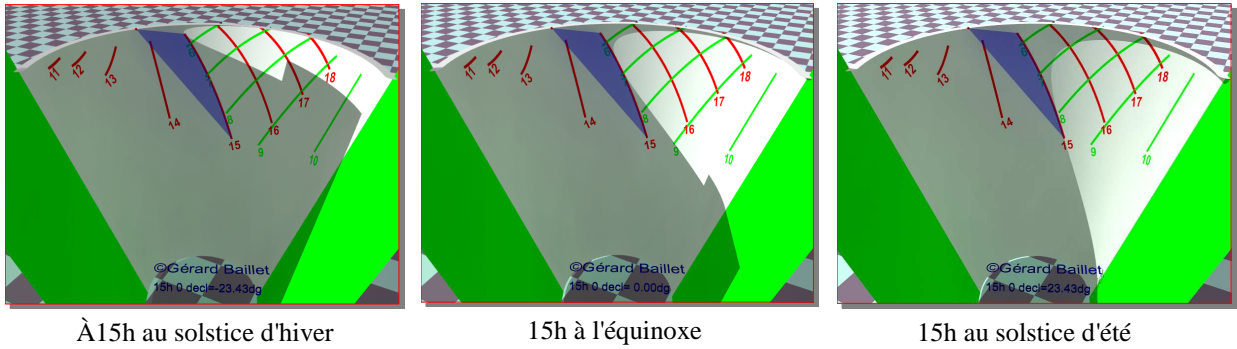
12h au solstice d'hiver



12h à l'équinoxe



12h au solstice d'été



**Conclusions**

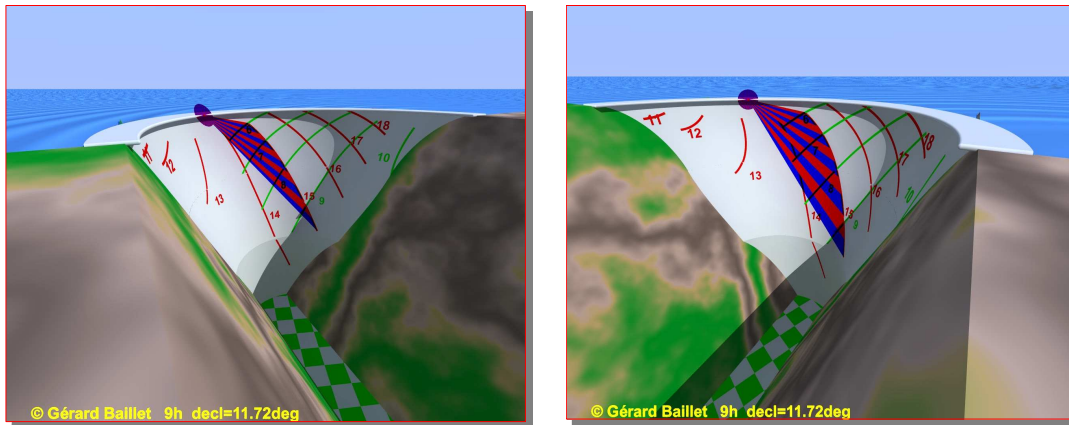
Il est possible de tracer les lignes d'heures sur le barrage. Pour cela il faut trouver les points Ph puis, à partir de ces points, en s'aidant d'un dispositif à monture équatoriale convenablement mis en station, pointer le tracé sur la voûte. Il faut remarquer que la connaissance de la forme de la voûte n'est pas nécessaire.

Si on utilise une monture alt-azimutale il faut préparer une table des angles à pointer en correspondance avec le positionnement de la monture équatoriale, il s'agit d'un calcul élémentaire de trigonométrie sphérique.

Il est nécessaire de connaître au préalable le profil exact de la corniche afin de passer d'une corniche plane à une corniche en volume.

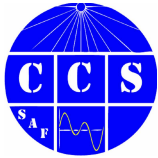
Il sera aussi nécessaire de connaître le terrain environnant pour ne pas tracer de ligne d'heure lorsque le soleil est masqué par le terrain.

La méthode mise au point pour ce projet est intéressante, elle peut donner naissance à une famille de cadran sans style et n'utilisant pas les ombres rasantes imprécises.



Principe du tracé de la ligne 15h et il est 9h du matin (ligne verte) représenté avec les parements du barrage de Castillon, vue d'une berge puis de l'autre.





## Cadran de la cathédrale d'Albi

Par Didier Benoit

*Voici le "reportage" complet de la restauration des peintures et de la restitution des styles des cadrans solaires de la cathédrale d'Albi dans le Tarn.*

Tout d'abord un aperçu du cadran oriental et du cadran occidental avant les travaux de restitution des styles et de restauration des peintures.



Dans l'angle supérieur gauche (oriental) et droit (occidental), il est à remarquer le trou unique de scellement de chaque style. À remarquer également le tracé faussé du cadran occidental lors des travaux de sa restitution en 2001.



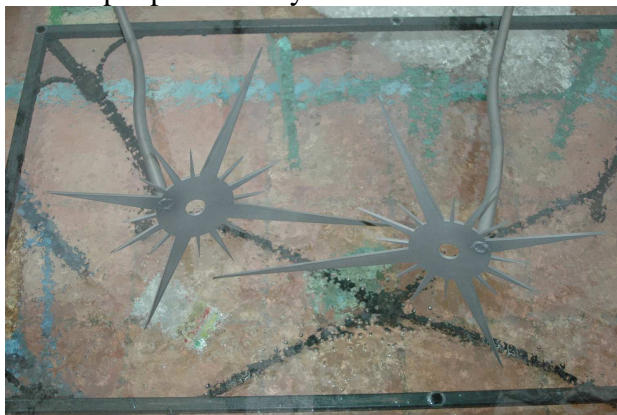
### I - Les styles

Les styles disparus des deux cadrans solaires jumeaux de la cathédrale d'Albi, avait pour particularité d'être

scellés par un seul point, situé à l'emplacement même du point théorique du style droit de leur tracé gnomonique. Les lignes horaires de six et dix huit heures, en raison de la configuration d'implantation des cadrans solaires, se résument à ces seuls points. Les deux murs qui portent les cadrans sont distant l'un de l'autre de six mètres. Ils sont parfaitement parallèles entre eux et se font face. De ce fait les rayons du soleil ne peuvent pas éclairer les cadrans avant six heures trente et après dix sept heure trente.

### La forme

À partir de ces points d'encrage, il a fallu imaginer un style qui puisse donner toutes les informations portées sur les cadrans avec un maximum de clarté. Avec Denis Savoie, nous avons opté pour des styles à œilleton.



Styles en inox découpés par sablage avant peinture

Les

À partir de l'unique pied d'ancrage, j'ai proposé un style droit mettant en fonction un point de lumière. Pour ce faire, j'ai dévié la tige porteuse par cintrage de la droite perpendiculaire à la table du cadran passant par le point d'ancrage afin de laisser le montage possible d'une rondelle ajourée positionnée dans l'axe de cette droite à 48.5 cm de la table. Les deux cadrans solaires d'Albi, outre leurs tracés complexes sont porteurs d'une forte symbolique chrétienne, adapter à partir

d'extrait de la mythologie grecque. Nous ne possédons aucune archives susceptible de nous donner une idée de la facture de leurs styles. La seule chose qui nous est connue est qu'ils

étaient en fer. Une réalisation simple, faite d'une tige de fer en guise de style droit aurait été mal choisie. Depuis le début de cette aventure, un modèle de style a toujours eu ma préférence, c'est celui qui reprend et résume par son image à lui tout seul le message porté par la composition gnomonique ; mi étoile, mi croix. N'oublions pas que nous sommes dans une restitution et non pas une restauration. Cela nous donne plus de liberté dans notre approche de la forme finale des styles. J'ai opté pour cette facture, car j'aime la double symbolique qu'elle renferme ; celle de l'étoile pour les deux héros de la mythologie grecque de la devise des deux cadrans, Castor et Pollux et celle de la croix latine sur fond de cercle chrismique à la façon d'un ostensor, vision du christ ressuscité et du monde éternel dans la religion chrétienne.

### La matière

Avant toute fabrication, j'ai recherché les proportions les plus esthétiques à donner aux styles, afin d'en déterminer les dimensions. Pour cela j'ai positionné sur un édifice la maquette grandeur nature d'un des deux cadrans solaires, à une hauteur identique de celles qu'ils occupent sur le Baldaquin de la cathédrale d'Albi.



▲ Mise en place de la maquette pour déterminer les proportions exactes à donner aux styles. (Les plaques carrées font 120 cm)

Les styles recouverts de leur revêtement final thermo laqué couleur rouille ▶

### Le chantier, semaine du 19 au 31 mai

Ayant le choix des dates pour exécuter le travail de restitution des styles et de restauration des peintures, j'ai choisi, aux beaux jours, celles qui comprenaient la fête de la Saint Hildevert et l'entrée du soleil dans le signe zodiacal des Gémeaux Castor et Pollux. Ce n'est pas que je sois superstitieux, mais pour des cadrans solaires à la symbolique aussi forte, je voulais à ma façon marquer l'événement, et le mettre sous le bon hospice de notre saint patron.

Les dimensions que j'ai retenues sont les suivantes :

- le bras parallèle à l'axe des pôles fait 380 mm
- celui à l'axe de l'équatoriale fait 450 mm
- les branches intermédiaires font respectivement 80 mm et 40 mm
- le grand cercle à un diamètre de 100 mm
- le cercle intérieur à un diamètre de 25 mm
- le diamètre du tube porteur est de 18 mm (pour une question de poids et de solidité un tube est préférable à une barre)

L'architecte en chef des monuments historiques souhaitait que je mette en œuvre un système qui ne puisse pas s'oxyder de type fer galvanisé, recouvert par un revêtement final à la couleur « aspect rouillé ».

J'ai réalisé les styles en inox. Les étoiles ont été découpées dans une plaque d'inox de 5 mm d'épaisseur et les pieds ont été réalisés à partir de tube de 18 mm de diamètre. L'assemblage c'est fait par mécano soudage.



## Pose de la tour roulante



Pose de la tour roulante,

Comme tout chantier en hauteur, le premier travail consiste à poser l'échafaudage. Ici pour une question de commodité, j'ai montée ma tour roulante qui offre une surface de travail de 12 m<sup>2</sup>. Un premier niveau a été mis en place à 4.5 mètres du sol et un deuxième à 6.5 mètres afin d'obtenir pour le dernier plancher un poste de travail de 8.5 mètres de haut.

Les tables des cadrans ont pour dimension 3.5 m x 1.73 m, dont 2.73 m x 1.73 m pour le tracé et la devise qui seul nous concernent pour cette intervention. Les dessins au dessus ne sont pas touchés.

### Mise en place des repères

Bien que consolidé en 2001, les peintures à détrempe avec lesquelles ont été fait les cadrans solaires il y a 350 ans, nécessitent encore de prendre beaucoup de précautions.

Pour positionner les repères nécessaires à la pose de chaque style, j'ai commencé par positionner à l'emplacement de la ligne équatoriale, de la ligne de six heures et de la ligne verticale et horizontale passant par le pied du style droit, des bandes adhésives à faible pouvoir collant afin qu'elles n'arrachent pas le dessin au moment de leurs déposes. Sur ces dernières, j'ai reporté au crayon les lignes qu'elles représentent.



Mise en place des repères nécessaire à la pose des styles

### Relevé du cadran oriental sur calque

Le relevé du dessin du cadran oriental c'est fait sur papier calque normal (un papier cristal aurait été mieux). Il va servir à reprendre le tracé du cadran occidental qui a été mal restitué en 2002 lors des travaux de consolidations. Le gnomoniste qui a conçu ces cadrans en 1658 c'est servi d'un même poncif pour tracer les deux.



Relevé sur calque du dessin du cadran oriental

### Les trous d'ancrages des styles

L'opération la plus délicate a été celle du débouchage des trous d'ancrage des styles, fermés par des bouchons à la chaux et sable.

Ils ont été forés à l'origine, à ras de l'angle extérieur de deux pierres de taille au niveau de leur joint commun. Le diamètre du trou est supérieur à la largeur du joint et de ce fait les pierres ont aussi été travaillées au ciseau de tailleur. Par endroit l'épaisseur résiduelle des pierres n'excèdent pas 5 mm. Les frappes du marteau ont du être précises.

### Mise en position et scellement des styles :

La mise en place des styles c'est faite à l'aide de deux coins en bois de chêne, positionnés à l'intérieur des trous de part et d'autre du pied tubulaire. La pression seule exercée par les cales sur le tube et la pierre a permis de les maintenir aisément en position et de faire les réglages et contrôles désirés pour bien les positionner. Les espaces du trou laissés libres ont été bouchés avec un liant chaux/sable. Le lendemain, une fois la chaux prise, avec une perceuse munie d'un petit foret à bois, j'ai fait des trous dans les cales afin de pouvoir les enlever sans brusquer le scellement de la veille. Les espaces ainsi libérés ont été remplis de liant de chaux et sable.

### 218 ans après, les premières ombres sur le cadran oriental :

Mercredi 21 mai 2008, le soleil est au rendez vous. 218 ans plus tard on lit à nouveau l'heure sur le cadran oriental. Il est 11 h 47 min 10 s à l'horloge parlante, le cadran indique 10 h. La correction à ajouter à l'heure solaire est de 1 h 48 min. Le rond de lumière marque bien l'entrée dans le signe des gémeaux, Castor et Pollux: tout un symbole !



Débouchage des trous d'ancrage à l'aiguille de sculpteur. Le moindre coup de travers, et la pierre d'angle éclate.



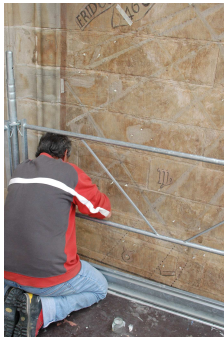
Scellement des styles à la chaux et au sable. Première ombre, attention ! Ne pas se fier au tracé qui est faux.



Premières lectures sur le cadran oriental. Photo prise le mercredi 21 mai 2008, 11h 47min 10s

### Effacement du cadran occidental

A la fin du XX<sup>e</sup> siècle, le tracé du cadran occidental était en très mauvais état, lisible pratiquement pour les seuls initiés. Contrairement à son jumeau, il a subi durant 340 ans, les pluies battantes venant de l'ouest, est son polychrome avait pratiquement disparu. Lors des travaux de restauration en 2001 du Baldaquin qui porte les deux cadrans solaires, un ouvrier a malencontreusement lavé les restes de son tracé. Monsieur Calvel, architecte en chef des monuments historiques de France, a immédiatement lancé une opération de sauvegarde et de consolidation de l'œuvre gnomonique restante et aussi, sous la pression de plusieurs personnes, dont la fille de Paul Nogarède ancien membre de la SAF, la restitution du cadran effacé.



Effacement du tracé faux du cadran occidental

Le professionnel qui a réalisé cette restitution est un spécialiste de la restauration des peintures anciennes. Son travail a été exécuté d'une main de maître. Le seul problème c'est qu'aucune personne ayant des connaissances en gnomonique n'a été consultée. Dans le rapport de début de chantier qu'il a remis à l'architecte en chef des monuments historiques, le restaurateur précise que son travail reprendra l'aspect du cadran oriental en



Le tracé du cadran occidental complètement effacé (sous la direction de Langlois Hervé, restaurateur des monuments historiques).

ce qui concerne le fond, mais pour refaire le tracé effacé, il ne pouvait pas s'appuyer sur les archives photos qu'on lui a montré car elles sont inexploitable. Il propose de reprendre seulement à partir des « fantômes » visibles en lumière rasante, certaines lignes et signes. Les erreurs de restitutions du tracé sont nées de cette démarche.

Le tracé du cadran occidental a été effacé avec des petites brosses et des tampons de gazes que l'on trempé dans une solution d'eau déminéralisée et d'alcool éthylique. Le reste de la table a été nettoyé avec le même produit et du papier fin et absorbant. Lors de ces opérations, nous avons mis à jours des points de polychromies de l'époque de leur construction en 1658. Plusieurs d'entre eux faisaient partie du tracé primitif. La découverte va s'avérer importante au moment du report par calque lorsqu'on va réaliser que les points se positionnent parfaitement dans la trame du dessin du cadran oriental. La théorie de l'emploi

d'un seul poncif était la bonne, c'est cet argument dans le dossier historique qui nous a valu le consentement des MH pour entreprendre les travaux de restitutions.

### Report du tracé du cadran oriental à partir du calque



Mise en position du calque

Le calque a été positionné à l'emplacement des vestiges de l'ancien tracé. Des bandes adhésives collées sur l'extérieur du dessin ont maintenues le papier pendant toute l'opération de report.



Découpe et report avec une grisaille des motifs et du tracé (Les signes du zodiacs seront reportés tel que, sans inverser leur sens pour conserver l'esprit du poncif)

### Restitution du tracé du cadran occidental

L'idée de tracer les lignes de déclinaisons en trait plein, comme je le proposais dans l'étude historique, sera abandonnée. Il apparaît évident après nettoyage des tables des cadrans, que leur auteur a travaillé par point de couleur ocre rouge ces hyperboles et la droite équinoxiale.



Mise en place du tracé

La reprise du tracé est faite à la brosse avec des pigments naturels et artificiels portés dans une solution d'eau déminéralisée et d'acétate de polyvinyle (pour l'extérieur : eau + 10% acétate de polyvinyle).



Hervé Langlois à l'oeuvre

### Le jour de la Saint Hildevert

Un seul jour de pluie durant les deux semaines de chantier, le mardi 27 mai 2008. Faut-il y voir un signe de notre saint protecteur pour renforcer les peintures dans les zones les plus sensibles ? Je vous laisse juger.

Pour ma part ! J'en ai tenu compte.

### 218 ans de sommeil plus tard et 8 jours après son jumeau, les premières ombres sur le cadran occidental

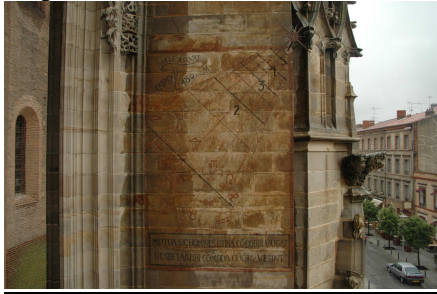
Jeudi 29 mai 2008, le soleil est au rendez vous. 218 ans après on lit à nouveau l'heure sur le cadran occidental. Il est 16 h 17 min 0 s à l'horloge parlante, le cadran indique 14 h 30 min. La correction à ajouter à l'heure solaire est de 1 h 48 min.

### Visite de la présidente

Pour qu'un projet de restauration fasse appel au mécénat, sans passer par des financements d'états, il faut que l'opération soit portée par une association à but non lucratif. L'intervention sur les deux cadrans solaires de la cathédrale d'Albi c'est faite uniquement grâce à la participation de mécènes Tarnais : La société A2M SAS, les laboratoires Pierre Fabre, la société Le Chêne Vert, le Crédit Agricole Nord Midi Pyrénées, et la World Monuments Fund France dont le président est Albigeois. C'est l'association du Vieil Albi, qui a pris en charge ce dossier. Mme Lataillade Marie Antoinette, présidente de l'association s'est retrouvée ainsi « maître d'œuvre » et a du gérer le déroulement du chantier : signature des devis des entreprises concernées par cette restauration, ouverture d'un compte bancaire spécialement pour ces travaux, contacts avec les partenaires mécènes, encaisser les sommes



promises, constituer le dossier fiscal, suivre la progression du chantier, s'occuper de diverses formalités, réceptionner le travail en fin de chantier, payer les entreprises. Enfin beaucoup de responsabilités...



▲ Les eaux de ruissellements par endroit sur le cadran occidental sont très importantes

Enfin les premières lectures sur le cadran occidental. Photo prise le jeudi 29 mai 2008 à 16h 17min. ▶



Hervé Langlois présente l'avancée des travaux à la présidente Marie Antoinette Lataillade et donne quelques explications au passage.

*NB : Les pigeons sont nombreux à la cathédrale d'Albi. Des styles !... Plutôt des perchoirs. Halte aux déjections sur les tables des cadrans, j'ai mis en place des anti-pigeons sur le dessus des barres porteuses.*

### Nettoyage du cadran oriental

Le travail de restauration sur le cadran oriental, c'est limité au nettoyage très superficiel de l'ensemble du dessin, afin de lui ôter les salissures dues principalement aux pollutions urbaines, et donner un support propre afin de pouvoir ultérieurement raviver certaines parties des peintures.



La fragilité des peintures, bien que consolidées en 2001, a nécessité beaucoup d'attention au moment de cette opération. Des papiers absorbants très fins plaqués en recouvrement sur le dessin, ont été imbibés d'une solution d'eau déminéralisée et d'alcool éthylique. Après évaporation d'une partie du liquide ils se sont détachés du support sous leur propre poids, libérant ainsi un espace propre.



▲ Les couleurs sont ravivées sur le cadran oriental pour une meilleure lecture depuis le sol

◄ Nettoyage doux au papiers absorbants et solution d'eau et alcool éthylique

### Rehausse des couleurs sur le cadran occidental

Quelques parties du tracé du cadran ont été légèrement ravivées afin que la lecture puisse se faire de façon normale depuis le sol. Cette opération c'est faite principalement avec des grisailles passées à la brosse avec des pigments naturels et artificiels très dilués dans une solution d'eau déminéralisée et d'acétate de polyvinyle.

*NB : Pas d'alcool sur le chantier, le bouchon de champagne nous a été donné par le restaurateur chez qui nous prenions le repas de midi. C'est un accessoire qui c'est vite rendu indispensable.*

*Pour des raisons esthétiques, j'ai réduit la hauteur des piques des anti-pigeons.*

### Remerciements

Je tiens à remercier Patrice Calvel, l'architecte en chef des monuments historiques de France, pour la confiance qu'il m'a accordé, Louis Allemand et Pierre Jean Dupuis de la DRAC Midi-Pyrénées, pour leur écoute et leurs conseils, Marie Antoinette Lataillade, pour son dynamisme, son efficacité, et sa gentillesse, Philippe Bonnacarrère maire d'Albi pour son

soutien, Marie Eve Corthès responsable du service patrimoine de la ville d'Albi pour son implication dans le projet, tous les copains de la SAF pour leur encouragements et bien sur notre président, Denis Savoie sans qui rien ne se serait fait.



Pollux, une fois le travail



Les cadrans solaires jumeaux de la cathédrale d'Albi sur les piliers du baldaquin Pollux et Castor à nouveau en quête du temps



Castor, une fois le travail

Septembre 2008



\*\*\*\*\*

### *Clin d'œil du soleil...*



En novembre dernier le temps était au beau, alors... le soleil s'est permis ce clin d'œil.

Deux fois par ans, le point lumineux qui marque les saisons sur le mur du salon de Reinhold Kriegler vient illuminer l'œil gauche du masque vénitien de la Peste.

Généralement ce phénomène n'a pas lieu en raison des nuages.





## Cadrans des années 60

Par Didier Benoit

*Dans les années 60 Monsieur Jalby se faisait réaliser un cadran solaire par M. Rohr<sup>1</sup> Il permis également la rencontre de ce dernier avec M. Rouanet de Mazamet (Tarn). Celui-ci en deviendra cadranier amateur et écrira la manière de tracer un cadran... dans une revue de bricolage. M. Benoît Didier remonte le temps et mène l'enquête.*

Monsieur B. Didier a eut l'occasion de rencontrer Monsieur Jalby de Réalmont, âgé de 80 ans.

<<Il a bien connu M. Rohr. Ce dernier lui avait réalisé en 1960, pour la somme de 200 francs, un cadran solaire d'heures équinoxiales, babyloniennes et italiennes, avec courbes de déclinaisons pour les signes du zodiaque. Ce premier cadran a été démoli (sûrement accidentellement) lors de l'agrandissement de la maison. Monsieur Jalby possède encore une photo de ce premier cadran (figure 1). Suite à cet accident, M. Rhor a offert le plan (0.74 cm x 0.78 cm) d'un second cadran déclinant Est celui-là, toujours détenu par M. Jalby (figure 2).

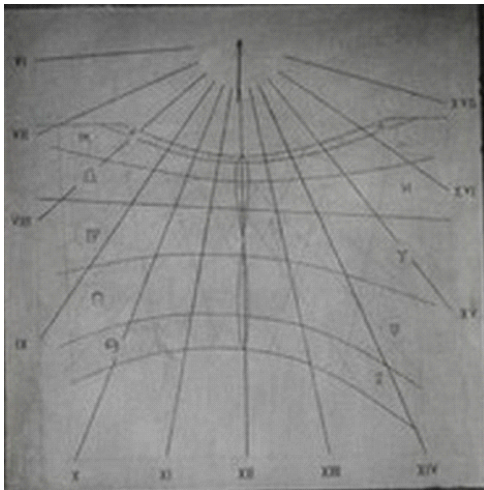


Figure 1

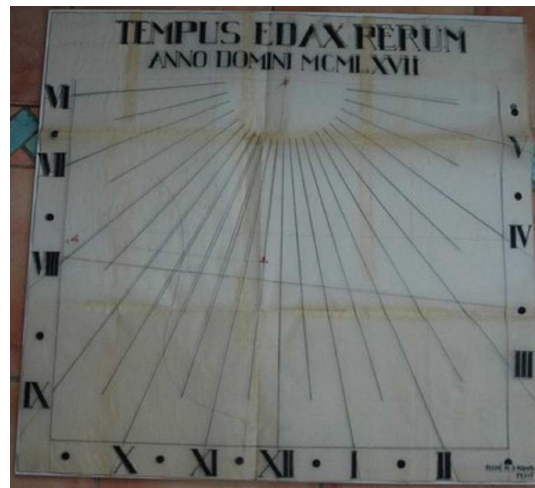


Figure 2

Ce deuxième cadran a été fait d'une main malhabile et je pense le terminer. Je suis intéressé par cette correspondance entre Jalby et Rhor, où ce dernier expose sa façon de faire, sa technique pour vendre des cadrans à distance. J'ai appris par Monsieur Jalby, que dans les années 1965, Rhor était descendu à Carcassonne pour "repandre" un de ces clients qui lui faisait faire des cadrans pour les revendre à d'autres au prix de 450 francs. C'est au retour de ce périple que R. Rhor et son épouse s'arrêteront à Mazamet chez Rouanet et chez Jalby à Réalmont>>.

Horloger de formation, cordonnier de métier, Emile Rouanet c'est passionné pour la gnomonique à la retraite. Elève de Jean René Rhor, il a réalisé une multitude de cadrans solaires d'une très grande finesse de facture, digne de l'horlogerie. Le livre de Rhor sur « Les cadrans solaires » expose une quinzaine de ces œuvres, c'est dire la reconnaissance de l'auteur sur ce gnomoniste de valeur. Certaines de ces pièces sont uniques dans leur réalisation,

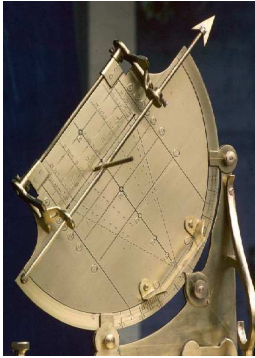
<sup>1</sup>Né à Strasbourg en 1905, capitaine au long cours et gnomoniste, René R.J.Rohr est l'auteur de nombreux cadrans et de livres en particulier "Les cadrans solaires" Histoire, Théorie, Pratique" et "Les cadrans d'Alsace"

leur auteur ne les ayant formulé que sur papier, comme l'analemme d'Antoine Parent.

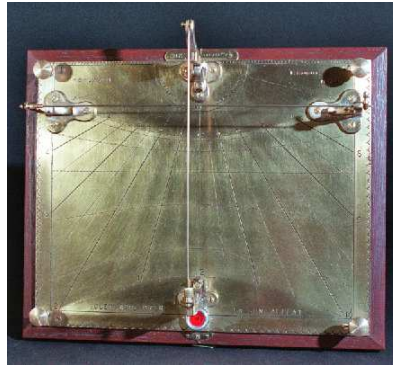
Emile Rouanet est décédé en 1983. Tous les cadrans sont ornés d'une devise, le plus souvent en latin. Il réalisera ce travail avec l'aide de l'abbé Cugnace.

Pour l'anecdote, nous reproduisons ci-après un article sur la réalisation d'un cadran solaire dans une revue (laquelle) de bricolage de 1960

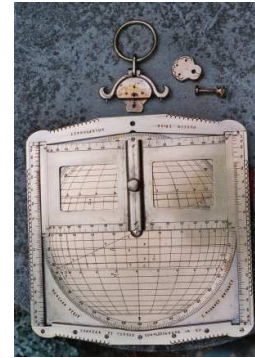
### Quelques réalisations de M. Rouanet:



Cadran d'Antoine Parent



Bifilaire de Michnik



Astrolabe de Roias Sutton

### Conseils pour réaliser un cadran solaire (1960)

# l'heure sur le mur

Quelques vieilles façades, parfois de simples murailles, nous ont m'étais vivement posé cette question, en voyant le nombre de cadrans faits

- 1° - Etablir avec précision la direction de la méridienne du lieu comme nous le verrons plus loin.
- 2° - Connaître la latitude du lieu, ce qui est plus facile, puisqu'il suffit de consulter la carte d'Etat Major, ou un simple atlas de géographie.
- 3° - Donner l'inclinaison au style (détails plus loin).
- 4° - Tracer les lignes horaires par le procédé du bricoleur, ou de l'artisan.

Je rappelle au lecteur : que l'heure marquée par un cadran solaire en un lieu, se rapporte à ce lieu.

Il faut distinguer les divers temps conventionnels, et le temps *VRAI*, ou temps solaire, qui est variable.

#### PROCÉDE DU BRICOLEUR

POUR TRACER LES LIGNES HORAIRES AVEC LE SOLEIL

①

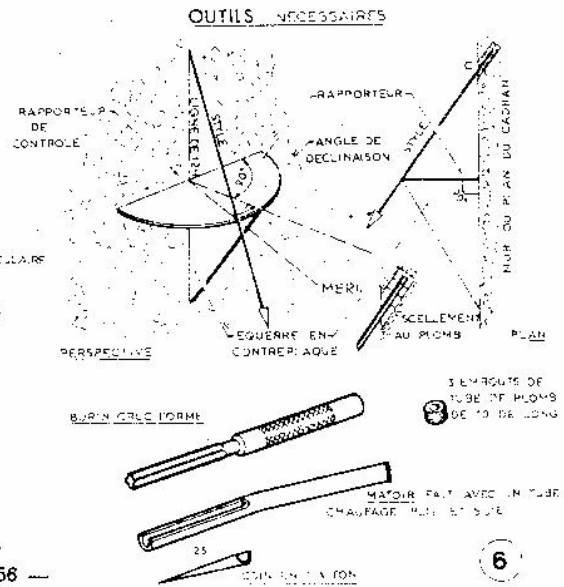
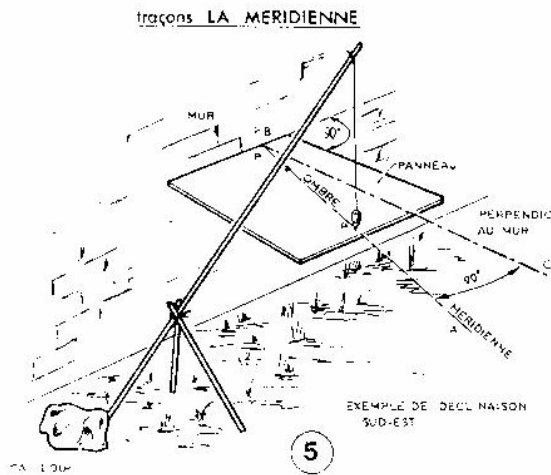
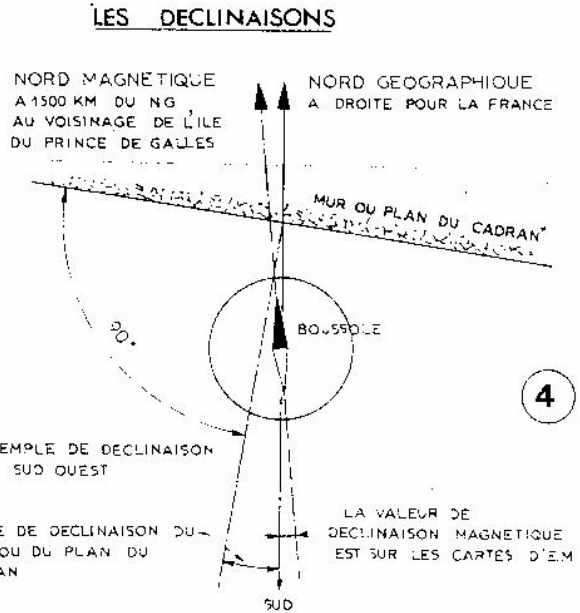
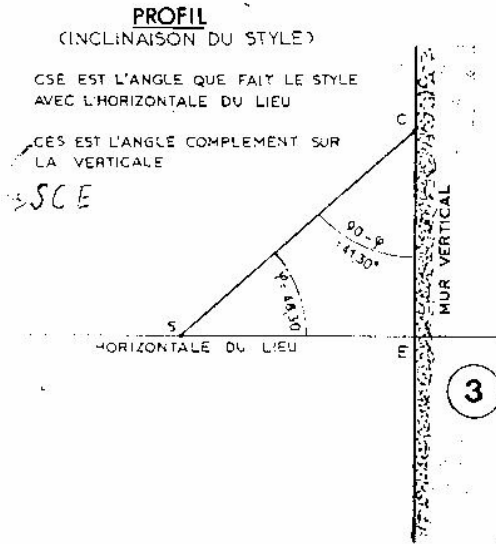
#### PROCÉDE POUR L'ARTISAN

A L'AIDE D'UN DISQUE GRADUÉ

LE STYLE RABATTU VERS LA GAUCHE POUR LES BESOINS DU DESSIN DOIT ÊTRE INTERPRÉTÉ PLUS OU MOINS VERS LE CENTRE SUIVANT LA DÉCLINAISON

②

— 55 —



de la déclinaison magnétique, ce relevé ne sera que relatif, car l'aiguille aimantée obéit à force sollicitations, métaux ferreux dans les murs ou le voisinage, etc.

Les amateurs ou artisans peuvent s'en référer à un gnomoniste, pour bien connaître l'heure vraie le jour de l'exécution.

l'épaisseur du style à graver sur le trait de la déclinaison.

**E. ROUANET.**

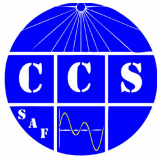
*Pour les gnomonistes amateurs, désirant se perfectionner, et quel que soit leur niveau culturel, nous conseillons le livre intitulé :*

*Les Cadrans Solaires par Monsieur ROHR, Capitaine au long Cours, paru en 1965 chez Gauthier-Villars.*

— 57 —

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe:

Les 3 pages de l'article " L'heure sur le mur"



## Cadran de la cathédrale de Strasbourg

par Guy Brelivet

*Monument exceptionnel, la cathédrale comporte 14 cadrans. Quelques cadrans originaux sont conservés au musée Notre Dame, à proximité. M. Brelivet, lecteur de Cadran-Info et demeurant en Alsace propose une visite de toute beauté.*

### La façade sud

Les cadrans de Dasypodius (3)

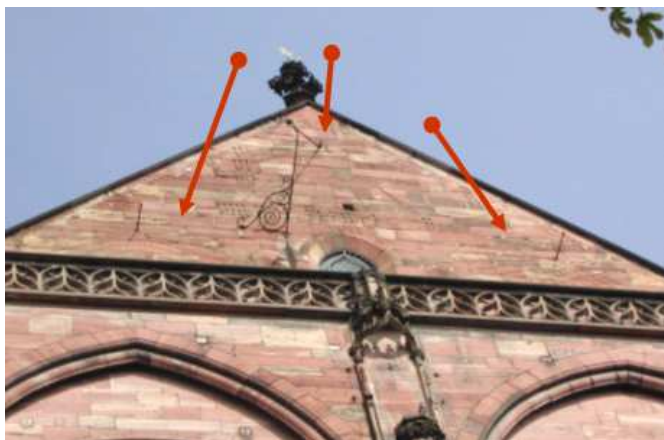
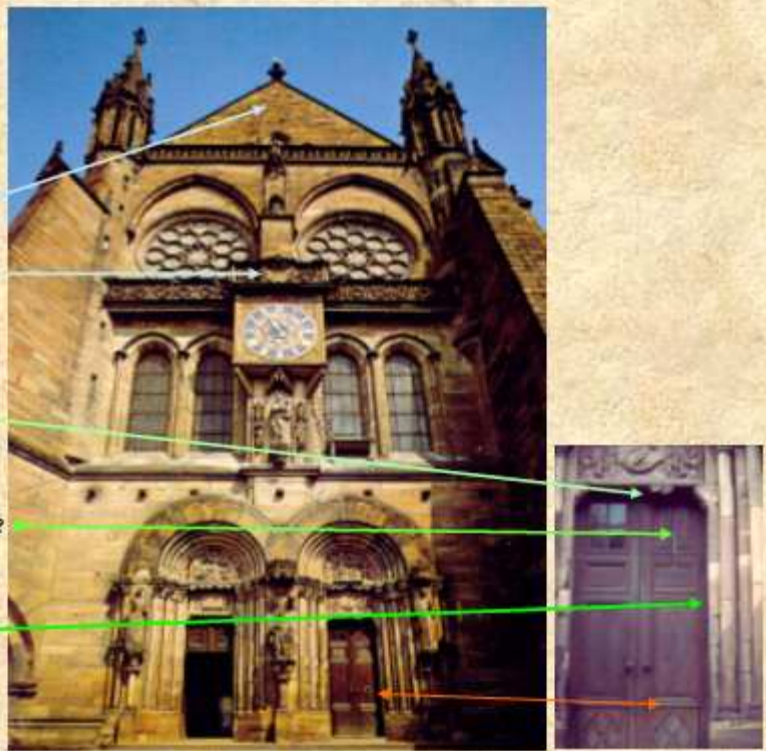
L'astrologue au cadran

Le style se situe sous cette porte sous forme de tôle galbée

Le soleil pénètre par cette trappe

La méridienne de Schwilgué

Se situe derrière le portail à droite



Ensemble des 3 cadrans de Dasypodius sur la façade du croisillon sud

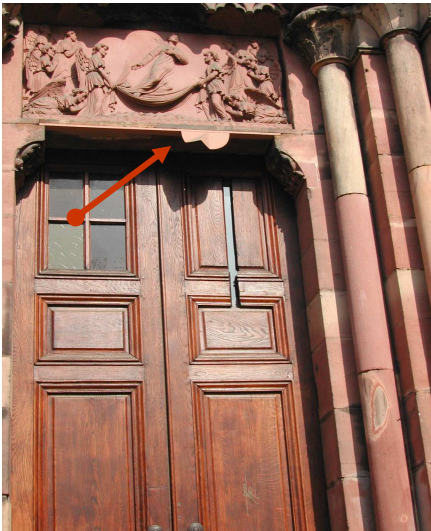


Au-dessus du portail sud "L'astrologue au cadran"



Vue rapprochée de l'Astrologue au cadran tel qu'il se présente sur la cathédrale et à droite, photo du cadran original remisé.

### La méridienne de Schwilgué



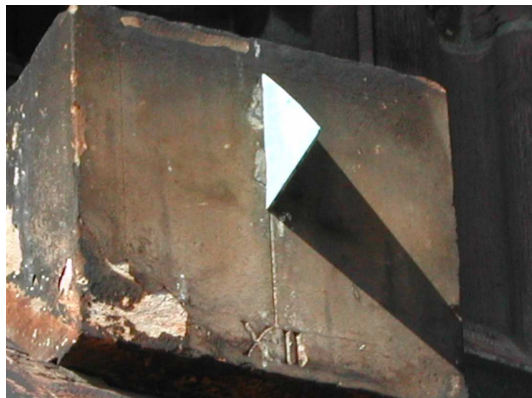
En haut, la tôle galbée qui sert de style. A la verticale, la fente par où pénètre l'ombre. La méridienne est située derrière la porte (photo au centre). On peut remarquer la fente verticale vue de l'intérieure de la cathédrale.

### Sur la terrasse, L'homme au cadran de la tour

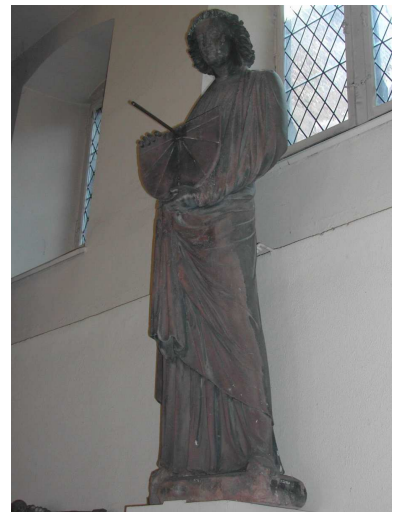
La photo de gauche, montre le cadran in situ. La photo de droite, l'original remisé au musée.



Sur la terrasse, deux **cadrans verticaux**. Un troisième qui a disparu a été reproduit par Mr Schott, sculpteur.

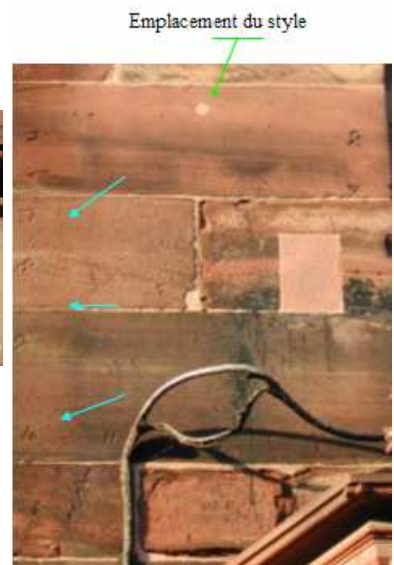


Sur le contrefort occidental du croisillon sud, **L'adolescent au cadran**



Ci-dessus cadran in situ; à droite, l'original remisé.

Sur le contrefort Sud, **deux cadrans**



### Remarques:

- Les lecteurs sont invités à consulter le livre de Hervé STAUB: "Les horloges silencieuses d'Alsace" pour s'informer des détails des cadrans présentés dans cet article.
- Certaines pièces du musée ont été remisées et ne sont plus accessibles au public, notamment celles du musée des arts décoratifs.







## Levers/couchers du soleil sur cadran

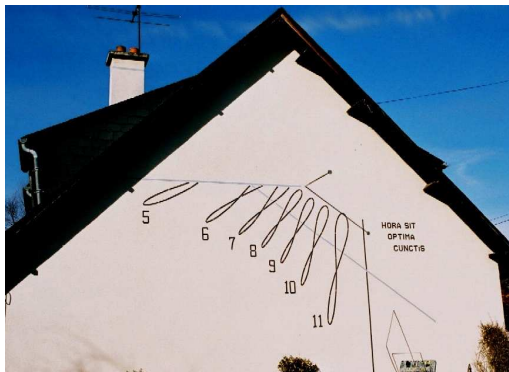
Par Pierre Joseph Dallet

*Lire sur un cadran solaire les heures des levers et des couchers du Soleil est possible. Graver sur un cadran les heures des levers et des couchers du Soleil est possible. Tracer des lignes qui permettent d'estimer les heures des levers et des couchers du Soleil sur le cadran est possible aussi, mais ce n'est pas le même problème.*

### Lire les heures des levers ou des couchers du Soleil.

Un cadran cylindrique, à graphisme dans la concavité, à style ponctuel, à axe polaire, tranché par un plan horizontal au niveau de son style est le cadran idéal pour obtenir ces informations.

Traisons le cas du cadran plan, à style ponctuel, vertical ou fortement incliné, fortement déclinant vers l'EST ou vers l'OUEST. Une ligne d'horizon doit être tracée sur ce cadran. Cette ligne est la trace de l'intersection d'un plan horizontal et du cadran. C'est la ligne de hauteur zéro, dite « ligne horizon ». Pour connaître les heures des levers ou des couchers du Soleil il faut suivre la ligne de déclinaison du jour jusqu'à la ligne horizon, et lire l'heure à laquelle les deux lignes se coupent. En traçant la ligne de hauteur négative  $-6^\circ$  nous obtiendrons les heures de crépuscule. C'est une indication lue, et non une ligne à tracer.



▲ Sur ce cadran à style ponctuel de la maison Dallet, il est possible de lire approximativement à quelles dates le Soleil se lève à 5h UT, 6h UT, et 7h UT. Les lignes en forme de huit sont obtenues par des petits carreaux de céramique collés à la colle à carrelage. Ils sont marron, et les 1<sup>ers</sup> de chaque mois sont jaunes. La ligne bleue horizontale, au niveau du style est la ligne de hauteur zéro.

### Heures des levers ou des couchers du Soleil par indications peintes ou gravées.

Sur les cadrans plans analemmtiques horizontaux nous utilisons les cercles de Lambert : voir cadran info n° 9 et 10. Le logiciel Solarium automatise leurs tracés. Il est aussi possible de marquer sur l'ellipse, aux points horaires auxquels le Soleil se couche et se lève, à des dates du calendrier zodiacal, les dates concernées.

Soient :

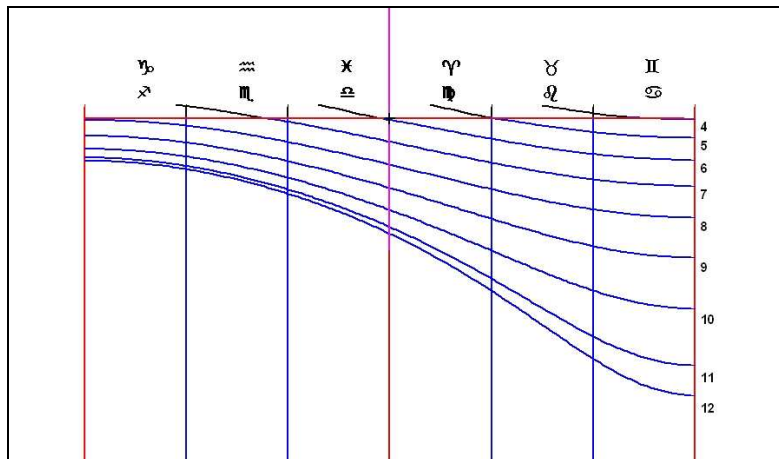
- 1 la valeur du demi-grand axe de l'ellipse.
- Phi la latitude du lieu,
- R le rayon du cercle,
- OC la distance centre de l'analemmtique / centre du cercle de Lambert.
- De la déclinaison du Soleil aux dates exprimées par le cercle :

Les cercles de Lambert ont pour rayons :

$$R = \cos(\text{Phi}) / \sin(2 \text{ De}) \quad \text{et} \quad \text{OC} = -\cos(\text{Phi}) / \tan(2 \text{ De})$$

### Heures des levers ou des couchers du Soleil sur les cadrans de hauteur.

Sur tous les cadrans de hauteur il est possible de lire à quelle heure le Soleil se lève et se couche. Sur les cadrans de la **famille berger et quart de cercle**, la **ligne de hauteur zéro coupe** les lignes de temps vrai aux dates où le Soleil se couche ou se lève à ces heures-là.



◀ Poncif d'un cadran de berger pour la latitude de Paris. Seuls les chiffres des heures du matin sont portés pour ne pas surcharger le document. A une date arbitrairement choisie nous pouvons observer quelle ligne d'heure coupe la ligne de hauteur zéro. C'est une indication d'heure de lever et de coucher du Soleil pour cette date. Exemple : à l'entrée en signe Bélier / Balance la ligne d'heure 6h du matin (numérotée 18 le soir) coupe la ligne de hauteur zéro. A cette date le Soleil se lève donc à 6 h (vraie, locale) et se couche à 18 h (vraie, locale).

Sur les cadrans de hauteur pourvus de **deux échelles de dates, une pour savoir où lire, une pour placer le style** (bague, médaille, etc.) la lecture des levers et couchers est possible. Ces cadrans sont rares et peu connus, aussi nous n'en parlerons pas plus.

Sur les **astrolabes** il suffit de repérer la position du Soleil sur le cercle écliptique de l'araignée, puis de la placer sur la ligne de hauteur zéro pour lire les heures de lever ou de coucher. Ces instruments permettent également de déterminer les heures des crépuscules. Certaines conceptions des astrolabes font que ces objets sont plus des cadrans solaires que des astrolabes proprement dits.

Les « cadrans règle » ou les « cadrans à marches » des pharaons permettent de savoir combien de temps nous sépare du lever ou du coucher du Soleil et si nous avons l'heure par une horloge nous pouvons calculer les heures de coucher et de lever du Soleil. Il est nécessaire que les heures primitives qu'ils portent aient la durée de nos heures contemporaines. Des cadrans de ces types réalisés pour vérifications expérimentales le prouvent. La vérification par pièces archéologiques n'est ni confirmée ni infirmée.

A l'aide d'un cadran de la famille des navicula posé horizontalement, le balancier accroché à la bonne date et à la bonne latitude nous lisons l'heure du lever et du coucher du Soleil. Les cadrans de cette famille permettent de déterminer les levers et les couchers pour toutes les latitudes dont leurs concepteurs les ont dotés.

**Sur tous les cadrans à style ponctuel** il est possible de tracer des lignes de déclinaison propres à des durées de jour et de graver ou peindre les heures des levers et couchers en toutes lettres ou par des échelles. (Voir Cadran info n° 18)

Remarquons que sur ces cadrans, les canevas des heures italiques et babyloniennes permettent de savoir combien de temps nous sépare du lever ou du coucher du Soleil et de calculer ses heures de coucher et de lever.

### **Tracer les lignes d'estimation des heures des couchers et levers du Soleil sur le cadran.**

Ce problème peut se résoudre facilement en couplant un très petit cadran à style ponctuel à un grand cadran à style polaire. La longueur du style droit doit être de l'ordre de 1/10 de la largeur du cadran à style polaire. Ce sont les hyperboles de déclinaison du petit cadran à style ponctuel qui seront utilisées.

Le style droit doit être placé dans le prolongement de la ligne sous-stylaire du grand cadran à style polaire de manière à obtenir que sa ligne équatoriale passe par le centre de ce dernier. Rappelons que le centre d'un cadran à style polaire est le point d'intersection du style polaire et du plan du cadran.

Les hyperboles sont des courbes à deux branches. Exemple l'hyperbole des solstices est composée de l'arc du solstice d'hiver et de l'arc du solstice d'été.

A mi-chemin entre les sommets des deux branches, sur l'axe de ces courbes, axe également sous-stylaire du cadran à style polaire, nous avons le point A. Par ce point A nous pouvons tracer des asymptotes, droites qui à l'infini se confondent avec les branches de l'hyperbole. Pour l'ensemble des hyperboles, ce point A varie de place, d'une hyperbole à l'autre. Les asymptotes ne sont pas tracées, seuls les arcs des coniques seront tracés. Ces lignes seront suivies chaque jour par l'ombre du style ponctuel, sommet du style droit.

Nous aurons donc deux erreurs :

- ° Le point A ne sera pas au point C du cadran, sauf aux solstices.

- ° Les asymptotes des hyperboles seront considérées confondues aux hyperboles ce qui n'est vrai que si le style droit est très petit, de l'ordre de moins d'un dixième des branches de l'hyperbole.

Les heures des levers et des couchers du Soleil, sur le cadran, sont figurées (à l'estime) par les lignes horaires du cadran à style polaire, là où les hyperboles les coupent sur l'encadrement du cadran. Cette propriété est due au fait que la formule qui calcule l'angle « asymptote » / « ligne équatoriale » est la même que celle qui procure l'amplitude des astres à leurs couchers ou à leurs levers. Nous devons donc tolérer une inexactitude qui sera de l'ordre de 5 minutes en été et en hiver. Les hyperboles à tracer seront celles des solstices puis celles des durées de jour. On peut choisir des durées de jour valant un nombre entier d'heures, mais d'autres choix sont également licites.



◀ Le style ponctuel est le sommet du petit style droit. Pour une déclinaison du Soleil donnée, l'ombre du style ponctuel indique une ligne verte, hyperbole de déclinaison. Les indications sont lues aux azimuts vus des points A des hyperboles, et non aux azimuts vus du pied du minuscule style droit. Les hyperboles sont celles des déclinaisons d'entrées en périodes de signes du calendrier zodiacal. L'erreur maximum constatée est de 3 minutes.

DA.P.J. dimanche 26 octobre 2008

**A l'heure...**

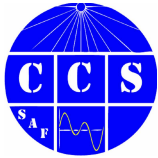
**de vos calculettes !!**

**Cette horloge "mathématique" n'a pas échappé à**

**Paul Gagnaire**

**et Joseph Theubet**



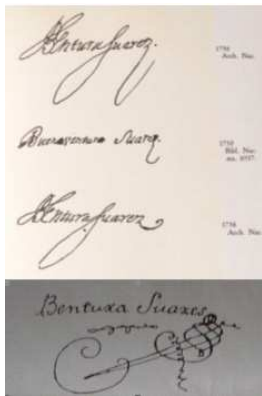


## Buenaventura Suarez

Par Reinhold R. Kriegler

*Histoire du premier astronome créole de l'Amérique du Sud et de son beau cadran solaire à San Cosme y Damian.*

Buenaventura Suarez dont le nom signifie « bonne chance ! » est né le 3 septembre 1679 à Santa Fé de la Veracruz appartenant à l'Argentine de nos jours. Ses parents étaient créoles, son père a servi comme lieutenant dans l'armée du conquérant espagnol.



Le jeune homme devint jésuite en 1695, à l'âge de 16 ans. En 1706 Suarez réalise le premier télescope fonctionnant dans l'hémisphère Sud et fit ses premières observations astronomiques à San Cosme y Damian.

Ayons un regard attentif au timbre Paraguayen de 1994 ci-contre. Il montre le portrait de l'astronome bien connu Johannes Kepler et un cadran solaire horizontal. Du côté gauche il y a une inscription verticale : "BUENAVENTURA SUAREZ, JESUITA.



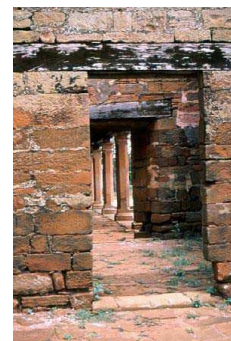
AMORCE ASTRONOMO DEL PARAGUAY".

Buenaventura Suarez a travaillé en tant que missionnaire et commença bientôt à construire des télescopes à réfraction. Ses observations astronomiques régulières remontent à 1706, trois ans après son arrivé à San Cosme y Damian. Il a employé les matériaux trouvés sur place et étonnamment il est parvenu à découper et à polir des pierres de quartz pour les ajuster et constituer des "lentilles".

Il a également réalisé des horloges et des quarts de cercle de pendule simple. Progressivement Buenaventura Suarez a pris contact avec des astronomes du Pérou, de l'Espagne, de la France, d'Allemagne, de Russie et de Chine. Il a construit un cadran solaire horizontal en pierre, qui existe encore de nos jours !

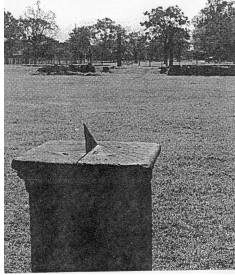
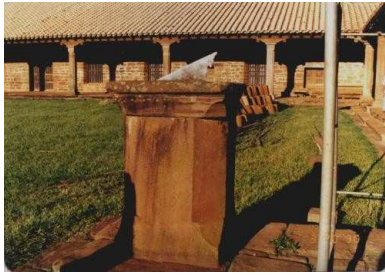
Je voudrais montrer différentes images de ce cadran solaire, dont j'ai rassemblé la littérature à partir de plusieurs sources Internet et d'informateurs amicaux d'Amérique du Sud, qui m'ont donné la permission de les présenter sur mon site Web: [www.ta-dip.de](http://www.ta-dip.de).

Je commencerai par quelques images de la congrégation de San Cosme y Damian :





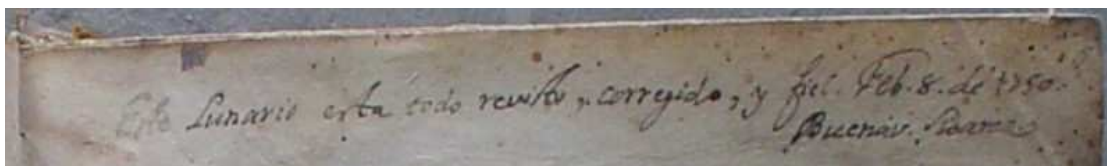
Puis par quelques images du cadran lui même



Buenaventura Suarez parle à tous les sens : Vue, audition, touché... et sachez que pour l'odorat et le goût... Il a fait des recherches sur la production de... chocolat.

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe:

Le texte intégral (en anglais) de Reinhold R. Kriegler. Celui-ci présente dans le détail le contexte missionnaire et astronomique de Buenaventura Suarez. Il montre quelques photos du livre de la Lisboa- edition lequel est conservé comme un trésor au State library of Bueno Aires. Il offre une bibliographie complète



Annotations du livre de la main même de Buenaventura





## Cadrans d'édifices religieux arméniens

par Julian Lush

*AR - MÉ - NI(e)... La Terre des Fils de AR. Et AR? Ar (soit Ara ou Ur) était le dieu du soleil, de la lumière et du feu, vénéré comme dieu principal par le peuple appelé Arméniens. C'était une nation païenne dont l'ancien dieu AR était toujours vénéré et dont les massifs proéminents, Mont Ararat (5165m) (fig 1) et Mont Aragats (4095m) deviendront les symboles. Chaque fois que les syllabes 'ar' ou 'ur' apparaissent, c'est un hommage au dieu-soleil.*

À l'origine ils étaient une branche des peuples aryens qui sont arrivés de l'Asie centrale pendant le 3<sup>ème</sup> millénaire AJC et se sont divisés entre l'Inde et la Perse, tandis que les Arméniens s'installaient dans les hautes terres au sud du Caucase. Pendant le 2<sup>ème</sup> millénaire un autre peuple lié, les Urartiens, s'élevaient et établissaient un royaume puissant



Fig 1 : Mt Ararat au-dessus de Yerevan

en Anatolie de l'est et qui, entre 900 et 600 AJC, s'étendraient sur les terres arméniennes et peu à peu se liaient avec les Arméniens, adoptant la langue arménienne. Ainsi, en 600 AJC, il y avait le royaume important d'Arménie dans cette région située entre les Grecs et puis la Byzance de l'ouest et la puissance des Perses au sud, mais fréquemment traversé par des combattants de conflits et même occupé par les Romains.

Bien avant l'adoption du christianisme pour l'empire romain par Constantin et l'essor de la Byzance, selon la légende, l'Arménie était déjà visitée par les apôtres Thaddeus et Bartholomé. Puis en l'an 301 le roi païen, Tiridates, guéri d'une maladie par St Gregoire l'Illuminateur, se convertit à sa religion. Ainsi l'Arménie prétend d'être la première nation à adopter le christianisme. Son histoire ultérieure a continué d'être perturbée par les turcs seljuks et ottomans rivalisant avec les russes. Finalement au 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles l'Arménie a perdu la moitié de ses domaines historiques à la Turquie et aujourd'hui le Mont Ararat surgit inaccessible de l'autre côté de la frontière.

Avec Ar si intégré dans l'esprit de la nation, on peut s'attendre à ce que le symbole du roi-soleil soit manifesté dans le patrimoine mais ce qui est bien surprenant c'est la fréquence avec laquelle son symbole apparaît dans les cadrans solaires sur les murs des églises et des monastères édifiés au fil des siècles pendant des périodes de prospérité jusqu'au temps présent, marquant le passage du Soleil tout au long de la journée.

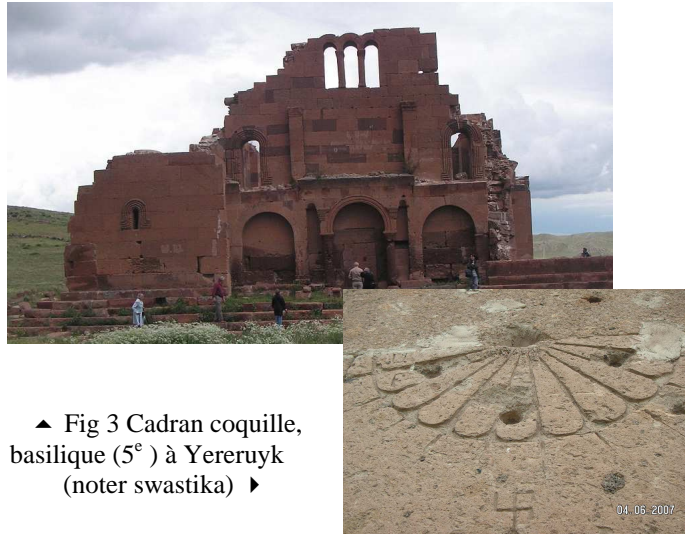


Le plus récent apparaît sur le portail sud de la cathédrale du Yerevan, la capitale, construite en 2001 (fig 2). Pendant une visite de deux semaines, nous avons visité une quarantaine des églises anciennes dont plus de la moitié portaient un cadran, et il y en a certainement autant ailleurs.



◀ Fig 2 ▶

La forme commune de tous les cadrans est le demi-cercle inférieur d'un disque du soleil, avec un style horizontal au centre et 10-12 segments radiaux et égaux, normalement à bouts ronds – une forme coquille. L'église la plus ancienne en l'Arménie avec un cadran de cette forme est la basilique de Yereruyk du 5<sup>e</sup> siècle (fig 3), mais est-ce que le cadran - certainement vieux –était contemporain?



▲ Fig 3 Cadran coquille, basilique (5<sup>e</sup>) à Yereruyk (noter swastika) ▶

Un beau cadran se présente sur l'église de Ste Gayenne de 630 à Ejmiatsin (fig 4). Mais le plus ancien

exemplaire de date concluante était incorporé dans la structure de l'église ronde de style romain de Zvartnots construite en 641-662 (fig5). Tombé à la suite d'un tremblement de terre, le cadran complet a été récupéré par terre et se trouve aujourd'hui dans le petit musée à côté de l'église partiellement restaurée; une réplique reste dehors. Ce n'était pas un prototype; la forme était déjà bien établie. La même forme devint commune dans toute la chrétienté, surtout au moyen âge. Aujourd'hui on l'appelle le cadran coquille (qui n'a rien à voir avec celle de St Jean de Compostelle, symbole de la fertilité ou de la mort).



Fig 4 (et en haut) Cadran de Ste Gayenne (630) à Ejmiatsin. Le cadran antédiate le portique du 13<sup>e</sup> siècle.



Fig 5 (à gauche en bas et ci-dessus) Entrée Sud de l'église du style romain de Zvartnots, construite en 641-662. Réplique du cadran original au dessus de l'arche.

Savoir si un cadran était contemporain de son église est généralement une supposition mais pour la plupart, selon le style et l'usure, ils semblent avoir été posés bientôt après. Les segments des cadrans coquilles sont invariablement d'une taille égale mais sans règle sur leur nombre. Ceci varie entre 10, 11 et 12 mais pour la plupart 12. La décoration varie aussi des simples lignes inscrits jusqu'à la sculpture pleine et florissante avec ou sans une bande extérieure. Mais la caractéristique unique des cadrans arméniens est le numérotage des segments avec les heures en chiffres arméniens selon le système d'écriture alphanumérique inventé par le moine Meshrop Mashtots en 405.

Les 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> siècles avaient montré un foisonnement de constructions d'églises et de fondations de monastères en Arménie – clairement une période de la prospérité. La cathédrale de Talin du 7<sup>e</sup> siècle porte un cadran probablement contemporain mais remplacé pendant la restauration (fig 6). L'église d'Odzun, également du 7<sup>e</sup> siècle, porte un cadran qui apparemment servait d'horloge canonial parce qu'on a ajouté plus tard des chiffres européens, qui datent du moyen âge (fig 7).



▲ Fig 6 Talin Cathedral (7<sup>e</sup>) et son cadran sculpté (contemporain?) ▶



▲ Fig 7 Église de Odzun (7<sup>e</sup>) à cadran canonial aux numeraux Europeans (addition du moyen âge).

Des églises suivaient pendant les 10<sup>e</sup> au 12<sup>e</sup> siècles mais une deuxième phase majeure de patronage religieux a eu lieu pendant le 13<sup>e</sup> siècle. Les églises et monastères qui existent toujours en Arménie aujourd'hui, soit en ruines, soit actives, se divisent plus ou moins entre des périodes plus ou moins reculées. Les cadrans apparaissent sur un peu plus de la moitié, avec peut-être une plus grande fréquence que partout ailleurs. Avec la vénération historique du dieu-soleil Ar, est-ce que cela est surprenant? Aux monastères de Haghartsin (1281) et Goshavank (12<sup>e</sup> siècle) on trouve des exemplaires de cadrans associés aux disques soleils complets (figs 8 et 9).



◀ ▲ Fig 8 Monastère de Haghartsin (1281) plein disque du soleil au dessus du cadran.



Fig 9 Cadran orné du monastère de Goshavank (12<sup>e</sup>) avec visage du soleil au centre.

L'architecture religieuse arménienne a commencé avec la basilique pendant le 5<sup>e</sup> siècle mais bientôt a développé la forme en croix comme à Haghartsin (fig 8) qui est devenu le cachet du style arménien dans toute la région, comprenant aussi la Turquie de l'est, en Georgie, Nagorno-Karabagh, Azerbaïdjan et encore ailleurs. Des monastères furent fondés avec des quartiers religieux et domestiques et souvent se développaient avec plusieurs églises en complexes monastiques, se trouvant dans les coins isolés et inaccessibles; quelques-uns sont devenus des grands centres intellectuels. Le monastère de Haghpat de 991 porte un cadran sur l'église pour les heures de messe et un autre bien orné ajouté au 13<sup>e</sup> siècle sur le réfectoire (fig 10) pour assurer la ponctualité des repas. La décoration des symboles religieux se trouve aussi, comme les cadrans, portant les colombes aux monastères de Tanahati et Tatev (fig 11).

Les cadrans ne sont pas le seul exemple de la représentation du symbole du disque soleil aux images. Traditionnellement, les Arméniens ont sculpté des *khachkars*, soient des panneaux de tombeau, soient des monuments commémoratifs à des personnes ou des événements. Un *khachkar*, une 'croix de pierre', est une plaque de pierre sculptée d'une manière complexe, portant une grande croix arménienne comme symbole du christianisme et très souvent en dessous, un disque complet aujourd'hui attribué à l'Éternité mais en vérité,



l'ancien symbole du soleil. Étant l'origine d'un temps encore plus reculé, il y a un très bel exemple du 12<sup>e</sup> siècle qui reste très en vue au dessus de l'église à Mastara (fig 13), pendant qu'une vraie forêt de *khachkars* se trouve dans le cimetière de Noraduz. Les *khachkars* se trouvent partout et sont sculptés encore de nos jours.



Fig 10 Cadran de la réfectoire du monastère de Haghpat (1250).



Fig 11 Monastère de Tatev: Cadran coquille à deux colombes de S. Stephanos, Tanahati (1273-9)



Fig 11 Monastère de Tatev: Cadran une colombe sur l'obélisque (1295)



Fig 12 Cadran bien orné de S. Stephanos, monastère de Aghjots (1220).



◀ ▲ Fig 13 *Khachkar* du 12<sup>e</sup> à Mastara à disque du soleil/éternité.

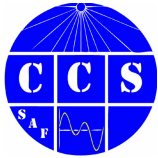


Fig 14 Monastère de Marmashen; *khachkar* commémoratif de la guerre Nagorno-Karabagh en 1992

Deux questions se posent toujours, dont les réponses restent encore des suppositions. D'abord, pourquoi y a-t-il tant de cadrans sur les églises en Arménie? La réponse est peut-être due aux raisons déjà citées, l'ancienne vénération du dieu-soleil Ar. Deuxièmement, pourquoi sont ils tous de la même forme en demi-cercle à 10-12 segments égaux? Est-ce que c'est parce que cette forme est simplement la moitié du symbole entier du soleil? Peut-être que l'égalité des segments horaires représente les apôtres. Certainement la même forme était adoptée plus largement dans toute la Byzance, et même plus loin. Ne pourrait-on pas l'appeler le cadran byzantin?



Fig 15 *Khachjkar* modern à Saghmosavank; croix arménienne avec disque soleil/éternité.



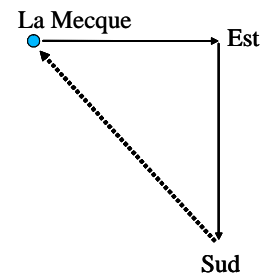
## Le "Cherche-qibla"

Par Ivon Massé

*Cette présentation fait suite à l'article paru dans Le Gnomoniste de septembre 2008 et pose la question: Le "Cherche-qibla" est-il à l'origine des cadrans rectilignes de hauteur? Ici sera plus particulièrement développé l'instrument baptisé "cherche-qibla". Nous verrons comment il pourrait prendre place dans l'origine, malheureusement perdue, du cadran de hauteur universel dit de Regiomontanus.*

La qibla est la direction de La Mecque. Elle a une grande importance pour les pratiquants musulmans depuis les débuts de cette religion. Montucla témoigne de cette importance dans son adaptation des "Récréations Mathématiques" (1778, tome 3, problème XIV, pp 61-64). En outre, la plupart des manuels astronomiques arabes médiévaux pourvus de tables contiennent un chapitre sur la détermination de la qibla.

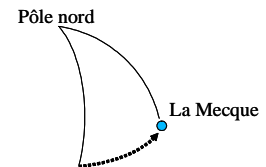
Pour des faibles distances (quelques centaines de km) on peut recourir à la trigonométrie plane afin de déterminer la qibla. Après avoir parcouru 2 jours de chameau vers l'Est puis 2 jours et demi vers le Sud, on sait pertinemment que La Mecque se trouve au nord-ouest à environ 40° du nord.



Lorsque les distances sont plus importantes il faut avoir recours à la trigonométrie sphérique en utilisant les angles suivants:

- ° Distance polaire de La Mecque (complément de sa latitude)
- ° Distance polaire du lieu considéré
- ° Différence des longitudes

Ces angles avec, bien sûr, une grande imprécision pour la différence de longitude étaient connus au moins depuis Ptolémée et étaient largement utilisés par les scientifiques arabes médiévaux. Ces derniers possédaient en outre les outils mathématiques (géométrie ou algèbre) nécessaires à la résolution de ce triangle.



Un moyen pour trouver la qibla, qui transparaît dans les méthodes qu'ils utilisaient, est de rechercher l'azimut du soleil quand il est au zénith de La Mecque. En effet, cette ville est située dans la zone intertropicale et à 2 périodes de l'année, aux environs du 28 mai et du 16 juin de notre calendrier, le soleil passe à sa verticale à midi vrai.

Cette méthode est toujours d'actualité, elle est proposée par exemple sur Internet avec l'heure précise à laquelle il faut observer le soleil. Si de nos jours, cet instant est facilement et précisément accessible à tous, ce n'était pas le cas au moyen-âge. C'était la difficulté principale à l'application de cette méthode. Essayons de déterminer cet instant par la hauteur du soleil.

Sur la figure 1, est représenté la terre telle qu'elle se présente lorsque le soleil est au zénith de la Mecque. Nous supposons être à Tolède en Espagne. L'horizon du soleil (en bleu) est le grand cercle reliant tous les points de la terre où le soleil est vu sur l'horizon.

Plaçons les grands cercles de référence (figure 2):

- ° L'équateur en rouge,
- ° Le méridien de La Mecque en rouge également,
- ° Le méridien de Tolède en vert.

Sur ces grands cercles on peut relever: La latitude de La Mecque:  $\Phi_M \approx 21,5^\circ$ , la latitude de Tolède:  $\Phi_T \approx 40^\circ$  et la différence de longitude entre La Mecque et Tolède:  $\Delta l \approx 44^\circ$ .

Sur la figure 3, ajoutons le cercle orange qui relie tous les points de la terre où le soleil est vu à la même hauteur qu'à Tolède. Nous allons à présent projeter ces cercles orthogonalement sur le plan contenant le méridien de La Mecque. C'est du côté Est de ce méridien que nous regarderons la projection.

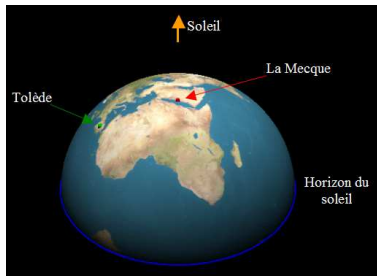


Figure 1

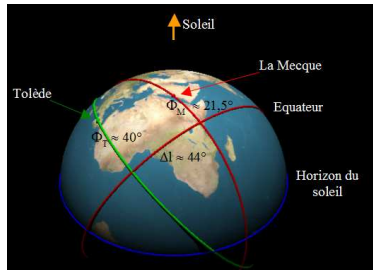


Figure 2

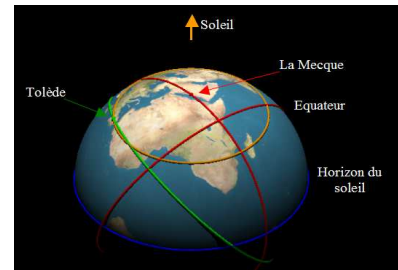


Figure 3

La Mecque, à la surface de la terre, est éclairée par le soleil qui se trouve dans le plan de la figure 4. A partir de la latitude de La Mecque, on peut tracer l'équateur (en rouge), formant un angle  $\Phi_M$  par rapport à la direction du soleil, puis l'axe polaire (en noir). Avec la latitude de Tolède  $\Phi_T$ , on peut tracer la projection de son parallèle  $Z'1 Z1$  et rabattre celui-ci sur le plan de la figure (arc de cercle à droite). La différence de longitude  $\Delta l$ , nous permet de situer Tolède sur le demi parallèle rabattu.

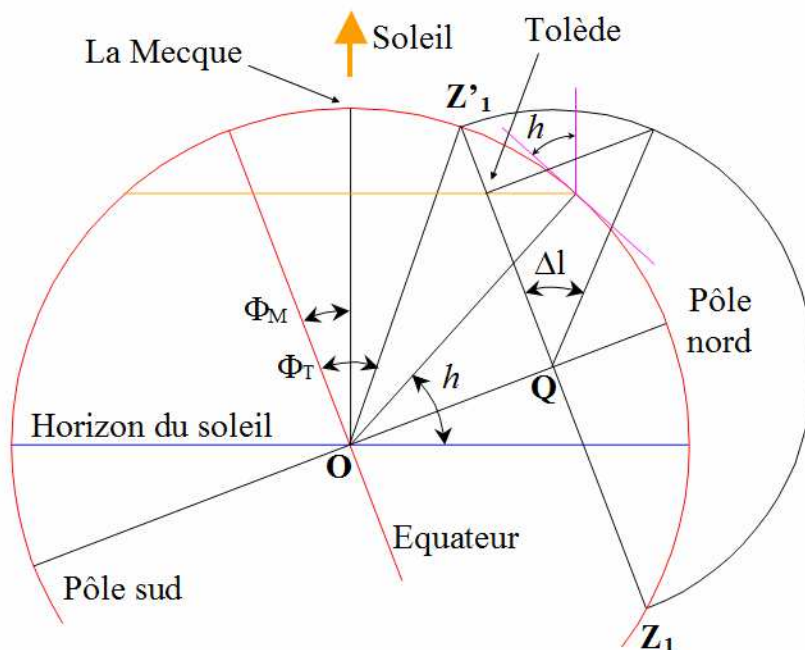


Figure 4

En abaissant perpendiculairement ce point sur la projection du parallèle (en orange) on obtient la position de Tolède sur la figure. On peut alors tracer la projection du petit cercle orange... et en déduire la hauteur du soleil observée en tout point de ce cercle ( $h$ ).

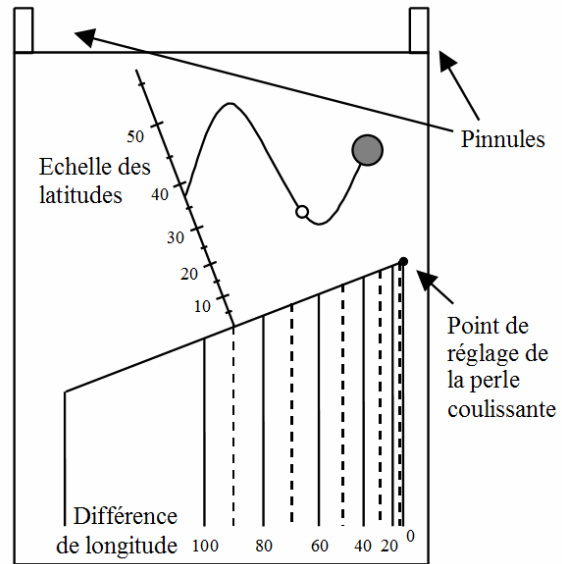
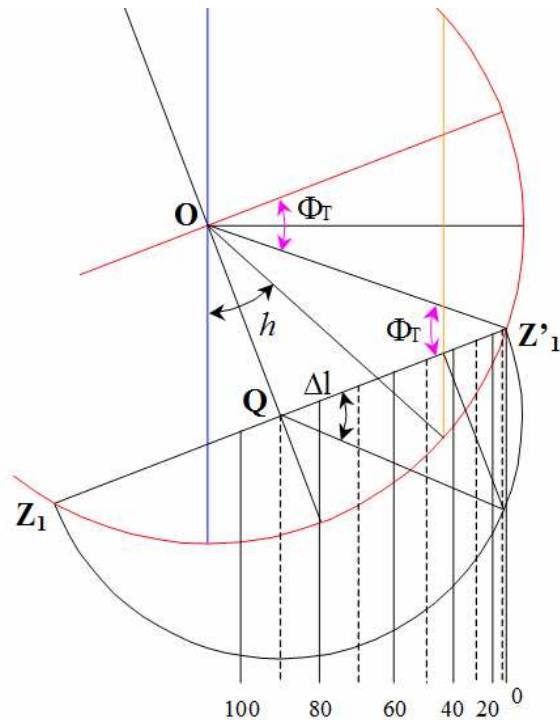
Remarquons que l'angle de cette hauteur se retrouve au centre de la terre entre l'horizon du soleil (ligne bleue) et l'extrémité de la projection du cercle orange.

Faisons maintenant tourner la figure 4 de  $90^\circ$  pour placer l'horizon du soleil verticalement (ligne bleue), nous obtenons la figure 5. Imaginons qu'on suspende au point O, un fil lesté avec une perle en extrémité permettant de décrire le cercle rouge (la perle ne présente aucun intérêt à ce stade, nous verrons son intérêt plus bas quand nous généraliserons à différents lieux d'observation). Tel que la figure 5 se présente, le fil recouvre le demi diamètre inférieur de l'horizon du soleil.

Si maintenant la figure s'incline progressivement en suivant l'élévation du soleil

(supposé vers la gauche) à partir son lever, la perle se déplacera le long du cercle rouge jusqu' à atteindre l'extrémité du segment orange. A cet instant précis, si on se trouve à Tolède et si la date de l'observation est le 28 mai ou le 16 juin, le soleil sera au zénith de La Mecque.

Si on veut prendre en compte des différences de longitude différentes, il suffit de tracer par la même méthode un ensemble de droites paramétrées (100°, 80°, 60°, 40°, 20°, 0°). En remarquant que la latitude du lieu d'observation se retrouve à l'extrémité de la corde Z1Z'1, nous pouvons graduer la droite OQ pour différentes latitudes. On obtient alors... le cherche-qibla de la figure 6.

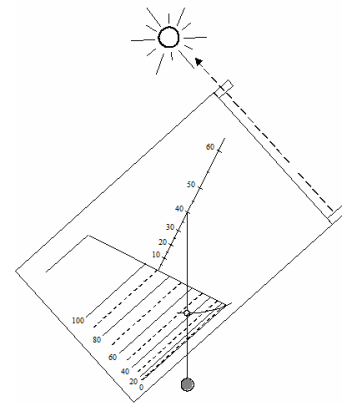


◀ Figure 5

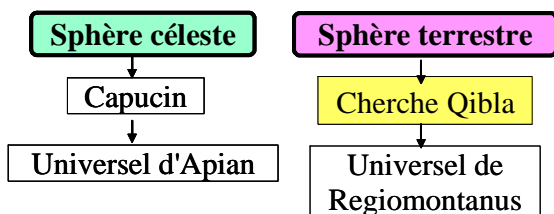
Figure 6 ▲

Figure 7 ▼

Cet instrument est ainsi universel. Pour l'utiliser, il faut suspendre le fil sur la latitude de lieu d'observation et faire glisser la perle le long du fil tendu jusqu'au point de réglage, l'instrument est alors prêt pour l'observation. En alignant le soleil avec les pinnules, on attend que la perle atteigne la ligne verticale correspondante à la différence de longitude qui sépare l'observateur de La Mecque comme on peut le voir figure 7 dans le cadre de notre exemple. La direction du soleil ou le plan de l'instrument indique alors la qibla.



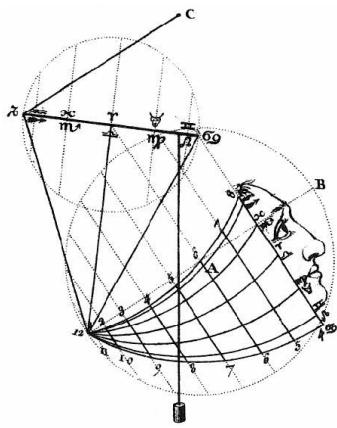
Lors de notre réunion de printemps 2004, à la fin d'une présentation sur les cadrans rectilignes de hauteur, je proposais le synoptique ci-dessous.



Je précisai que l'équivalent au capucin était un cadran conçu pour une seule déclinaison du soleil et différentes latitudes, ce qui n'avait aucun intérêt. Ce type de cadran pourrait cependant être... le "cherche-qibla".

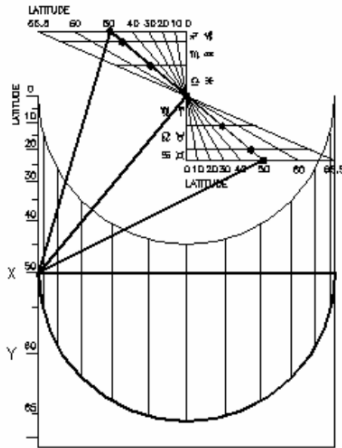
Explorons d'abord la branche gauche du synoptique:

Le capucin



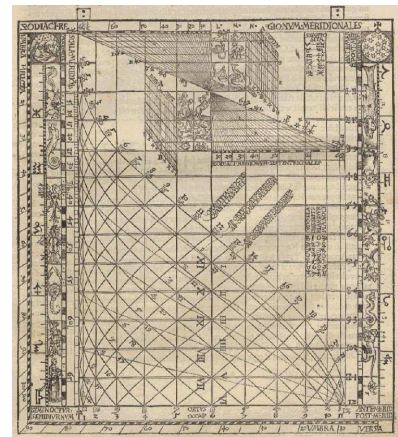
Gravure bien connue extraite des Récréations Mathématiques et Physiques citées plus haut.

Figure de J. de Vries



on imagine facilement comment on passe de ce cadran conçu pour une seule latitude au cadran universel imaginé par Apian en 1532

Universel d'Apian



Magnifique gravure complétée par un ensemble de courbes permettant de passer des heures égales aux heures italiques et babyloniennes.

Explorons la branche de droite. A partir du "cherche-qibla", on peut imaginer... de retirer les lignes de longitude pour les remplacer par des lignes horaires en faisant l'analogie longitude/temps bien connue des navigateurs (figure 8). Ajouter des échelles de latitude pour les différentes déclinaisons du soleil avec le point de réglage associé (figure 9)... etc. On obtient ainsi le cadran de Regiomontanus dont voici un magnifique exemplaire datant de la fin du XV<sup>e</sup> siècle conservé au musée Huelsmann de Bielefeld en Allemagne (figure 10).

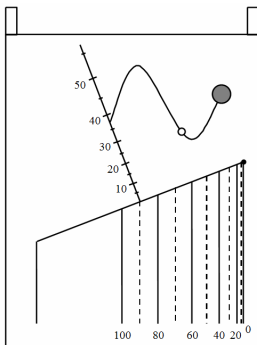


Figure 8

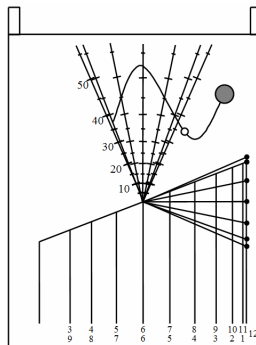


Figure 9

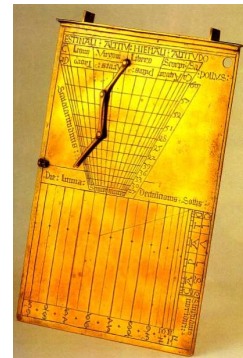
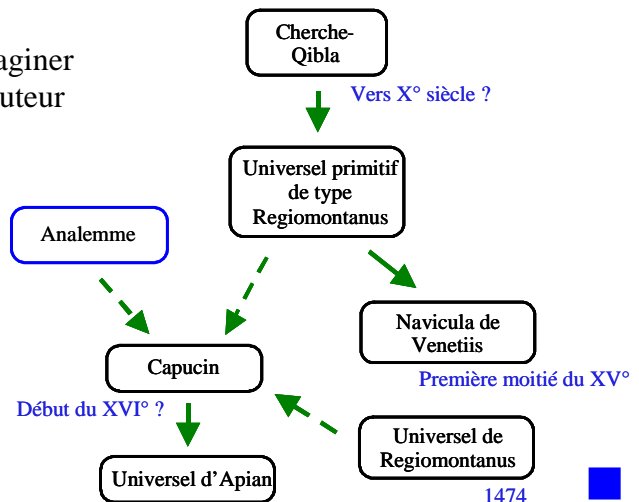


Figure 10

Voici alors comment on peut alors imaginer la succession des différents instruments de hauteur à lignes horaires rectilignes.

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe: L'ensemble de la présentation avec en mode diaporama, l'animation des constructions géométriques.





## Sphères armillaires du 3<sup>ème</sup> millénaire

Par Yves Opizzo

*La mesure de la longitude terrestre ne pose de nos jours plus le moindre problème. Les pages qui suivent montrent cependant qu'il est possible de mesurer cette valeur - en théorie de façon absolue - en n'utilisant que le Soleil, et aucune mécanique (chronomètre) ni électronique (ordinateur ou autre). Cette méthode entièrement nouvelle n'a jamais, apparemment au moins, été mentionnée dans le passé, bien que les connaissances et la technique auraient permis la réalisation des instruments il y a au minimum 150 ans. Pourquoi alors cette idée n'a-t-elle pas germé dans aucun des cerveaux fertiles des siècles passés ? Cette question est sans réponse claire.*

### ΑΠΟΛΥΤΑΡΗΣ, Απολυταριος, Apolytarios, Apolyter, apolytère, apolyterre.

Le troisième millénaire, déjà surchargé par l'informatique toute puissante et la digitalisation qui s'ensuit, ne semble pas pouvoir s'accommoder d'instruments paraissant désuets. Et de fait, les objets présentés dans cet article sont entièrement analogiques, donc ne supportent pas la moindre électronique. Apolytarès est le nom de la pointe Sud de l'île grecque d'Anticythère, bien connue par le fameux « mécanisme » découvert au début du XX<sup>ème</sup> siècle dans une épave, à quelques encablures des côtes. Ce serait le premier ordinateur (analogique) de l'humanité, capable semble-t-il de prédire correctement les mouvements de certaines planètes dans le ciel ainsi que les éclipses de Soleil et de Lune. Il existe de nombreux liens dans l'internet, avec des animations, par exemple : [www.decodingtheheavens.com/](http://www.decodingtheheavens.com/) et [www.guardian.co.uk/science/blog/2008/dec/11/antikythera-first-computer](http://www.guardian.co.uk/science/blog/2008/dec/11/antikythera-first-computer), ou encore <http://dutarte.club.fr/Siteinstruments/index.htm>. L'apolytère, détaillé plus avant, permet aisément de montrer les éclipses. Le nom Apolytarios est par ailleurs lié à la liberté, peut-être signifie-t-il, à un deuxième degré, « eaux profondes non dangereuses » à partir de là. Le nom est donc un hommage aux anciens Grecs, qui auraient été en mesure de créer un tel objet. Par ailleurs, il est prouvé que Ptolémée avait créé vers l'an 150 de notre ère, un instrument extraordinaire, l'organon, ressemblant beaucoup aux objets présentés ici. Le nom grec est ainsi tout à fait justifié.

Depuis le nom propre grec, ici à gauche, nous dérivons d'abord Apolytarios, qui sera le nom « savant », puis les noms d'usage : Apolyter en allemand et apolytère en français, ici à droite. Les noms apolyterre, apolyciel et apolymer, pour les versions terrestre, céleste et marine, ont aussi été retenus. Les noms allemands officiels sont : Erdapolyter, Himmelsapolyter et Meeresapolyter. L'appareil a été breveté (Nr 10 2008 034 718.3).

C'est dans ce contexte que furent créés en Allemagne, de 2006 à 2008, tout d'abord l'apolyterre de Bisingen dont les armilles enveloppent une sphère terrestre, puis l'apolyciel de Brittheim qui enclot une sphère céleste. Mais déjà germait l'idée de l'apolymer qui eût montré au navigateur la latitude et la longitude du vaisseau, sinon pour faire le point avec la précision d'un GPS, du moins pour étudier la position atteinte au sein des différents référentiels astronomiques. Cet instrument n'existe encore qu'en version virtuelle et sa théorie (avec, peut-être, la Lune) est en cours d'élaboration. Néanmoins cet article en donnera une présentation sommaire. Il atteindrait son but s'il pouvait susciter l'intérêt, les remarques et les objections des astronomes, des navigateurs et des facteurs d'instruments scientifiques.

L'objet dans sa version apolyciel, la plus élaborée, est en réalité un cadran solaire ou plus précisément un instrument gnomonique de très grande précision et de haute technologie. Il est à la fois un planétarium et une sphère armillaire complète, composant, finalement, un astro-

labe complet à trois dimensions. Tous les mouvements du Soleil et de la Lune, comme de toute planète ou de tout astéroïde peuvent être suivis fidèlement. En particulier, les coordonnées écliptiques y sont d'une grande importance. Il deviendra parfaitement clair d'une part que le système géocentrique est loin d'être absurde, lorsqu'il est maîtrisé, d'autre part que passer d'un système de coordonnées à un autre est un simple jeu de l'esprit.

D) Les constructions diverses nécessaires.

### 1. sphère armillaire

Une telle sphère est constituée de plusieurs cercles – les armilles – figurant le système solaire géocentrique. Il est important de noter que le système géocentrique n'est en aucun cas désuet, mais qu'au contraire il permet tous les calculs de position, sans la moindre erreur. Il est d'ailleurs la représentation exacte de la réalité locale. Les deux variables azimut et hau-



A gauche : deux cadrans équatoriaux. Ils représentent une simplification extrême de la sphère armillaire.

A droite : trois cadrans équinoxiaux. Celui du haut, nommé Icarus, est en aluminium éloxydé. La longitude y est réglable.

teur, appelées les coordonnées locales, en sont le véritable cœur. Le développement « apolyciel » ou apolytère céleste est une amélioration décisive de ce principe et sera détaillé plus avant.

- a. équateur : comme vu dans les définitions générales, l'équateur terrestre prolongé dans l'espace donne l'équateur céleste. Il est bien visible sur les documents, avec la Terre au centre.
- b. méridien : le méridien est un demi-cercle joignant les deux pôles terrestres. Le demi-cercle complémentaire s'appelle l'ante méridien.
- c. axe Nord-Sud : il traverse la Terre de part en part, de façon imaginaire, de pôle à pôle.
- d. Grand cercle est-ouest : certaines sphères de grand diamètre ont besoin d'un tel cercle pour la stabilité générale. Il montre les directions cardinales locales.
- e. horizon : point essentiel dans la sphère armillaire, cet horizon est purement local. Donc, si la latitude est modifiée lors d'un transport de la sphère, cet horizon doit rester horizontal au nouveau lieu. Il est dit que les coordonnées locales ne sont pas transportables. Ce n'est pas tout à fait vrai, mais leur transport reste bien délicat.

- f. écliptique éventuel (fixe) : la plupart des sphères armillaires possèdent bel et bien un écliptique, mais il est presque toujours fixe, et ne donne donc pas d'indication pertinente.
- g. latitude parfois réglable : cela permet d'emporter la sphère avec soi, surtout si elle est pliable.
- h. mise en station : l'axe Nord-Sud de la sphère doit être parallèle à celui de la Terre. Pour cela, il convient de régler la latitude et de placer cet axe dans le méridien du lieu.

2. anneau équinoxial ; cadran solaire portable de grande qualité.

- a. sphère armillaire simplifiée : pour que le cadran soit réellement portable, et même de poche, il doit, bien que solide, être de dimensions réduites. Tout le superflu se voit ainsi éliminé :
  - i. pas d'horizon : l'horizon, pour mesurer l'azimut et la hauteur, est sans intérêt ici. Le cadran solaire portable veut avant tout montrer l'heure, donc l'angle horaire.
  - ii. pas de grand-cercle est-ouest : l'objet est toujours de taille réduite, donc cette consolidation est tout à fait inutile.
  - iii. pas d'écliptique : sans intérêt ici.
- b. ajout d'un réglage de la déclinaison solaire (œilleton) : cet ajout est essentiel, car il permet de trouver le méridien du lieu, si la latitude est connue (ou vice-versa, par approximations).
- c. réglage en latitude : portabilité oblige, le réglage en latitude est nécessaire, et facile d'ailleurs, par coulisse ou tout autre système.
- d. obtention du TVL à quelques minutes près : c'est bel et bien le dessein recherché, la connaissance du TVL avec précision. Il faut pour cela laisser pendre l'objet au soleil, et le faire tourner de façon qu'un point de lumière vienne frapper l'anneau équatorial en son milieu. Le méridien est alors trouvé, par l'axe Nord-Sud, et le point de lumière sur l'anneau équatorial donne l'heure (TVL la plupart du temps, mais un réglage en longitude et même en équation du temps est possible parfois, pour donner directement l'heure légale, comme sur un des documents précédents).

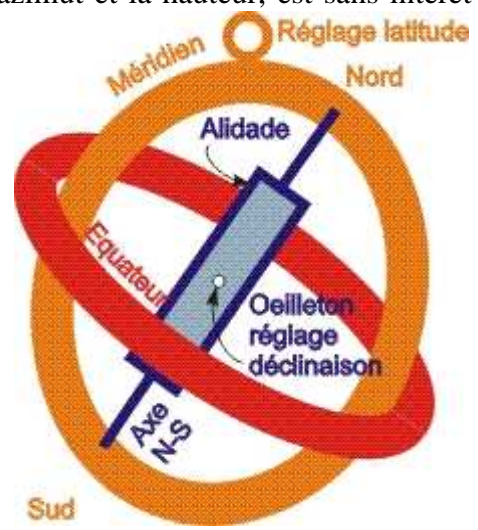


Schéma de principe d'un anneau équinoxial. Il est facile de noter que l'œilleton se trouve dans l'ombre à midi vrai et aux équinoxes.

3. problèmes et améliorations de cet anneau



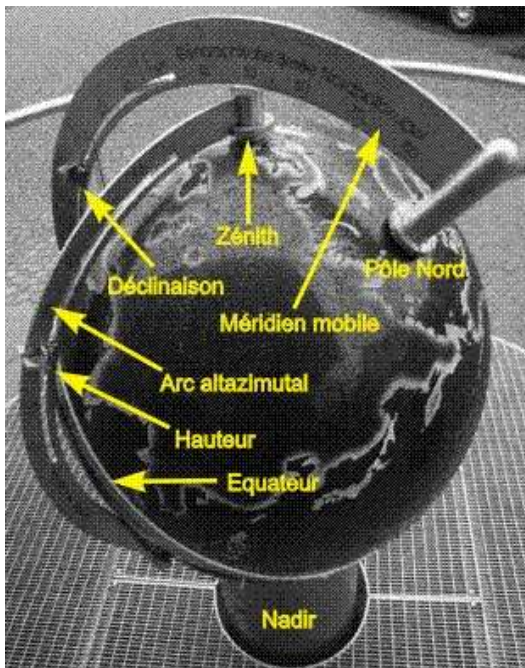
Le prototype de l'« amersphère » en plein soleil. La précision atteint les 30 s dans la lecture du TVL.



- a. usage à midi vrai plus ou moins 15 minutes problématique toute l'année : lorsque le Soleil passe par le méridien, instant privilégié s'il en est en gnomonique, cet anneau remarquable par ses qualités se voit affligé d'un grave problème. La lumière du Soleil vient frapper le méridien, et l'œilleton se trouve dans l'ombre, au meilleur moment de la journée ! Cela peut durer plus ou moins une demi-heure.
- b. usage aux équinoxes problématique : de la même façon, et pour quelques jours, lorsque le Soleil se trouve dans le plan de l'équateur, aux équinoxes donc, sa lumière vient frapper toute la journée l'équateur de l'instrument, et l'œilleton reste dans l'ombre.
- c. déport du réglage en déclinaison sur le bord de l'anneau
  - i. problème du midi vrai réglé : l'œilleton est déplacé vers l'extérieur de l'anneau et se trouve donc en plein soleil à midi vrai. Le point de lumière est utilisable.
  - ii. problème des équinoxes réglé : de la même façon, les équinoxes ne sont plus une difficulté, puisque l'équateur est interrompu.
  - iii. limitation dans le temps d'utilisation, avec solution possible : dans les latitudes extrêmes, à partir de 70° nord et sud environ, ce nouvel anneau ne donnera plus d'information, même si le Soleil brille (Soleil de minuit), à partir de vingt heures TVL environ.
  - iv. réglage en longitude et en équation du temps aisé. Il est possible de se servir de ce réglage pour résoudre le problème vu au point précédent.

#### 4. cadran boule à méridien mobile

- a. sphère pleine, donc non armillaire : ce type de cadran solaire est connu depuis de nombreux siècles. Il est même assez typique des cadrans dits « de châteaux ». Une boule de pierre, granit ou marbre la plupart du temps, gravée des continents et de diverses informations, trône au beau milieu d'un parc, d'une pelouse, d'une cour.



Même sous la pluie, un apolyterre reste superbe et donne des informations pertinentes.



Cadran à méridien mobile en marbre au Deutsches Museum à Munich. La partie mobile sur le méridien permet de déterminer la déclinaison.

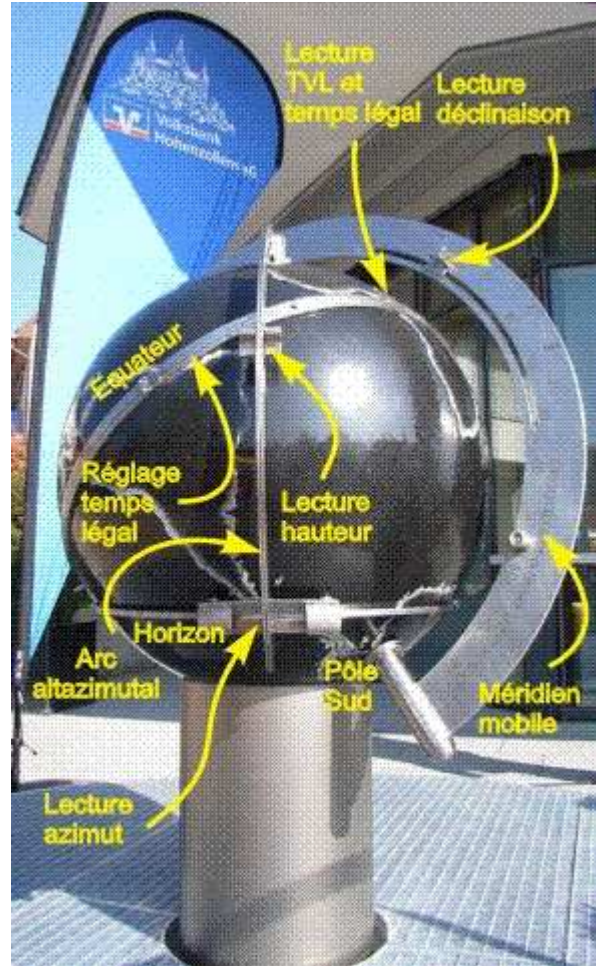
- b. le méridien mobile remplace l'axe nord-sud : comme la pierre est pleine, il est exclu de montrer l'axe Nord-Sud complet. Seules les deux pointes émergent de la pierre, pour recevoir un demi-cercle mobile. Il suffit de faire tourner, à la main, ce méridien mobile, de façon que son ombre sur la pierre soit la plus fine possible. Le TVL est alors lu sur un bandeau équatorial,

avec une bonne précision, de l'ordre de quelques minutes tout au plus. La lecture du temps légal impose un réglage en équation du temps. La différence de longitude n'est pas dans ce cas un problème, car l'objet n'est pas destiné à être transporté.

- c. il est possible d'ajouter sur ce méridien mobile un accessoire permettant de déterminer de la même façon la déclinaison solaire, donc approximativement la date du jour.

5. arc altazimutal mobile : l'apolyterre de Bisingen

- a. ajout d'un arc altazimutal : les indications vues précédemment devraient être une aide précieuse pour la compréhension de cette idée assez simple au demeurant. Pour lire directement les coordonnées locales, donc Az et h, il est nécessaire d'ajouter un arc altazimutal donc à axe vertical (nadir-zénith).



- b. lectures de Az et de h : La même idée que celle vue pour le méridien mobile reste valable. Il suffit donc de tourner cet arc jusqu'à ce que son ombre sur la boule soit minimale, pour trouver l'azimut du Soleil (ou de la Lune, de nuit). De même que la déclinaison est obtenue par un accessoire coulissant sur le méridien mobile, la hauteur sera donnée sur l'arc lui-même, par le même type d'objet coulissant à force douce.

- c. le nom « apolyterre » a été retenu pour ce cadran solaire déjà tout à fait hors normes (cinq réglages sont nécessaires pour en tirer la quintessence). Apolytère terrestre convient également, car l'objet principal est justement la boule terrestre.

- d. autres informations, comme distance en km : l'ajout de cet arc altazimutal permet la lecture directe de nombreuses informations plus ou moins pertinentes, même en

Mais sous le Soleil, il resplendit plus encore. C'est le premier apolytère terrestre, à Bisingen, en Allemagne (Baden-Württemberg).

l'absence du Soleil. Il est par exemple facile de déterminer la route orthodromique de tout point sur la Terre, à partir du lieu d'installation, qui se trouve tout naturellement être le point le plus haut du globe. Il suffit de tourner l'arc de façon qu'il passe au-dessus de l'endroit cherché pour obtenir cette route. La distance de ce point est également directement donnée, en milliers de kilomètres. Bien entendu, le pays ou la ville recherchée doit se trouver suffisamment éloignée du lieu d'installation pour qu'une lecture soit possible sans difficulté. Il est exclu de mesurer ainsi la route et la distance du village voisin, trop proche en réalité. En annexe se trouvent toutes les possibilités de l'apolyterre, dénombrées à plus de cinquante, dont une grande partie disponibles sans le Soleil ni la Lune. L'aspect didactique est un point majeur de ce véritable instrument d'astronomie, qui se révèle aussi un objet d'art conséquent.

L'expression « art utile » pourrait s'imposer pour qualifier de tels objets de culture et de science. La boule de granit de Bisingen, d'un diamètre de 80 cm, pèse plus de 800 kg. Avec le piétement et les pièces en acier inoxydable, la tonne est allégrement dé-



A gauche : les deux systèmes de coordonnées donnent le même point.



A droite : la plaque de l'équation du temps permet le réglage de la date.

passée, sans parler des fondations indispensables.

#### 6. écliptique mobile, l'apolyciel de Brittheim et celui de Balingen :

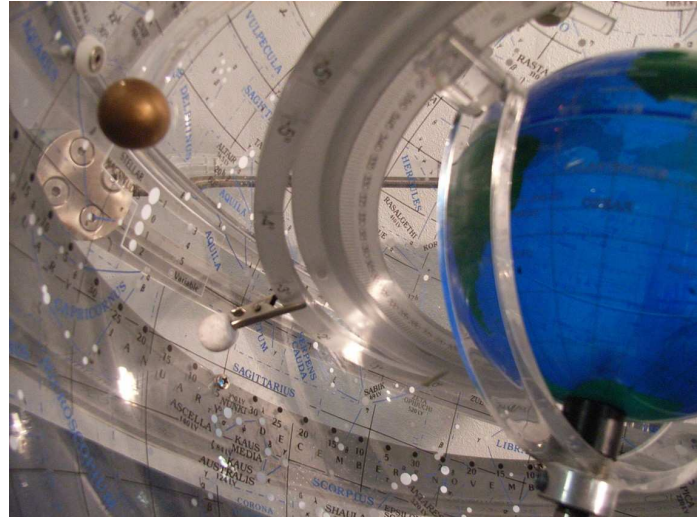
Dans la petite ville de Brittheim, près de Rosenfeld et de Balingen, dans le Baden-Württemberg, se trouve peut-être le plus bel observatoire public d'Allemagne, avec entre autres instruments un magnifique télescope de 80 cm de diamètre.

- a. ajout d'un écliptique mobile autour de la sphère pleine possible : avec quelques précautions, il est possible d'ajouter un écliptique tournant autour de la sphère pleine. Il suffit pour cela de créer un axe Nord-Sud un rien artificiel, indépendant de la boule, et les diverses parties mobiles peuvent tourner sans se toucher.
- b. ajout de cet écliptique sur un ciel étoilé transparent : il existe dans le commerce des « planétariums » en polyuréthane ou en plastique de bonne qualité, donc transparent, avec de nombreuses étoiles gravées ou imprimées dans la masse. Il est alors facile de se représenter en plein jour le ciel étoilé du moment, en faisant tourner ce planétarium



L'apolyciel de Brittheim en plein soleil. Il est en acrylglass, matériau superbe, mais peu résistant.

- autour de l'axe du monde.
- c. mise en évidence de l'écliptique réel en plein jour : trouver l'écliptique naturel en plein jour est maintenant chose aisée : il faut faire tourner l'écliptique de l'objet, jusqu'à ce que son ombre soit minimale, comme avec le méridien mobile ou l'arc altazimutal. A partir de l'instant où l'écliptique est ainsi trouvé, les étoiles du planétarium se trouvent en position correcte, bien qu'invisibles dans le ciel naturel à cause de la lumière solaire.



Le Soleil et la Lune sont bien visibles devant les étoiles.  
Noter l'écliptique interne et l'orbite lunaire.

- i. mesures de la longitude et de la latitude écliptiques possibles (Soleil et Lune, mais aussi planètes) : lorsque l'écliptique de l'objet est en place, il devient élémentaire de l'utiliser pour des mesures, grâce au ciel transparent.
- ii. mesure du TS vrai local (TSVL) par la lecture directe sur l'équateur céleste de l'angle du point gamma : il convient ici d'être très prudent. Ce qui est appelé temps sidéral local en astronomie est en fait autre chose, car la longitude du lieu est déjà intégrée dans cette valeur. C'est pourquoi il faut parler ici de temps sidéral vrai local. La mesure de l'ADVL, (ascension droite vraie locale) sur l'équateur mobile, donnerait de très bons résultats également.
- iii. déduction de la différence de TS entre le lieu d'observation et le méridien de Greenwich, donc approximation correcte de la longitude géographique, à quelques degrés près (aspect didactique). En théorie, comme l'objet est purement analogique, la précision est absolue. Mais atteindre le degré de longitude paraît bien difficile avec cet instrument. Nous verrons que l'apolymer résout en partie le problème élégamment. Mais l'idée de base est la même : pour un certain TVL, le TS de Greenwich est connu, par un tableau ou un livre de référence (éphémérides annuelles). Le TSVL du lieu ne sera pas celui du tableau, car la Terre n'est pas encore ou n'est plus au point calculé pour Greenwich. La différence est faible (0,6555 seconde par degré de



Les pôles de l'écliptique et géographique sont bien visibles, comme la Terre, l'écliptique interne et l'orbite lunaire. L'objet a été financé par la ville de Rosenfeld (Zollernalbkreis) et l'OEW (Oberschwäbischen Elektrizitätswerke).

longitude en moyenne), mais réelle.

- d. détermination « automatique » de la latitude et du méridien locaux : ce n'est pas réellement évident, mais parfaitement possible. Sans entrer dans les détails, voici l'idée de base. Le ciel transparent ET la boule terrestre possèdent tous deux des parallèles réguliers. Il est clair que ceux du ciel comme de la Terre donnant la déclinaison du Soleil actuelle doivent être dans un plan passant par le Soleil. Donc ce parallèle céleste doit projeter son ombre sur son confrère terrestre. Avec quelques itérations, latitude et méridien seront trouvés avec une précision correcte.
  - e. pour améliorer la mesure de la latitude, il est possible d'utiliser un accessoire coulissant à frottement doux sur le méridien mobile. Il faut alors régler cet accessoire sur la déclinaison du jour. Son ombre tombera à la verticale sur la Terre (interne) seulement si la latitude est correcte, et si l'objet est dans le méridien du lieu. Cet accessoire peut bien entendu être la lunette de l'apolymer, détaillé par la suite.
7. ajout d'un méridien écliptique mobile : astrolabe en 3 dimensions complet
- a. méridien écliptique mobile, tournant autour des pôles de l'écliptique : il est facile d'ajouter un « méridien écliptique » mobile, utilisable exactement comme celui bien connu maintenant, y compris avec un accessoire coulissant. Ce dernier donne la latitude écliptique de la Lune, par exemple, et le méridien lui-même donne la longitude.
  - b. lecture de la latitude écliptique de tout astre sur ce méridien et de sa longitude écliptique sur l'écliptique lui-même. Le ciel du planétarium permet ces lectures directement, si l'astre en question y est représenté. Dans le cas contraire, il faudra interpoler, chose facile avec la représentation des constellations sur le planétarium et diverses latitudes et longitudes célestes.
8. version épurée : l'apolymer (aspect utilitaire, en mer ou déplaçable sur terre).

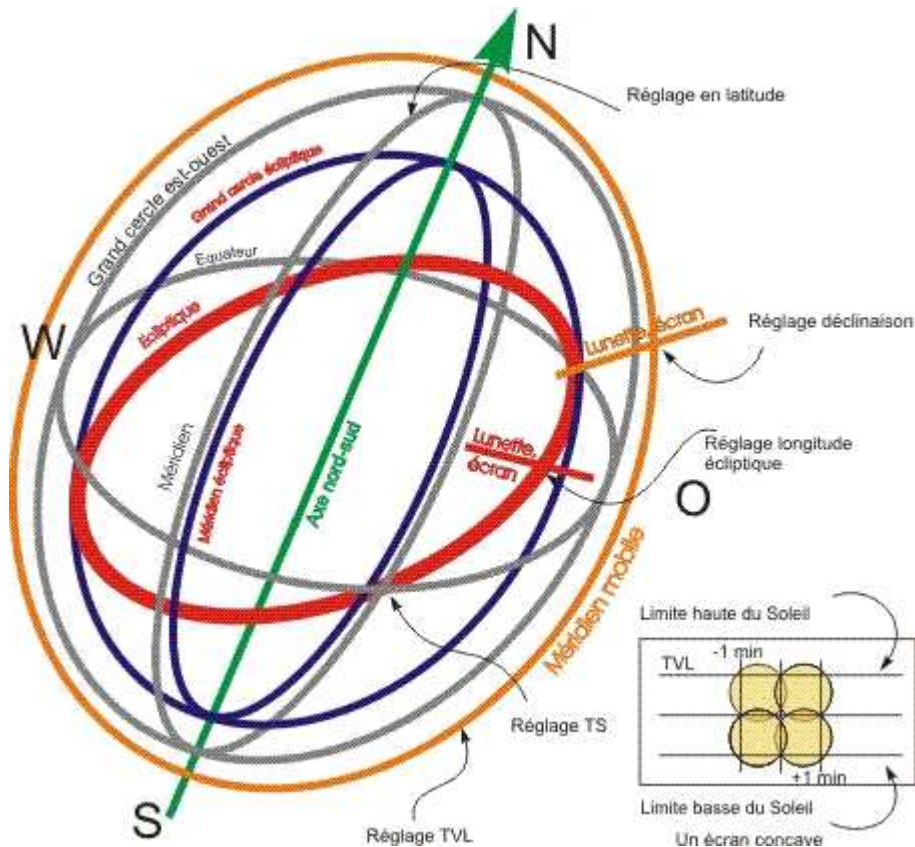
En fait, la version la plus épurée pourrait se révéler la plus intéressante, car son aspect utilitaire, en plus de son esthétique surprenante, ne devrait pas laisser indifférent les amoureux de la mer, voire du désert. Cet objet pourrait bien être la réponse astronomique à la question posée pendant des siècles à des milliers de savants de par le monde, pour résoudre un problème bien délicat, celui de la longitude en mer. Il est véritablement surprenant que cette idée somme toute assez simple, lorsqu'elle est présentée sur le papier, n'ait pas germé plus tôt. En effet, dès le XIX<sup>ème</sup> siècle, voire le XVIII<sup>ème</sup>, toute la technique et toutes les connaissances étaient là, en optique, en astronomie, en fonderie, en mathématiques et surtout en besoin !

Ce troisième instrument dérive directement des deux précédents, l'Apolyterre et l'Apolyciel. Ceux-ci se présentent comme de classiques instruments d'étude ; en fait ils s'analysent comme des sphères armillaires très précises et très complètes avec pour seule différence qu'ils enserment dans leurs armilles, l'un un globe terrestre porteur de nombreuses informations géographiques et l'autre, en plus de ce globe, une sphère céleste tout aussi riche en données astronomiques et, de surcroît, réglable à toutes latitudes.

L'Apolymer, au contraire, n'a été conçu que comme instrument de recherche et n'existerait, par la suite, que s'il validait, expérimentalement, la possibilité de connaître, en mer, la longitude du vaisseau sans avoir à conserver, à bord, le temps U.T. de Greenwich. Il est bien connu que, depuis l'adoption quasi-universelle de la droite de Marq, à partir des années 1880, le problème de l'obtention de la longitude dans les calculs de point à la mer, a reçu une solution excellente grâce au perfectionnement des chronomètres de marine qui assurent à bord la conservation irréprochable du temps U.T. Or, il est dit que la longitude et le temps de Greenwich recouvrent la même chose.

Principe de l'apolymer:

Le principe de l'Apolymer consiste à faire manifester par l'instrument les différences entre des coordonnées du Soleil, relevées en un lieu inconnu et à un instant donné, avec celles qui sont tabulées pour Greenwich au même instant. Il faut donc élaborer une séquence de réglages et de manipulations de l'instrument, avant et pendant l'observation du Soleil, et une séquence de calculs qui aboutissent à convertir ces différences de coordonnées en une différence de temps, mesure de la différence de longitude.



Principe de l'apolymer. La « fleur de Soleil » est obtenue par un prisme solaire spécial, développé par la firme suisse Wild, fabriquant des théodolites mécaniques exceptionnels : le T4 atteint la précision à peine croyable de 1/10'', sans aucune électronique. La « fleur de Soleil » obtenue permet de caler parfaitement ou presque l'image du Soleil sur l'écran, ce qui autorise la précision nécessaire.

### 9. Description de l'instrument

Un prototype d'atelier est en cours de construction. Par rapport à l'Apolymer et à l'Apolyciel, il conserve certains organes et en élimine d'autres, inutiles.

- horizon inutile : l'objet se veut le plus simple possible (ou le moins complexe), et le plus léger possible (mais pas trop non plus, à cause du vent, comme pour un astro-labe de mer, qui doit être lourd et ajouré, pour permettre des mesures correctes sans grande prise au vent). L'horizon n'apporterait ici rien de pertinent. Il est donc supprimé puisque l'Apolyciel, suspendu sans contrainte, placera, s'il est bien réglé, son horizon exactement dans l'horizon du vaisseau, ou doit le placer.
- grand-cercle est-ouest inutile : la taille de l'objet est suffisamment réduite pour pouvoir se passer de cette consolidation. Un apolymer de qualité théodolitique pourrait ne pas dépasser les 60 cm de diamètre, ne posant aucun problème sur un navire.
- axe nord-sud utile comme support, voire inutile : cet axe restera tout de même matérialisé, mais la Terre au milieu n'est pas d'un intérêt majeur, sauf, peut-être, pour déterminer avec précision la latitude et le méridien, comme vu avec l'apolyciel. Mais

ce n'est pas essentiel. Lors de la mesure l'axe Nord-Sud se place spontanément dans le méridien du vaisseau.

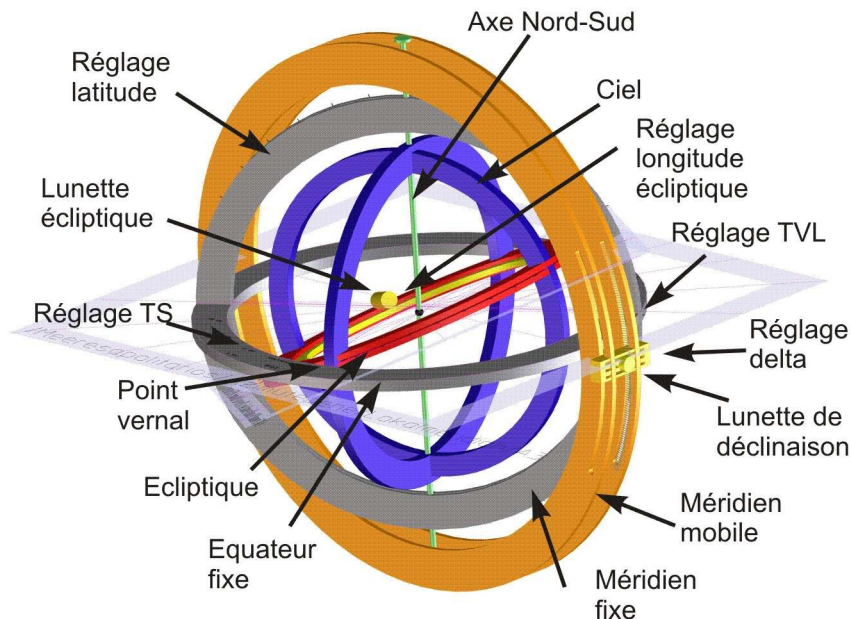
- d. l'équateur est conservé. Il est gradué en degrés pour la longitude et en heures pour le TVL (à l'extérieur) et le TS (à l'intérieur). Il est envisageable de faire figurer sur un équateur mobile associé à l'écliptique l'Ascension Droite du Soleil, mesurée sur une échelle graduée sur cet équateur mobile. Cela pourrait simplifier l'utilisation ultérieure.
- e. écliptique mobile interne : pour une raison technique, il est indispensable que l'écliptique soit interne. Cela permet de régler le TS sur le bord interne de l'équateur fixe.
- f. méridien mobile TVL externe : de la même façon, le méridien mobile doit être externe, pour pouvoir régler le TVL sur le bord externe de l'équateur. Il n'y a ainsi aucune gêne pour les deux organes de référence nécessaires. Ce point est toutefois un peu gênant pour le réglage de la latitude, qui ne peut se faire que sur le méridien fixe, qui supporte l'équateur et l'axe Nord-Sud.
- g. lecture possible du TSVL ou de l'ADVL pour un TVL déterminé, donc déduction de la longitude géographique possible, mais très délicate. L'utilisation de l'apolyciel comme un apolyciel n'est pas judicieuse, car la durée d'observation est limitée à un quart de seconde environ. Cette remarque peut être d'ailleurs utilisée pour l'apolyciel, en renversant là-aussi le problème, comme expliqué plus loin.
- h. ajout de deux lunettes de visée permettant une augmentation décisive de la précision de la lecture. En effet, les 3m 56,04s journalières d'écart moyen entre le TS et le TVL nous donnent en moyenne 0,65574 seconde par degré de longitude (3m 56,04s = 236,0667s qui, divisées par 360°, donnent 0,65574s). Cette extrême précision nécessaire n'est pas à la portée d'un simple œilleton. Il faut grossir l'image du Soleil, pour obtenir un disque lumineux d'environ 60 mm de diamètre. Cela nous donne 1s = 0,5 mm. Le Soleil mesure environ ½ degré de diamètre, et il se déplace donc de son diamètre en quasiment 2 minutes (1° = 4 m). Il est réellement facile de noter un tel déplacement sur un écran. Le quart de mm est même tout à fait réaliste. Il est clair que ces lunettes doivent être de bonne qualité et réglées en laboratoire avec une minutieuse précision, par vis micrométriques.
  - i. la première lunette se trouve sur le méridien mobile TVL. Elle est positionnée selon la déclinaison du Soleil et projette l'image du Soleil sur un écran concave mobile dépendant de la lunette et donc du TVL.
  - ii. la seconde se trouve sur l'écliptique pour régler la longitude écliptique du Soleil (ou de la Lune, sur un méridien écliptique accessoire qui permettrait le réglage de la latitude écliptique lunaire). Elle projette l'image solaire (ou lunaire) sur un écran dépendant de la lunette, et donc de l'écliptique. Cet écran (pour le Soleil) est semi-circulaire pour gagner de la place par projection sur la partie interne concave. Il doit être placé en face de la lunette. Il sert aussi de contre-poids. Comme l'écliptique, par le TS calculé et le point vernal, a été réglé pour Greenwich, la projection du Soleil sur cet écran semi-sphérique sera décalée par rapport à la réalité, et c'est la réponse à la question posée.
  - iii. il est envisageable de se passer de cette seconde lunette, mais cela risque de compromettre l'utilisation en sextant.

## 10. Renversement du problème

Au lieu, comme avec l'apolyciel, de chercher l'écliptique naturel dans le ciel à l'aide de l'instrument et de noter la différence de TSVL avec le TS calculé pour Greenwich pour ce

TVL, il est beaucoup plus fiable de procéder à l'inverse. Il s'agit alors de régler l'instrument comme si le vaisseau se trouvait sur le méridien de Greenwich. Lorsque le TVL déterminé sera atteint, le TSVL indiquera une différence avec le TS calculé, sans avoir à retoucher quoi que ce soit à l'instrument. Il faut seulement regarder les deux écrans associés aux deux lunettes y projetant l'image du Soleil. Le relevé de l'ADVL sur l'équateur mobile (qui n'apparaît pas sur la version virtuelle présentée plus loin) pourrait être plus rapide et plus fiable, si une différence devait être notable. Mais comme l'écliptique, donc aussi l'équateur céleste, ou mobile, dépendant de l'écliptique, a été réglé pour Greenwich, la lecture de l'AD sur l'équateur ne donnera rien d'autre que la valeur calculée, disponible dans les tables. Elle est donc inutilisable, parce que l'équateur céleste, assujéti à l'écliptique, est toujours parallèle à l'équateur fixe et à l'équateur naturel (si l'appareil est en position correcte, en latitude comme en méridien). Autrement dit, régler l'écliptique par l'angle horaire du point vernal donnant le TS sur l'équateur fixe ou par l'AD sous le méridien mobile revient exactement au même ; c'est une manipulation physiquement identique.

Par contre, l'écliptique de l'appareil n'est parallèle à l'écliptique naturel que si le navire se trouve sur le méridien de Greenwich, puisqu'il a été réglé ainsi. C'est cet écart qui nous intéresse, en permettant de relever une différence de TS ou de LE (longitude écliptique). Des essais seront nécessaires avec un prototype de chantier, en développement. Mesurer une différence de TS ou de LE est en quelque sorte équivalent pour les résultats. Il s'agit de constater un décalage sur un écran de projection, en une fraction de seconde.



Dessin en 3D de l'apolymer, par la firme Alpha Fluid de Pliezhausen, en Allemagne.

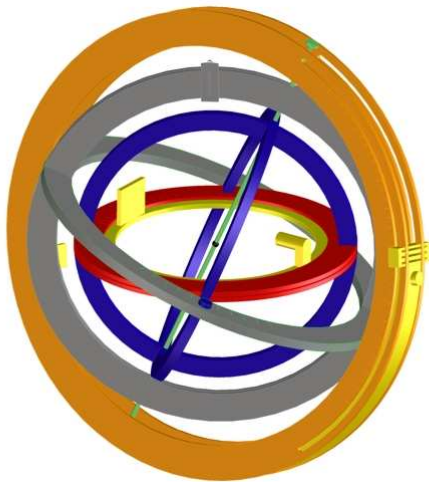
Il serait possible d'ajouter dans le ciel un équateur mobile, sur lequel une échelle d'ascension droite serait gravée. Il est facile de voir que cet équateur serait toujours par définition parallèle à l'équateur fixe, ce qui entraînerait un grand problème de lecture. Par contre, l'écliptique de l'instrument ne sera parallèle à l'écliptique naturel que sur le méridien de Greenwich.

Il est capital de noter que les cinq réglages sont effectués au lieu du vaisseau, sans aucune visée d'astre et pour des coordonnées du Soleil à Greenwich ; ils sont bloqués et ne seront jamais modifiés par la suite, au cours de la manœuvre de l'instrument. Les tables emportées avec l'apolymer sont en fait l'équivalent d'un chronomètre de marine d'une qualité parfaite, irréprochable. Le temps de Greenwich est ainsi conservé sans aucune erreur ou dérive mécanique, car il ne s'agit pas du temps qui s'écoule mais d'un instant préalablement choisi et immobilisé.

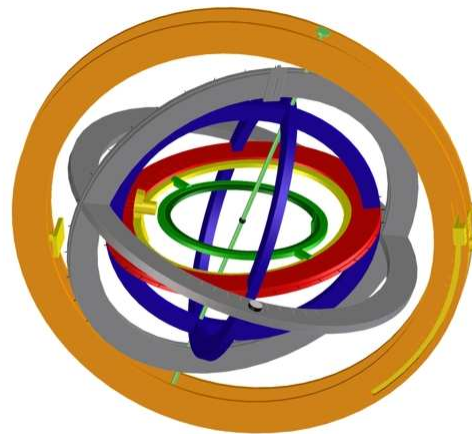
- a. réglage fin de la latitude, censée être connue par ailleurs ou par l'emploi précédent de l'apolymer. Vernier et loupe sont présents sur tout réglage.
- b. réglage fin par vernier au centième, avec blocage par vis, du TVL **choisi** à l'avance sur l'équateur fixe ; dans les annexes sont fournis des tables pour X TVL (10 h 00 m



- 00 s). Avec un cadran solaire équinoxial accessoire, il est aisé de connaître l'heure TVL à quelques minutes près. Il faut alors se préparer, peut-être 15 minutes avant l'heure choisie. Cela permet de tout régler parfaitement, sans précipitation.
- c. réglage fin sur le méridien mobile de la déclinaison solaire calculée à l'avance pour ce TVL choisi, avec vernier au centième et vis de blocage. Ne pas oublier que toutes ces valeurs relevées dans les tableaux ont été calculées pour le méridien de Greenwich. La lunette en question peut être appelée indifféremment TVL ou de déclinaison.
  - d. même chose pour le TS à Greenwich calculé à l'avance pour ce TVL en faisant tourner l'écliptique, de façon que le point vernal indique ce TS (angle horaire du point vernal = TS) avec vernier et vis de blocage. Comme le méridien du vaisseau n'est pas celui de Greenwich dans le cas général, ces valeurs ne sont donc pas les bonnes, et c'est bien ce qui est recherché.
  - e. même chose pour la LE du Soleil calculée à l'avance pour ce TVL sur l'écliptique. L'instrument appartient désormais à deux plans différents mesurant tous deux, de façon parfaite en théorie, la position du Soleil, dans deux systèmes de référence différents. Un de ces deux systèmes est parfaitement clair et sans ambiguïté, c'est le TVL. L'autre système, tout aussi clair mais avec ambiguïté, va nous donner la réponse, car la Terre continue à tourner autour du Soleil, alors que le TVL affiché n'est pas encore atteint à Greenwich, ou a déjà été dépassé. Il est absolument essentiel de comprendre parfaitement ce point, qui est, encore une fois, le cœur même du problème. Ne pas oublier que  $TVL = AH$ , un angle particulier, ici pour les besoins de l'exemple  $-30^\circ$ . Ces  $-30^\circ$  sont les mêmes à Greenwich ou n'importe où. Seule la déclinaison sera un peu différente, mais pas le TVL qui sera exactement X heures, puisque c'est sur ce réglage de base, choisi arbitrairement, que les autres réglages ont été alignés.
  - f. il va de soi que cet arbitraire dépend en fait du moment favorable, lorsque le Soleil brille suffisamment pour mener à bien les opérations.
  - g. si la Lune devait être utilisée pour d'une part permettre souvent un fonctionnement de nuit et d'autre part assurer une précision plus grande (la Lune se déplace environ 12 fois plus vite que le Soleil dans le ciel, ce qui permet d'espérer une meilleure pré-



A gauche, les deux écrans nécessaires ont été ajoutés. Il est envisageable de travailler avec une seule lunette et un seul écran.



A droite, c'est l'orbite lunaire qui apparaît au milieu du ciel. La théorie de l'instrument avec la Lune est fort complexe et encore loin d'être totalement dominée.

cision, peut-être cinq fois), cette lunette écliptique serait à monter sur un méridien écliptique mobile équivalent à celui bien connu détaillé en c. Cette lunette entraîne-

rait l'écran TS, exactement comme la lunette TVL. L'instrument serait toujours utilisable avec le Soleil, en réglant la latitude écliptique à 0°. Il y aurait simplement un petit problème technique à résoudre quant à la position de cette lunette. En effet, elle devrait dans ce cas aussi se voir décalée par rapport à l'autre lunette, pour ne pas se trouver dans son prolongement. L'écran TS serait lui aussi décalé, dans les mêmes proportions.

## 11. Mesures, lectures, finalités

- a. l'écart lu sur l'écran écliptique avec le TS théorique (celui calculé pour Greenwich) ne dépend, aux erreurs de mesure près, que de l'écart de longitude avec Greenwich, avec  $0,65574 \text{ s} = 1^\circ$  en moyenne comme vu ci-dessus. Comme le TS ne varie cependant pas régulièrement (la variation quotidienne de l'équation du temps l'influence), il convient de procéder à une correction. Toutes les valeurs dont le navigateur aura besoin ont été rassemblées en un document nautique dont les tables sont énumérées ci-après. Pour expliquer ce point plus largement, un exemple numérique intitulé « Aux Maldives » est présenté plus loin. Il est possible de travailler avec la LE en lieu et place du TS.
- b. chaque écran doit permettre une lecture directe de l'information (TVL et TSVL ou LE) 8 minutes avant et après le TVL choisi dans l'annuaire nautique. Cela permet d'utiliser l'apolymer toute la journée avec des tables calculées pour tous les quarts d'heure, depuis peut-être IV jusqu'à XX. Il est essentiel de pouvoir procéder à des mesures avant ou après le TVL choisi, puisqu'un simple nuage suffirait pour réduire à néant les travaux. De plus, cette procédure permettra de calculer une moyenne, sur plusieurs essais, ce qui ne peut qu'améliorer la fiabilité de l'instrument.
- c. L'utilisation du sextant, éventuellement en liaison avec un anneau équinoxial de bonne taille si aucun chronomètre n'est disponible, permettra de prendre la latitude, à n'importe quel moment de la journée<sup>1</sup>.

## 12. Informations nécessaires

Les informations suivantes seront fournies par une table, sorte d'annuaire nautique établi à l'avance pour chaque année et pour tous les quarts d'heure, de VI à XVIII au minimum, de IV à XX de préférence.

- a. table de la déclinaison solaire à Greenwich (méridien 0°) pour chaque TVL retenu, donc tous les quarts d'heure par exemple.
- b. table du TS à Greenwich.
- c. table de la longitude écliptique du Soleil à Greenwich.
- d. table de l'ascension droite du Soleil à Greenwich.

---

<sup>1</sup> En liaison avec un anneau équinoxial de grande qualité (50 cm de diamètre assurent une précision de l'ordre de 30 secondes) remplaçant l'horloge, ce sympathique instrument deviendrait beaucoup plus intéressant encore. Pourquoi alors aucun marin ne parle-t-il de cet anneau équinoxial, le fleuron de la gnomonique portable ? C'est un mystère pour l'auteur. Cependant, l'apolymer pourrait bel et bien être utilisé dans ce sens, donnant aisément un certain TVL décidé à l'avance à quelques secondes près, cinq tout au plus. En conséquence, un apolymer a même de nos jours un intérêt certain sur un navire. Il est facile de trouver dans l'internet des exemples de navigateurs ayant eu beaucoup de chance de se retrouver à bon port, alors que la foudre avait détruit toute l'électronique à bord, y compris les montres de poignet. L'apolymer est, lui, totalement indépendant de toute forme d'énergie, hormis musculaire – un peu – et solaire. Sa très grande précision pour la mesure du TVL permettrait d'utiliser un sextant dans d'excellentes conditions. Et si la mer le permet, ou si une île voisine est accueillante, rien n'empêcherait le navigateur de se servir exclusivement de l'apolymer, pour trouver directement méridien, latitude et longitude. Nous verrons d'ailleurs par la suite que l'apolymer se transforme assez facilement en sextant de grande classe.

- e. éventuellement, pour préparation à l'aide d'un cadran solaire équinoxial accessoire, table de l'équation du temps. Cela permettrait aussi d'utiliser un sextant comme avec une montre ordinaire.
- f. table d'un coefficient de correction à apporter à la lecture.
- g. noter que la seconde d'arc devrait être la précision des tables a et c. En conséquence, le TS devrait être donné avec les tierces ( $1 \text{ s} = 60 \text{ t}$ ) ! Les dixièmes de seconde suffiront ( $1^\circ = 4 \text{ m}$ ,  $1' = 4 \text{ s}$ ,  $1'' = 4 \text{ t}$ ,  $15'' = 1 \text{ s}$ , donc  $1,5'' = 1/10 \text{ s}$ )
- h. un apolyciel ou apolyterre de petit format donnerait directement la route orthodromique (idéale) et d'autres informations, de façon analogique, sans aucune aide extérieure, ni mécanique, ni électrique, ni électronique.

### 13. Manœuvre de l'apolymer pour faire le point

L'opérateur qui connaît maintenant sa latitude, place l'anneau de suspension à l'emplacement convenable pour régler la latitude  $\varphi$  et suspend l'instrument, sans autre contrainte. Puis il le fait tourner jusqu'à ce que l'image du Soleil se projette sur l'écran TVL, exactement entre les deux limites haute et basse, à la variation de déclinaison près. Cette rotation s'effectue autour de l'axe zénith-nadir de l'instrument. L'horizon de l'Apolymer se superpose donc à l'horizon du vaisseau et la lunette TVL qui était calée sur une certaine hauteur de Soleil pour Greenwich, pour tout azimut qui passe devant elle, vise désormais la hauteur locale, également pour tout azimut qui passe devant elle, puisque la latitude n'est pas celle de Greenwich.

Pour le 15 février, à Greenwich, cette lunette viserait la hauteur  $21^\circ$ . L'Apolymer aux Maldives se trouve à la latitude  $5^\circ \text{ N}$ . La lunette vise donc la hauteur  $67^\circ$ .

La suite des manœuvres, surtout des lectures et des calculs associés, est désormais exposée à partir de l'exemple numérique « Aux Maldives ».

### 14. exemple détaillé : Aux Maldives, le 15 février 2008.

- a. L'opérateur est censé se trouver aux Maldives, dont il vient de prendre la latitude,  $5^\circ$  Nord exactement. Nous sommes le 15 février 2008 et les tables de Lunisol, dressées par Excel, sont disponibles, y compris la correction due à l'équation du temps. Il est un peu moins de X h TVL, valeur choisie arbitrairement dans l'annuaire nautique comme vu plus haut, et connue grâce à un anneau équinoxial. L'apolymer sera réglé de la façon suivante. Bien entendu, l'opérateur sait utiliser un vernier au centième et une loupe. Il bloque les organes parfaitement, sans jeu dans les fixations. Toutes les valeurs sont lues dans les tables de Lunisol.
- b. déclinaison solaire =  $-12^\circ 49' 19''$  (comme déjà noté, les tierces sont là inutiles, mais elles pourraient presque être justifiées, en théorie seulement, pour le TS). Cette déclinaison est à régler avec la lunette TVL, qui va projeter une image du Soleil sur un écran **tournant avec elle, donc perpendiculaire à l'axe optique**.
- c. TVL choisi à l'avance : X (10h 00m 00s). Avec le méridien mobile, porteur de la lunette de déclinaison, il convient de régler ce TVL de la même façon, parfaite. L'écran TVL est donc entraîné par le méridien mobile. Le méridien mobile doit être extérieur, pour permettre le réglage TVL sur la partie externe de l'équateur (fixe) de l'apolymer. L'écliptique doit être interne, pour régler le TS sur la partie interne de l'équateur.
- d. TS à Greenwich, donc *pas TSVL*, car le TSVL est très exactement ce que l'opérateur cherche, mais ne connaît pas encore. Le 15 février 2008, à X TVL à Greenwich, il sera de 19h 39m 11s. Ce réglage est à faire avec le point vernal, puisque son ascension droite est égale à 0 par définition. Il s'ensuit que son angle horaire AH est égal au TS à Greenwich, et c'est le cœur de la réflexion.

- e. longitude écliptique du Soleil. L'autre lunette va projeter l'image du Soleil sur un écran semi-circulaire **entraîné par la lunette et perpendiculaire à l'écliptique**. Sur cet écran, sont matérialisées des lignes parallèles, graduées en secondes d'heure. Leur écart dépend du grossissement de la lunette. Avec une image de 60 mm, une seconde sera représentée par 1/2 mm environ. Cette longitude écliptique solaire vaut le 15 février 2008 à X TVL à Greenwich  $326^{\circ} 05' 27''$ . Les deux lunettes sont donc parfaitement parallèles entre elles et pointent le centre du Soleil, à la différence de déclinaison près. Mais elles sont dans deux plans différents, dont l'intersection coupe le Soleil.
- f. l'objet est maintenant parfaitement réglé. Si l'opérateur était sur le méridien de Greenwich, lorsque le Soleil atteindra l'AH  $-30^{\circ}$ , alors les observations seraient strictement conformes aux valeurs préréglées, c'est-à-dire que les deux écrans, les deux lunettes et le centre du Soleil seraient dans un seul plan, à la condition que l'Apolymer soit dans le méridien (la latitude est supposée correcte). Aux Maldives, il n'en va pas ainsi, même pour le TVL, car la déclinaison « locale » n'est pas de  $-12^{\circ} 49' 19''$ , mais peut-être de  $-12^{\circ} 53' 00''$ . La différence est faible, voire négligeable. Mais l'image sera un peu plus haute sur l'écran, puisque le Soleil sera un peu plus bas dans le ciel.
- g. la lunette écliptique doit être décalée par rapport à la lunette TVL, car les deux seraient sans cela exactement dans le prolongement l'une de l'autre et leur fonctionnement ne serait pas assuré. C'est un simple détail technique.
- h. Supposons que l'image du Soleil soit exactement coupée en deux à la verticale par la ligne TVL sur l'écran TVL. Cela signifie qu'il est exactement X TVL aux Maldives, à peut-être une seconde près. Regardons l'écran TSVL. L'image du Soleil est coupée par le trait « horizontal » 0 (correspondant à Greenwich), mais pas en son centre. Il convient de noter cet écart, qui donnera la longitude. Le coefficient correcteur pour le 15 février donne : équation du temps 15 février : 14m 11s, 16 février : 14m 08s. Différence 3s. Coefficient :  $3m 56s = 236s$ .  $(236-3) / 236 = 233 / 236 = 0,987$ , presque 1. Sur l'écran TSVL un écart de 47 secondes environ est noté. Il faut diviser ces 47s par 0,655 pour obtenir  $71,7^{\circ}$ . La multiplication par 0,987 donne  $70,8^{\circ}$ , pour environ  $72^{\circ}$  réels.
- i. Si le centre du Soleil sur l'écran TVL n'est pas coupé par la ligne verticale, alors il n'est pas encore (ou plus) X TVL. Mais l'essentiel est que les bords haut et bas de l'image solaire soient dans les limites tracées sur l'écran. Cela assure que l'apolymer est dans le méridien. Donc, si le centre du Soleil est à -5 secondes, il faut ajouter 5 secondes à la différence TSVL lue sur l'écran écliptique. S'il est à +8 secondes, il faut retrancher ces 8 secondes. En effet, si le TVL n'est pas atteint, il est clair que le TS ne l'est pas non plus, et vice-versa.
- j. Cet écart entre le TSVL de Greenwich et celui du vaisseau procure bien son écart en longitude avec Greenwich, donc sa longitude.
- k. La même démarche est-elle possible avec l'ascension droite vraie locale (ADVL) du Soleil ? Il serait facile de mesurer cette valeur sur un équateur mobile, tournant avec l'écliptique, si l'écliptique était réglé localement. Mais comme il l'a été pour Greenwich, la valeur de l'AD lue sur l'échelle ne sera pas la réalité locale. Il faudrait trouver un moyen pour faire tourner l'écliptique régulièrement, en attendant que le TVL choisi soit atteint. Cela paraît illusoire avec l'apolymer, mais pas avec l'apolyciel. Comme l'AD varie de façon plus régulière que la longitude écliptique, les résultats pourraient être plus fiables. Seuls des essais pourront confirmer cela, car la difficulté de la mesure *instantanée* de l'AD est loin d'être négligeable. Il est plus immédiat de

mesurer la différence de longitude écliptique du Soleil, grâce à la deuxième lunette, sur l'écran associé.

- l. Malgré tout, la démarche avec l'ADVL est intéressante. Lorsque cette valeur a été déterminée, il convient de la rechercher dans les tables « apolynautiques ». Il est quasiment certain que la valeur exacte ne sera pas trouvée, puisque les tables sont calculées pour Greenwich. Supposons que la plus proche valeur de l'ADVL soit trouvée dans la table correspondant au TVL choisi plus 4 h 45 m. Une règle de trois avec la table précédente ou suivante donnera le TVL pour lequel le Soleil atteindra cette AD à Greenwich. Et la différence de TVL donnera la différence de longitude. Exemple : le 15 février 2008 à X TVL (10 h 00), l'AD calculée pour Greenwich est de 21 h 53 m 21 s. Si l'ADVL est de 21 h 54 m 08 s, il faut chercher dans les tables pour quel TVL l'AD à Greenwich sera pour la même date la plus proche de cette valeur. Une interpolation par règle de trois donnera ce TVL précisément. La différence avec le TVL choisi (X, soit 10 h 00 m 00 s dans ce cas) donnera la différence de longitude avec le méridien de Greenwich. En l'occurrence, c'est dans la table TVL 14 h 45 m 00 S que la valeur la plus proche est trouvée, soit 21 h 54 m 07 s. Dans la table suivante (TVL 15 h 00 m 00 s), l'AD est de 21 h 54 m 10 s. Les 3 secondes de différence se répartissent sur 15 minutes TVL. Il est donc possible de dire que le Soleil à Greenwich atteindra l'AD mesurée au lieu dans 4 h 45 m plus 5 m, soit dans 4 h 50 m. Cette valeur est l'écart de longitude avec le méridien de Greenwich. Il reste : 4 h 50 m = 4,8333 heures = 72,5°, ce qui est la longitude des Maldives à une erreur de mesure près.
- m. Calculons de la même façon à partir de la LEVL. La longitude écliptique calculée auparavant pour Greenwich et affichée sur l'instrument est exactement de 326° 05' 27". Dans la table TVL 14 h 45 m 00 s, la valeur 326° 17' 27" est trouvée pour le 15 février 2008. Dans la table suivante, 15 h 00 m 00 s TVL, la LE est de 326° 18' 05". Les 38" de différence se répartissent sur 15 minutes de temps. Si la LEVL relevée sur l'instrument est d'environ 326° 17' 40", cela signifie que cette valeur aurait été trouvée pour le TVL 14 h 50 m 00 s. Ces 4 h 50 m représentent la différence de longitude, comme vu précédemment, donnant environ 72,5°.
- n. Une dernière difficulté est à mentionner ici. Les deux lunettes sont censées pointer le centre du Soleil, et c'est ce qu'elles font, car elles sont réglées pour cela. Comment est-il possible alors de relever un décalage ? En fait, l'écliptique va se trouver un peu en avance ou un peu en retard par rapport à la réalité locale. Mais dans le même temps, la LE se voit décalée de la même valeur, mais dans le sens opposé. En conséquence, la lunette LE glisse dans un sens avec l'écliptique et dans l'autre sens sur l'écliptique. Elle vise donc toujours le centre du Soleil. La variation de la déclinaison entre les Maldives et Greenwich peut être importante en près de 5 heures, jusqu'à 10' aux équinoxes. Elle peut aussi être quasi nulle aux solstices. Cette différence sera notée par une image solaire décalée sur l'écran. En conséquence, il conviendrait d'avoir une notion de la longitude du lieu, pour ne pas être surpris par ce décalage. Or un marin sait estimer sa longitude et sa latitude qu'il corrige lors du calcul du point.

## 15. L'apolyciel et l'apolymer utilisés comme un sextant

Un apolyciel permet de mesurer la hauteur du Soleil ou de la Lune, voire d'une étoile, avec une précision de l'ordre de 30'', voire 5'' dans la mesure où l'appareil se trouve bien à l'horizontale. L'arc altazimutal mobile suffit pour cela. Avec deux mesures de hauteur à une heure environ d'intervalle, il devient aisé de calculer les latitude et longitude géographiques du lieu. Il faut pour cela disposer d'une horloge ou d'un chronomètre. Cela n'est pas sans intérêt, mais uniquement à terre, pour apprendre le maniement et la théorie d'un sextant.

Qu'en est-il à bord ? Il se trouve que l'apolymer est utilisable comme un sextant. Il suffit de régler l'instrument pour la latitude  $90^\circ$  (pôle Nord) pour que l'équateur soit horizontal. En gardant ce réglage en tout lieu, le méridien mobile se transforme en arc altazimutal et la lunette de déclinaison devient une lunette de hauteur. Il est donc possible de mesurer la hauteur du Soleil ou de tout astre de la même façon qu'avec un sextant. La précision de la mesure atteindra les  $30''$  là-aussi. Notons que dans ce cas le chronomètre externe reste indispensable. L'instrument assure ainsi une double fonction :

- si un chronomètre est disponible, l'apolymer se transforme en sextant ;
- sans chronomètre, il est possible de faire le point par la méthode exposée plus haut, en connaissant le TSVL et les autres variables, méthode entièrement nouvelle ;
- notons enfin que si un chronomètre est disponible, la longitude sera donnée de façon quasi immédiate en comparant le temps du méridien de référence et le TVL donné par l'apolymer. Il suffit de tenir compte de l'équation du temps, donnée dans les tables.



L'apolymer en version « naturelle » à gauche et « sextant » à droite. Noter les différences essentielles : l'équateur horizontal comme la lunette écliptique, lunette de déclinaison transformée en lunette de hauteur et axe Nord-Sud en axe nadir-zénith. (3D-CAD développement : alphafluid.de)

### Conclusion provisoire

- a. il est permis de penser que la méthode et l'analyse qui la fonde, à partir de constatations et de vérifications astronomiques, sont valides.
- b. la conception de l'Apolymer est bien conduite.
- c. sa réalisation pratique dépend de l'extrême habileté des facteurs d'instruments et, peut-être, eût-elle relevé de l'utopie à l'époque où la droite de Marcq s'est imposée. Mais, malgré son anachronisme, l'Apolymer n'est pas inintéressant en tant qu'outil pédagogique. En effet :
  - i. il donne à réfléchir sur son principe : lire directement, sur un instrument, un écart en longitude au lieu de corriger, à l'occasion d'un point astronomique, une longitude estimée, depuis le point précédent.
  - ii. il exigera un examen critique de ses incertitudes et de ses limites de précision.

De nos jours un GPS reste par évidence indispensable. Mais le système présenté admet un gros avantage sur tous les autres, puisqu'il est indépendant de toute électronique ou de toute horloge susceptible de panne. Il n'est pas nécessaire de connaître le temps du méridien de référence. Ce temps est emporté avec le bateau (ou la caravane dans le désert) sous la forme

de tables (Ephémérides, livre annuel de peut-être 300 pages) à Greenwich pour de nombreuses heures TVL (tous les quarts d'heure par exemple). C'est la seule contrainte, (mais elle existe aussi dans les autres systèmes), qui pèse sur la méthode proposée. Le Soleil (ou la Lune) doit être présent, mais cela reste vrai quelle que soit l'idée de base, puisqu'il faut connaître le TVL.

Alors, les sphères armillaires du troisième millénaire ont-elles un certain intérêt ? S'il est quasiment exclu que l'apolymer soit jamais utilisé réellement pour faire le point en mer, cet objet astronomique « ultime » pourrait dans sa version céleste rendre de grands services à tout observatoire public, comme à de nombreux planétariums, mais aussi à toute école dans laquelle des cours d'astronomie sont dispensés, partout dans le monde. L'instrument est universel, utilisable partout, sans limitation. Deux villes jumelées pourraient par exemple se procurer un tel objet, et dans le cadre de cours organisés ou de festivités locales faire calculer aux élèves, mais aussi aux adultes, la différence de longitude entre les deux villes. Et c'est réellement le Soleil qui donnerait la réponse.

Les valeurs de la déclinaison solaire, de l'ascension droite, du temps sidéral, de la longitude écliptique solaire, de l'équation du temps et de la correction nécessaire sont fournies par ailleurs, chaque année, sous la forme d'un volume nautique, pour une trentaine ou une quarantaine de TVL différents, tous les quarts d'heure. Un modèle Excel, disponible, permet de calculer soi-même toutes ces variables, sans être tenu de se procurer le livre nautique, appelé « Apolynautiques », actuellement. Ce livre est évidemment la condition sine qua non pour pouvoir utiliser l'outil correctement. En fait, il est parfaitement justifié de dire que le livre en question contient le temps de Greenwich, d'une manière subtile il est vrai. Il va de soi que la perte du livre entraîne l'inutilité de l'instrument, sauf à s'en servir comme d'un cadran solaire équinoxial de très grande précision, ou comme d'un excellent sextant.

D'autre part, s'il est clair que l'appareil est de nos jours totalement dépassé quant à sa précision et surtout de par ses difficultés d'usage (sa précision est en théorie absolue, à ne pas oublier), il faut noter qu'il est totalement indépendant de quelque source d'énergie que ce soit, hormis quelques muscles, et la lumière solaire. Cet objet est un instrument de classe, de gnomonique hors normes certes, mais un élément de gnomonique tout de même.

S'il devait n'avoir pour succès que le fait d'avoir apporté quelques lettres de noblesse à cette science-art magnifique, qui n'en manque d'ailleurs pas et n'est pas du tout désuète, l'auteur-inventeur en serait déjà comblé.

Remerciements : c'est pour l'auteur un devoir et un plaisir de citer les trois personnes qui ont le plus contribué aux travaux par leurs recherches, leurs objections, leurs corrections ou leurs essais pratiques, depuis plus de deux ans :

Monsieur Denis Savoie, Président de la CCS de la SAF  
Monsieur Jean-Michel Ansel  
Monsieur Paul Gagnaire

Les faiblesses et lacunes qui affectent encore la théorie ou la conception de l'apolymer restent celles de l'auteur, sans partage.

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe:  
Les annexes de l'article ainsi qu'un logiciel de calcul sous Excel.



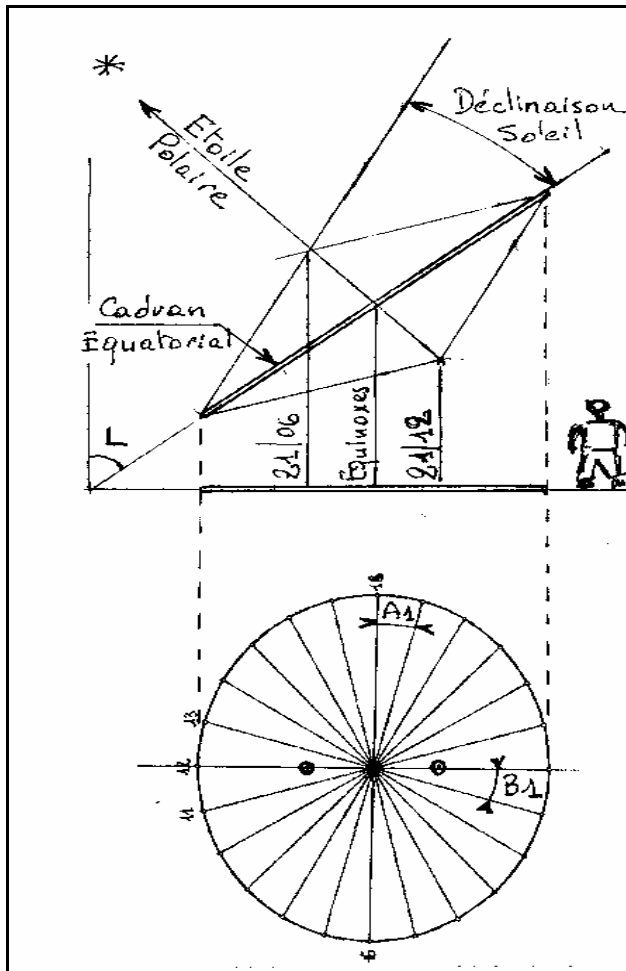


## Analemme horizontale circulaire

par Francis Reymann

*Dans les possibilités infinies de recueillir l'ombre du soleil pour mesurer l'heure, les cadrans analemétiques occupent une place particulière. Fascination des cadrans solaires analemétiques : un cadran analemétique horizontal circulaire.*

Un cadran analemétique s'obtient par projection des éléments constitutifs d'un cadran équatorial.



L'application classique du cadran analemétique est un cadran résultant d'une projection verticale sur une surface horizontale.

L'ensemble est fréquemment suffisamment monumental pour que le style – qui doit suivre la déclinaison du Soleil – se fait par une personne debout sur un tracé de dates.

Les traits verticaux ci-contre montrent la position à adopter en fonction de 4 dates caractéristiques.

Le cercle équatorial se projette au sol avec ses points horaires.

L'ombre de la personne indique alors une heure solaire sur l'ellipse graduée ainsi obtenue.

On retiendra de cette application :

- La nécessité d'adapter le style en fonction de la date. C'est le propre de tous les cadrans analemétiques.
- Une impossibilité de décaler collectivement la lecture des heures par exemple pour appliquer la correction d'équation de temps.

Mais il s'avère que les projections du cadran équatorial sont utilisables quelles que soient les directions de projections et les surfaces de réception.

La figure n°2 page suivante, montre une direction de projection qui permet de créer une image symétrique au cadran équatorial.

L'avantage de cette symétrie est de bénéficier d'un tracé circulaire dont les points horaires sont équidistants, ce qui permet des corrections collectives comme celles liées à la longitude, à l'équation de temps ou aux changements de fuseaux de référence (Été/Hiver).

On calculera sans difficulté que l'angle A est égal à  $45^\circ + L/2$  où L est la latitude du lieu.



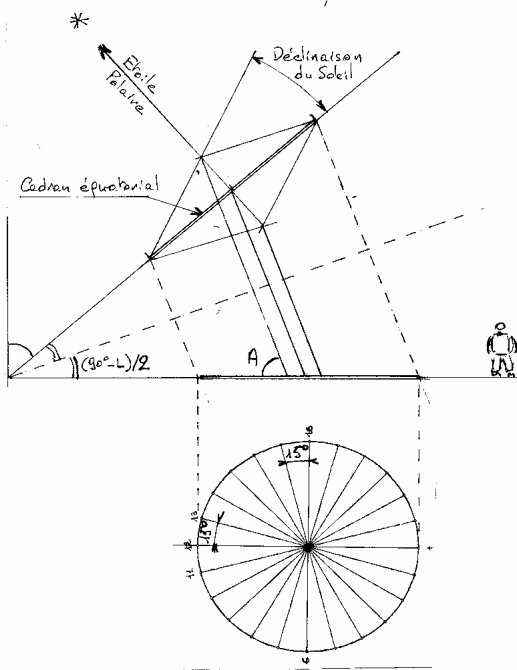


Figure 2

Le cadran figure n° 3 (maquette au format A4) est un exemple de cadran horizontal analemmatique circulaire.

Le style incliné est l'arête d'un voile métallique.

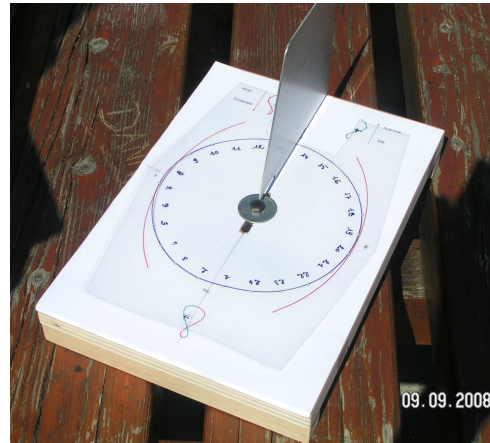


Figure 3

Pour s'adapter à la date, c'est le tracé qui est mobile par rapport au style plutôt que l'inverse.

Le déplacement du tracé pour la déclinaison est mis à profit pour afficher la correction d'équation de temps correspondante.

Les tracés rouge et vert du haut sont gradués en date. Lorsque le repère supérieur est sur la date et celui du bas sur la courbe de couleur correspondante, le cadran est à la date et à l'équation de temps. Il peut donc indiquer un temps légal.

Les zones rouge et verte séparent les trajectoires montante et descendante du Soleil entre les solstices.

Les analemmatiques.... Ils n'ont pas fini de nous étonner.

### ***Un cadran solaire en chair et en os... par Joseph Theubet***

Lors de son « *Voyage dans la Lune* (1650) », **Cyrano de Bergerac** découvre un cadran solaire sélène si original qu'aucun gnomoniste, même contemporain, n'a jamais imaginé. Je vous livre le récit de sa découverte :

*... j'ai demandé plusieurs fois parmi les rues quelle heure il était, mais on ne m'a répondu qu'en ouvrant la bouche, serrant les dents, et tordant le visage de guingois !*

*Quoi ! s'écria toute la compagnie, vous ne savez pas que par là ils vous montraient l'heure ?*

*Par ma foi, repartis-je, ils avaient beau exposer au soleil leurs grands nez avant que je l'apprisse.*

*C'est une commodité, me dirent-ils, qui leur sert à se passer d'horloge, car de leurs dents ils font un cadran si juste, qu'alors qu'ils veulent instruire quelqu'un de l'heure, ils desserrent les lèvres et l'ombre du nez qui vient tomber dessus marque comme sur un cadran celle dont le curieux est en peine... »*





## La fontaine d'azimut

*un cadran qui fonctionne sans la lumière du soleil !*

Par Joel Robic

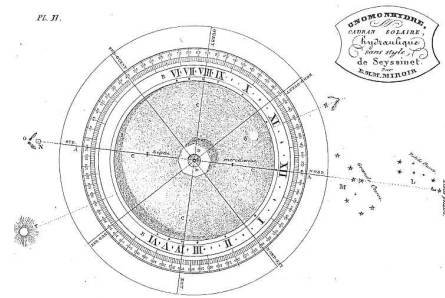
*Un Breton amateur de cadrans solaires se fait railler par ses collègues lorsque le soleil fait défaut, ce qui arrive parfois ... Cette fontaine d'azimut fera taire les moqueries car elle a relevé le challenge : un cadran qui fonctionne sans être éclairé par le soleil. Pour que le cadran fonctionne, il suffit qu'on devine l'emplacement du soleil (voir en complément l'article "Le gnomhydre").*

### Naissance du cadran

Pour relever le challenge, on peut évidemment proposer des clepsydres, des cadrans lunaires ou des nocturlabes, mais ce ne sont pas des cadrans solaires. Une solution a déjà été présentée avec la polarisation de la lumière, voir<sup>1</sup>, mais le cadran n'est pas très précis. Les cadrans à CDs<sup>2</sup> fonctionnent aussi lorsque le soleil est peu lumineux, mais il faut quand même qu'il éclaire.

La solution a été inspiré du «gnomonhydre» de Seyssinet<sup>3</sup>. Une façon de lire l'heure sur ce cadran consiste à se placer pour aligner le reflet du soleil au centre du bassin. On devine où se trouve le soleil, ce qui est en général possible, même lorsqu'il est caché par les nuages.

Limite du gnomonhydre : tracé au solstice d'été 1834, il indique l'heure ... le jour du solstice. Ce cadran ne fonctionne donc pas mieux que le cadran de Beauregard à Rennes.



### Solution : fontaine d'azimut

On garde l'idée du reflet du soleil au centre du bassin, et on remarque que c'est l'azimut du soleil qui est visé.

Il faut donc faire un cadran d'azimut.

Ci-contre, la maquette avec une marche par saison.



<sup>1</sup> - Cadrans à polarisation : Invention de 1848 par Charles Wheatstone, Présentation - Montgomery College Planetarium by Dr. Harold Williams:

[www.montgomerycollege.edu/Departments/planet/planet/Polarization\\_sundial.ppt](http://www.montgomerycollege.edu/Departments/planet/planet/Polarization_sundial.ppt)

- Astronomie – Sept 2005 article de A. Ferreira et N. Mein:

[http://astronomie.chaville.free.fr/cad-articles-alain-pdf/030\\_csweatstonesept05.pdf](http://astronomie.chaville.free.fr/cad-articles-alain-pdf/030_csweatstonesept05.pdf)

- Un exemple commercialisé: [www.nmm.ac.uk/collections/explore/object.cfm?ID=AST1147](http://www.nmm.ac.uk/collections/explore/object.cfm?ID=AST1147)

<sup>2</sup> Les [cadrans à CD](http://pagesperso-orange.fr/cadrans.solaires/cadrans/cadran-CD.html) qui ne nécessitent pas un plein soleil:

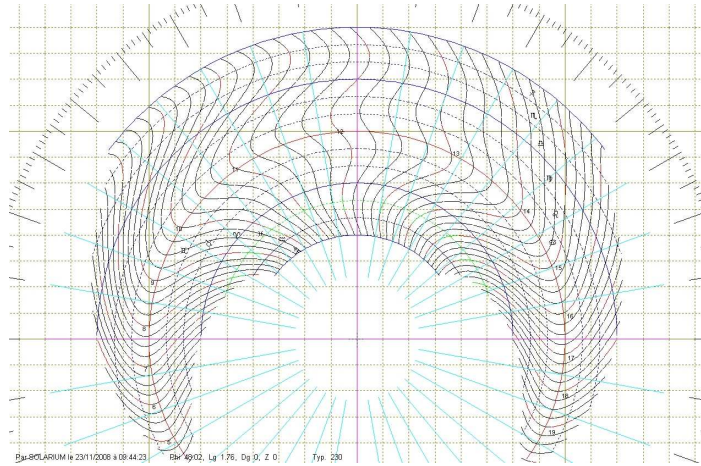
<http://pagesperso-orange.fr/cadrans.solaires/cadrans/cadran-CD.html>

<sup>3</sup> Le gnomonhydre de Seyssinet (1834) par M M. et M. Francoeur: se reporter à l'article "Le Gnomonhydre" dans ce présent Cadran Info.

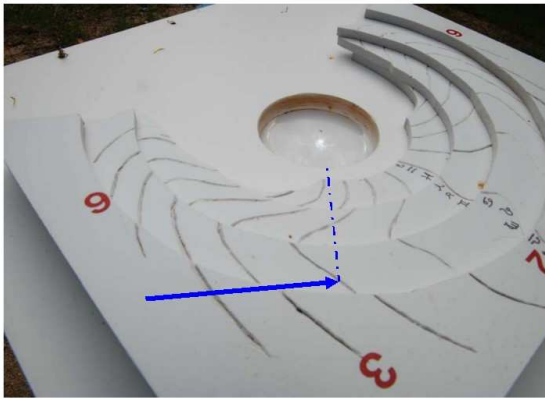
Pour indiquer l'heure avec l'azimut du soleil, il faut réaliser une araignée d'azimut<sup>4</sup>.

On peut la tracer avec **Solarium**<sup>5</sup> : cadran type 230; type d'heure à tracer : temps universel (autres choix : temps vrai local ou heure moyenne ...) - échelle de date

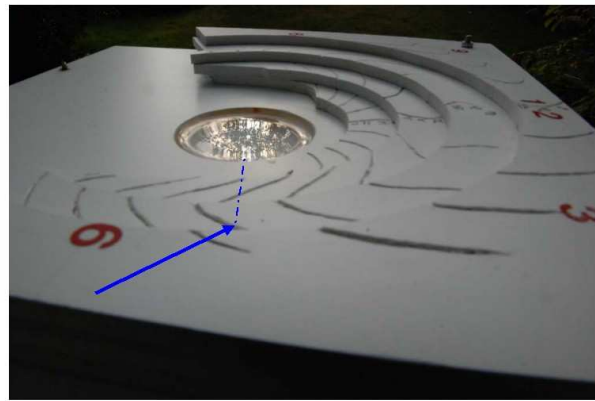
Ici le temps universel et les tiers de saison (mois zodiacaux) ▶



L'heure se lit à l'intersection de l'azimut et la date. Il faut aligner le reflet du soleil au centre du bassin et repérer la date, en septembre avec le signe de la vierge.



Un soleil très voilé  
Ici on peut lire 2h



Ou avec le soleil caché derrière les arbres  
Ici - 4h

Quand le soleil est caché derrière les nuages ou derrière les arbres, même sans ombre, on devine la position de son reflet dans la fontaine.

### Hauteur du soleil pour un grand bassin

La hauteur du soleil varie, on doit donc s'approcher plus ou moins du bassin pour faire apparaître le reflet du soleil au centre du bassin. Dans le cas d'un grand bassin, il faut s'approcher lorsque le soleil est haut, comme à midi au solstice d'été et s'éloigner ou se baisser lorsque le soleil est moins haut. On n'est pas forcément bien placé par rapport à la date sur les marches des saisons, pour lire l'heure, il faut alors l'aide d'une deuxième personne pour marquer l'alignement avant de se positionner sur la marche qui correspond au mois zodiacal.

On peut résoudre la difficulté sans la deuxième personne en calculant la hauteur des marches selon la hauteur du soleil, mais cela rend l'amphithéâtre plus difficile à réaliser. On fait le calcul avec la taille d'un enfant et les adultes doivent se baisser pour lire l'heure.

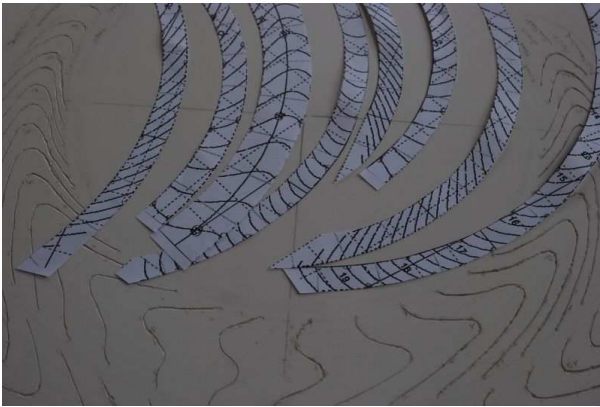
### Petit bassin de jardin

Si on n'a pas la place pour faire un immense bassin et un amphithéâtre, voici modèle plus petit qui indique l'heure de la montre. C'est possible avec les araignées d'azimut : l'ordre des

<sup>4</sup> Les "araignées d'azimut" de Yves Opizzo dans le livre réalisé avec Paul Gagnaire « Le Rêve d'une Ombre »

<sup>5</sup> Solarium, le logiciel de Pierre Joseph Dallet, en annexe de Cadran Info ou sur le site [http://isheyevo.ens-lyon.fr/village\\_este/cycles/cycle-3/cadrans\\_solaires/solarium/](http://isheyevo.ens-lyon.fr/village_este/cycles/cycle-3/cadrans_solaires/solarium/)

mois est choisi pour séparer les heures d'été des heures d'hiver et on ajoute au Temps Universel, une heure en hiver et deux heures en été.



▲ Dessin de l'araignée à partir du tracé de Solarium remis dans un ordre différent.



▲ Gravure des lignes horaires et des séparations mensuelles

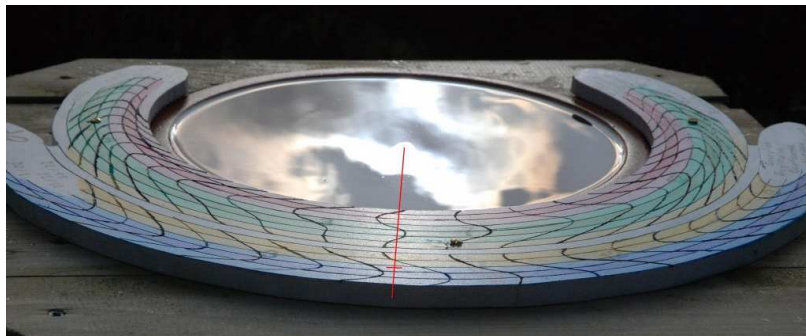


▲ Peinture kitch pour séparer les saisons



▲ Lignes horaires, dates et mois zodiacaux

Il reste à mettre en place le bassin au milieu de l'araignée et de le placer bien horizontal pour que l'eau arrive en débordement et on peut lire l'heure avec le soleil très voilé au centre du bassin.



Mais ce cadran a un gros défaut, il ne fonctionne pas lorsqu'il y a du soleil car on est ébloui !

On peut résoudre ce « problème » tout en améliorant la précision en plaçant un style vertical au centre du bassin.



La mésange bleu apprécie le bassin mais se demande pourquoi il ne fonctionne pas par ce beau soleil !



Le cadran fonctionne comme un cadran d'azimut classique lorsqu'il y a du soleil, ce qui arrive parfois.



On positionne le reflet du soleil voilé derrière le style vertical, on lit l'heure sur l'araignée d'azimut. Ci-dessus il est 14h le 5 janvier 2009

### Cadran lunaire

Le cadran peut fonctionner quand on voit la lune, même si elle ne fait pas d'ombre, ce qui le rend beaucoup plus utilisable qu'un cadran lunaire classique. Malheureusement, l'azimut de la lune n'est pas facile à utiliser pour indiquer l'heure, mais ceci est un nouveau challenge.

Les romantiques peuvent aussi voir le reflet de Venus dans le cadran.



Etude et article à suivre sur mon site de cadrans originaux :

<http://www.cadrans-solaires.fr/>



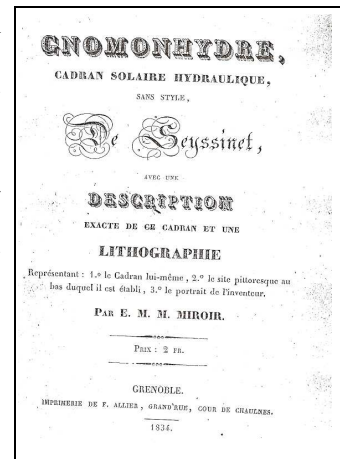
# Le Gnomonhydre

par Philippe Sauvageot

Le cadran solaire "La Fontaine d'Azimut" réalisé et présenté par J. Robic fait référence à un cadran nommé "Gnomonhydre". Que savons nous de ce dernier? Deux sources d'informations vont nous permettre de lever le voile sur ce "mystérieux cadran hydraulique": un livret descriptif daté de 1834 et un compte rendu d'octobre 2002 de J. Fort, rapportant une visite faite en 1991 par lui même et P. Gagnaire.

Le cadran est nommé "Gnomonhydre de Seyssinet" du nom de la petite ville dans l'Isère où il est implanté.

Il est décrit dans un livret de quelques pages signé de E.M.M. Miroir. Ce dernier, après avoir aiguisé la curiosité du lecteur, présente : <<le cadran lui-même, le site pittoresque au bas duquel il est établi et le portrait de l'inventeur>>. Il fait référence à un article paru dans le "Courrier de l'Isère du 26 juillet 1834", mais ici il le cadran est dépeint avec forces détails et il est donné le mode de lecture.



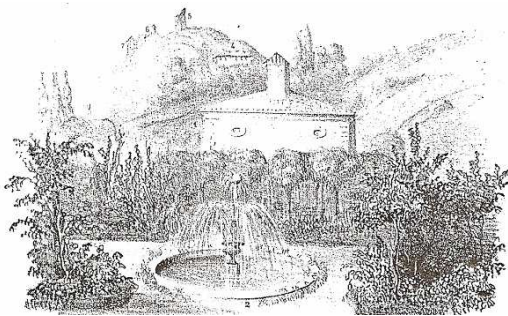
## Description du Gnomonhydre

### - D'après le fascicule de 1834

Le cadran est constitué d'un bassin de 36 pieds environ de circonférence. Les heures, demis et quarts sont marqués entre deux lignes circulaires tracées horizontalement sur la margelle en pierre. L'espace entre midi et 11h (ou midi et 13h) est de 1,96m.

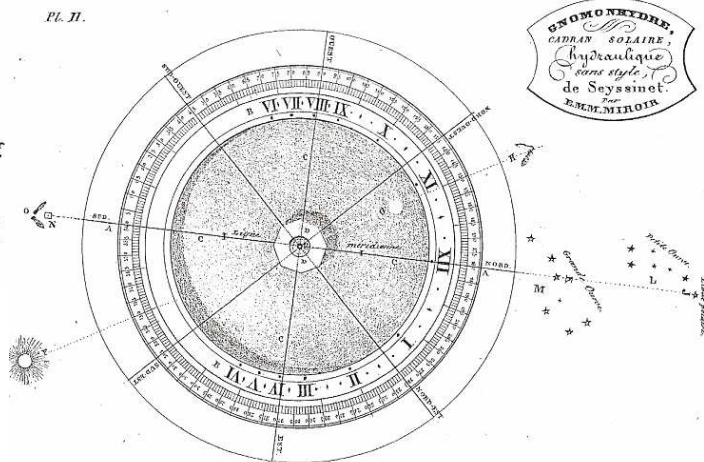
Une méridienne est en place, tirée à partir de l'observation de l'étoile polaire.

Un socle octogonal est installé au milieu du bassin. Au centre de ce socle se trouve l'orifice du tuyau d'alimentation en eau. Sur ce tuyau de 47 mm de diamètre est vissé une boîte en cuivre recouvrant "le jeton" de même métal percé d'un trou de 9mm de diamètre correspondant avec exactitude au centre du bassin.



▲ Habitation de l'inventeur et bassin du Gnomonhydre

Cadran tracé sur le bord du bassin ▶



### Lors de la visite de 1991

Dans le rapport daté plus d'une dizaine d'années après l'observation in situ, il est précisé que: << ce cadran se trouve dans le jardin de la maison sise 13, rue Hector Berlioz

(près de la poste) à 38 485 Seyssinet-Pariset, chez M. Louis Paul Faure. Le gnomonhydre n'est pas visible de la rue. La maison, le bassin et ses graduations correspondent bien au dessin de la brochure de 1834. Le lieu et l'environnement sont restés inchangés. Lors de la visite, le bassin était vide d'eau. Des fissures étaient apparentes, mais le propriétaire envisageait une restauration.



▲ Vue d'ensemble du bassin



Traces de chiffres ▶

### Deux manières d'utilisation du gnomonhydre

#### Le gnomonhydre utilisé sans son style

<<L'observateur se place au bord du bassin. Il cherche en premier lieu le point où le soleil, dont le disque est reflété par l'eau passe exactement entre l'un des chiffres ou l'une des divisions du cadran et le point central du bassin. Il a donc à ce moment 3 points devant lui: le point central, le disque réfléchi du soleil, le chiffre de l'heure ou de la division. La ligne contenant ces 3 points donne l'heure.

Si l'on veut de l'exactitude, il ne faut pas oublier de prendre en compte la déclinaison pour toutes les heures autres que celle de midi. Les degrés marqués au pourtour du bassin donnent, à cet égard, toute facilité.

On peut de 5 jours en 5 jours, tailler, de la longueur convenable, un fragment de baguette que nous nommerons "Déclinateur" et qu'on emploiera à cet usage. Avec habitude l'heure est déterminé à la vue tout simplement.

On conçoit que la lecture est permise même si le soleil est obscurci par les nuages>>.

#### Le gnomonhydre utilisé avec son "style"

<<Le jet d'eau pouvant s'élever de 18 à 30 pieds projette son ombre sur le bord du bassin et marque ainsi l'heure comme le ferait un gnomon>>.

Dix-huit ans après sa dernière observation, quant est-il du gnomonhydre de Seyssinet? Existe-il toujours, a-t-il repris vie? Un "chasseur" peut-il se rendre sur place pour donner suite à cette enquête?

Il est en tout cas démontré que Joël Robic a su redonner panache à l'instrument qui a l'époque: << était tenu par quelques-uns de merveilleux, pour d'autre de charlatanisme alors que la chose découle de principes tout naturels>>.

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe:

Dans le dossier "Gnomonhydre" vous trouverez le scan du fascicule "GNOMONHYDRE, cadran solaire hydraulique".





## Les cadrans solaires à corniche

Par Denis Savoie

*Les cadrans solaires à corniches sont des cadrans surmontés d'une corniche incurvée dont l'ombre indique l'heure<sup>1</sup>. La corniche, généralement circulaire (mais elle peut être elliptique, parabolique...), fait donc office de « style ».*

La difficulté essentielle d'un tel cadran réside d'une part dans la lecture de l'heure puisque celle-ci se fait lorsqu'une partie de l'ombre incurvée de la corniche tangente une ligne horaire, et d'autre part parce qu'il y a parfois entrecroisement entre les lignes du matin et de l'après-midi. Sans oublier le fait qu'il est toujours difficile de reporter des coordonnées dans un volume.

Dans certains cas, la corniche peut être totalement absente : l'heure est alors indiquée par l'ombre du cadran sur lui-même. On se trouve ainsi en présence d'une famille de cadrans solaires originaux aux possibilités très variées.

### 1 – Principe

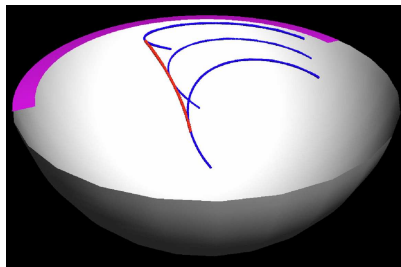


Fig. 1 : Dans une demi-sphère surmontée d'une corniche incurvée vers le Nord (en rose), on a tracé pour 15 h temps solaire vrai en bleu l'ombre de la corniche au solstice d'hiver (en haut), aux équinoxes (au milieu) et au solstice d'été (en bas). La courbe rouge est l'enveloppe des ombres de la corniche.

Utiliser un rideau d'ombre pour indiquer l'heure n'est pas toujours possible : le cas le plus connu est l'avancée d'un toit qui projette sur le mur une ombre horizontale, laquelle monte et descend en fonction de l'heure et de la date, mais qui reste inutilisable comme cadran solaire<sup>2</sup>. Il en va de même avec une corniche rectiligne placée au-dessus d'une demi-sphère ou d'un autre volume. Sur une surface (cylindre, cône, sphère..) surmontée d'une corniche extérieure (c'est-à-dire une corniche qui porte ombre à l'extérieur en épousant la surface), l'ombre n'est pas non plus utilisable, du moins dans la définition adoptée ici<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> L'idée d'utiliser une corniche pour indiquer l'heure m'est venue lors de l'étude des ombres portées par le barrage voûte de Castillon sur le Verdon dans les Alpes de Haute-Provence. Je dois à Gérard Baillet une aide appréciable, d'abord pour avoir vérifié avec le logiciel Pov Ray que le principe fonctionnait (voir article cadran solaire sur un barrage), et pour avoir clarifié certains points techniques. Cela fera l'objet d'un autre article consacré au cadran solaire du barrage de Castillon.

<sup>2</sup> Sur la théorie de l'ombre d'une avancée de toit, voir D. Savoie, *La Gnomonique*, Les Belles Lettres, Paris, 2007, p. 391-396. On peut s'assurer qu'une corniche rectiligne et horizontale, placée au-dessus d'une demi-



famille de courbes d'ombre par une courbe séparative et tangente appelée *enveloppe*. Cette enveloppe peut donc servir de ligne horaire puisque quand l'ombre incurvée de la corniche la tangente, il est 15 h temps solaire. Cet exemple peut être généralisé à toutes les autres heures.

On comprend intuitivement que cette enveloppe résulte de l'intersection du plan horaire dans lequel est situé le Soleil, d'un point de la corniche, et de la surface. Car – et c'est là quelque chose de remarquable – une enveloppe horaire (qui est l'équivalent d'une ligne horaire) n'est engendrée que par un seul point de la corniche. Autrement dit, on considérant une corniche comme une infinité de styles droits, un seul de ces styles droits est responsable d'une enveloppe horaire.

La figure 2 représente la sphère céleste locale située au-dessus de la corniche.

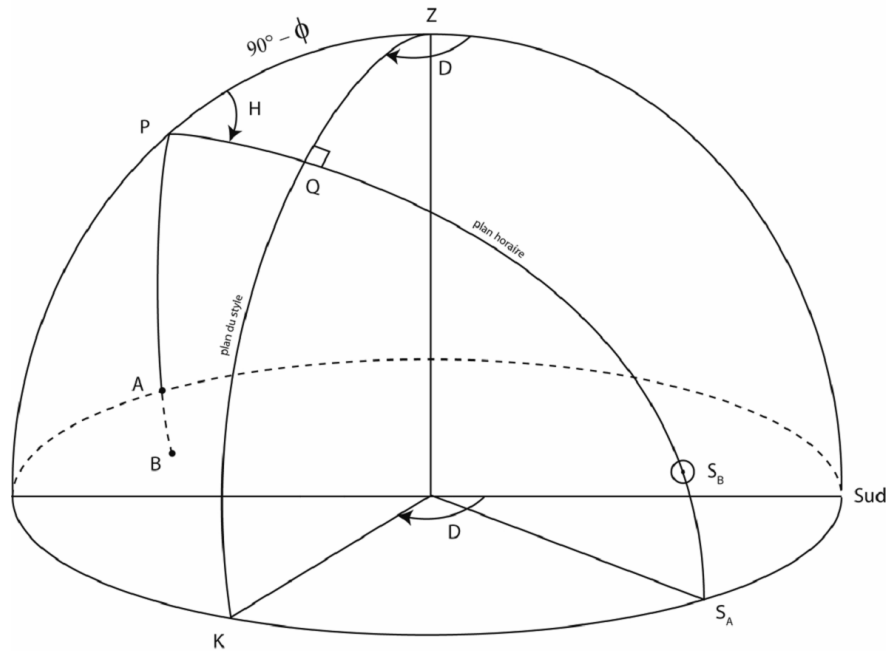


Fig. 2 : Intersection du plan horaire et du plan du style enveloppe.

Le point A résulte de l'intersection du plan d'angle horaire H avec la corniche. On pourrait imaginer un Soleil fictif placé en S<sub>A</sub>, diamétralement opposé (dont la déclinaison serait égale à  $\tan \delta = -\frac{\cos H}{\tan \phi}$ ). Si maintenant on déplace ce Soleil fictif sur le plan horaire, par exemple en S<sub>B</sub>, son image va se former en B ; on peut ainsi faire varier la déclinaison pour un même angle horaire et engendrer un ensemble de points qui forment une ligne horaire.

Sur la corniche, quelle est la déclinaison gnomonique du style fictif qui engendre cette ligne horaire (en fait l'enveloppe des courbes) ? C'est nécessairement un style perpendiculaire au plan horaire. Donc le plan ZQK constitue le plan de ce style, perpendiculaire en Q au plan horaire, et dont la déclinaison gnomonique s'obtient par :

$$\tan D = \frac{-1}{\sin \phi \tan H} \quad (1)$$

sphère par exemple, engendre des ombres courbes sans que celles-ci puissent être utilisées pour indiquer l'heure. Autrement dit la forme de la corniche est un paramètre déterminant.

<sup>3</sup> Les cadrans à chapeau filtrant et de Pingré peuvent être considérés comme des variantes très particulières. Il est tout à fait possible par contre de faire indiquer l'heure avec une corniche extérieure et incurvée vers le Nord, tangente à une surface (cf le chapitre sur la demi-sphère).

Si  $H = 0^\circ$ ,  $D = \pm 90^\circ$ , ce qui signifie qu'il y a deux lignes midi (sur un cadran orienté vers le Sud). Rappelons qu'il s'agit de la déclinaison gnomonique d'un point de la corniche qui vise l'horizon : si  $D = 0^\circ$ , il s'agit du style fictif « plein Sud ». Par exemple en prenant  $\phi = 43^\circ 52'$  et  $H = 45^\circ$ , on obtient  $D = -55^\circ 16' 43''$ . Enfin si  $H = \pm 90^\circ$ ,  $D = 0^\circ$ . Cette formule s'applique à toute la famille des cadrans à corniche horizontale. Dans les exemples étudiés ci-après, qui vont des cadrans tracés sur des plans et sur des quadriques (surfaces d'équation du second degré), c'est bien la forme de la corniche qui est déterminante dans le principe de lecture de l'heure par le système des lignes enveloppes et non sur le plan sur lequel se projette l'ombre, qui ne fait que déformer ou modifier cette même ombre. D'ailleurs comme on le verra à la fin de cet article, l'ombre d'une corniche peut subir des distorsions considérables à certaines heures et certaines dates.

## 2 – Cadran mural à corniche

Soit un mur plein Sud muni d'une corniche tangentielle incurvée vers le Nord en P, de rayon  $R$  et d'épaisseur  $a$  (fig.3).

Appelons  $D$  la déclinaison gnomonique d'un point de cette corniche circulaire. Faisons passer par P un système d'axes, les  $x$  étant dirigés vers la droite, les  $y$  vers le haut. Les coordonnées  $x$  et  $y$  d'un point de l'ombre de la corniche sur le mur s'obtiennent par :

$$x = \frac{\left[ 2R \sin^2 \frac{D}{2} + a \right] \sin H + R \sin D (\sin \phi \cos H - \cos \phi \tan \delta)}{\sin \phi \cos H - \cos \phi \tan \delta}$$

$$y = \frac{\left[ 2R \sin^2 \frac{D}{2} + a \right] (\tan \phi \tan \delta + \cos H)}{\tan \delta - \tan \phi \cos H}$$

Ces deux formules peuvent servir à calculer plusieurs courbes, comme la forme de l'ombre sur le mur : il suffit de fixer  $H$  et  $\delta$  puis de faire varier  $D$  de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$  avec un pas de  $1^\circ$  par exemple (fig.4).

On obtient les lignes horaires enveloppes en fixant  $H$  et  $D$  selon la formule (1) puis on faisant varier la déclinaison du Soleil de  $-23^\circ,443$  à  $+23^\circ,443$  (fig.5).

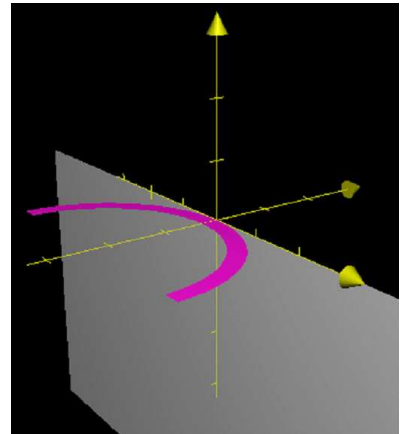
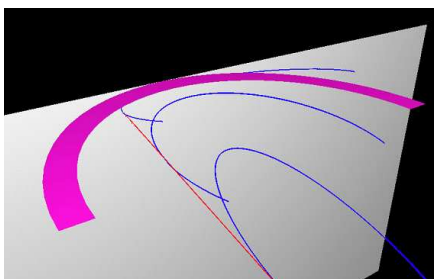


Fig. 3 : Mur méridional muni d'une corniche incurvée vers le Nord (en rose). On a tracé en jaune le système d'axes passant par P : vers la droite les  $x$ , vers le zénith les  $y$ .



◀ Fig. 4 : Vue perspective du mur muni d'une corniche : on a tracé l'ombre de la corniche pour 15 h temps solaire vrai aux solstices et aux équinoxes (en bleu). La droite rouge est l'enveloppe horaire des ombres de la corniche.

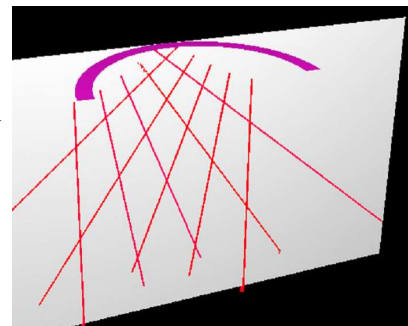


Fig. 5 : Si l'on trace l'ensemble des lignes horaires enveloppes sur le mur, on obtient un réseau de lignes entrecroisées. ▶

On ne perdra pas de vue que la corniche se comporte comme une multitude de styles droits et qu'il convient de limiter le tracé horaire aux seules lignes existant réellement. On

notera également qu'il existe deux lignes midi verticales<sup>4</sup> et qu'en traçant les lignes horaires enveloppes de 6 h à 18 h (rejetées à l'infini), on obtient un réseau de lignes croisées qui n'ont pas de point de convergence.

Exemple : soit un mur plein Sud situé à  $\phi = 43^\circ 52'$  de latitude, dont la corniche de largeur  $a = 1,5$  cm a pour rayon  $R = 10$  cm. Calculons des points de la ligne enveloppe 14 h ( $H = 30^\circ$ ). On a  $D = -68^\circ,194$ .

$\delta = +23^\circ,443$	$x = 4,255$ cm	$y = -25,044$ cm
$\delta = 0^\circ$	$x = -2,798$ cm	$y = -8,1$ cm
$\delta = -23^\circ,443$	$x = -5,020$ cm	$y = -2,762$ cm

On peut également imaginer de placer contre le mur une corniche incurvée vers le Sud de rayon  $R$  et de largeur  $a$  (fig.6). Soit P la projection orthogonale sur le mur du centre O de la corniche ; faisons passer par P un système d'axes, les x étant dirigés vers l'Est, les y vers le zénith.

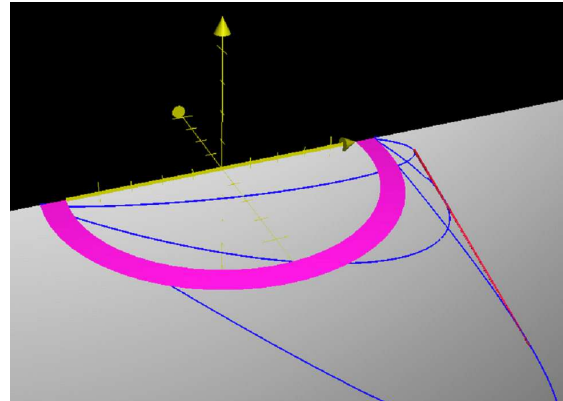


Fig. 6 : Mur méridional muni d'une corniche (en rose) incurvée vers le Sud. En bleu sont tracées les ombres de la corniche pour 15 h temps solaire aux solstices et aux équinoxes ; en rouge figure la ligne horaire enveloppe. ▶

Les coordonnées x et y de l'ombre d'un point de la corniche s'obtiennent par :

$$x = \frac{(R + a)[\sin H \cos D - \sin D \sin \phi \cos H + \sin D \cos \phi \tan \delta]}{\sin \phi \cos H - \cos \phi \tan \delta}$$

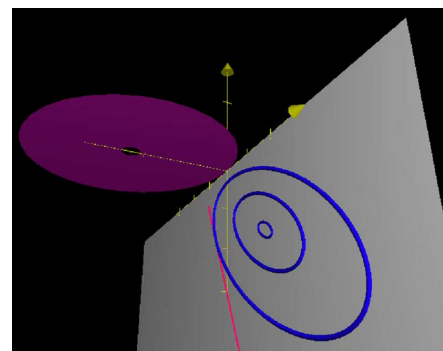
$$y = -\frac{(R + a) \cos D [\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H]}{\sin \phi \cos \delta \cos H - \cos \phi \sin \delta}$$

L'éventail horaire est beaucoup plus large qu'avec une corniche Nord et les lignes ne se chevauchent plus, particularité que l'on retrouve dans les cadrans à corniche incurvée vers le Sud. Par contre on ne peut plus lire midi.

Exemple : soit un mur plein Sud situé à  $\phi = 43^\circ 52'$  de latitude, dont la corniche de largeur:  $a = 1,5$  cm a pour rayon  $R = 10$  cm. Calculons les coordonnées de l'ombre de la corniche pour 15 h ( $H = 45^\circ$ ) au solstice d'été ( $\delta = +23^\circ,443$ ) pour le point  $D = -13^\circ$  : on a directement :  $x = 47,254$  cm et  $y = -51,185$  cm.

Remarque : On peut imaginer que la corniche soit complètement circulaire, ce qui revient à faire varier la déclinaison gnomonique de  $-90^\circ$  à  $+270^\circ$  dans les formules de la corniche Nord.

Fig. 6 bis : Mur méridional muni d'une corniche circulaire. En faisant varier le rayon et la largeur de la corniche, on peut tracer l'enveloppe des ombres qui correspondent en fait à des œilletons de différents diamètres. ▶



<sup>4</sup> Cette particularité d'une double ligne midi, que l'on trouve également dans d'autres cadrans à corniche, tient au fait que le mur est ici méridional. En cas d'un mur déclinant, on ne trouve plus qu'une seule ligne midi.

L'ombre de cette corniche circulaire est une enveloppe très elliptique, fermée. On peut même imaginer réduire le rayon  $R$  et augmenter la largeur  $a$  de la corniche, voire à faire  $R = 0$  : on retombe alors sur un cadran vertical « classique » à style droit.

Dans le cas où  $R$  est petit et  $a$  plus grand, on tend vers un œillette dont on peut tracer les enveloppes tangentes sur l'image elliptique qui se projette à la surface du mur (fig.6 bis).

### 3 – Cadran horizontal à corniche

On peut imaginer une corniche circulaire incurvée vers le Nord, de rayon  $R$  et de largeur  $a$ , placée parallèlement au sol à une distance  $z_0$  (fig.7).

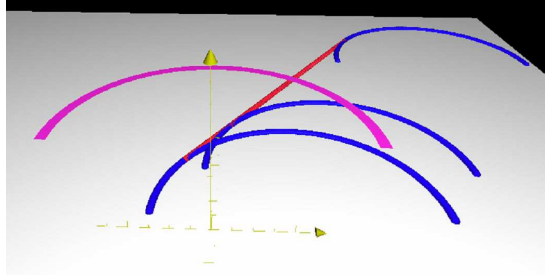


Fig. 7 : Cadran solaire horizontal muni d'une corniche (en rose) parallèle au sol. En bleu figurent les ombres de la corniche pour 15 h temps solaire aux solstices et aux équinoxes ; en rouge figure la ligne horaire enveloppe.

Soit  $P$  la projection au sol du centre  $O$  de la corniche ; faisons passer par  $P$  un système d'axes, les  $x$  étant dirigés vers l'Est, les  $y$  vers le Nord.

Les coordonnées  $x$  et  $y$  de l'ombre d'un point de la corniche s'obtiennent par :

$$x = \frac{z_0 \sin H \cos \delta}{\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H} + (R + a) \sin D$$

$$y = \frac{z_0 (\sin \phi \cos \delta \cos H - \cos \phi \sin \delta)}{\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H} + (R + a) \cos D$$

Si l'on travaille avec une corniche Nord, on obtient les coordonnées de l'ombre de la corniche au sol en fixant  $H$  et  $\delta$  et en faisant varier  $D$  de  $+90^\circ$  à  $+270^\circ$ . Pour la corniche Sud, on fait varier  $D$  de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$ . Dans les deux cas, on n'oubliera pas qu'il existe deux lignes midi.

Si maintenant on trace l'enveloppe des ombres de la corniche, on utilise la formule (1) et l'on augmente le résultat de  $180^\circ$  si l'on travaille avec la corniche Nord. Pour la corniche Sud, la formule (1) est utilisable telle quelle. Rappelons également que l'on obtient les lignes enveloppes en fixant  $H$  (et donc  $D$ ) puis en faisant varier  $\delta$  de  $-23^\circ,443$  à  $+23^\circ,443$ .

On ne perdra pas de vue qu'une telle corniche se comporte comme une succession de styles droits et sur un plan horizontal plus que jamais, on retrouve les problèmes liés à ce genre de styles (pénombre, ombre très longue aux heures extrêmes, etc). Il faut donc trouver un juste milieu entre la largeur de la corniche et sa distance au sol et vérifier si le point calculé existe réellement (inutile de tracer le point  $H = +75^\circ$  et  $\delta = -23^\circ$  pour  $\phi = 43^\circ$ ).

Dans le cas d'un cadran horizontal tracé avec une corniche Nord, les lignes horaires s'entrecroisent (fig.8); tandis qu'avec une corniche Sud, les lignes du matin sont nettement séparées de celles de l'après-midi (fig9).

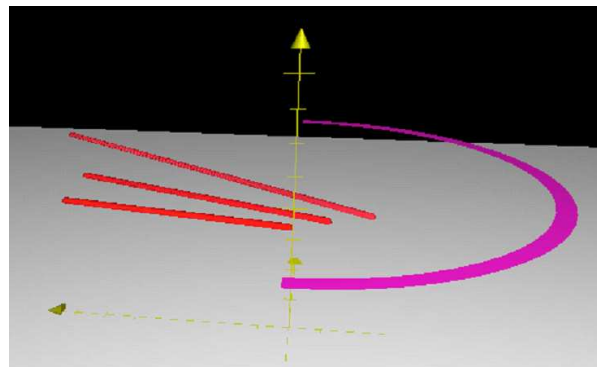
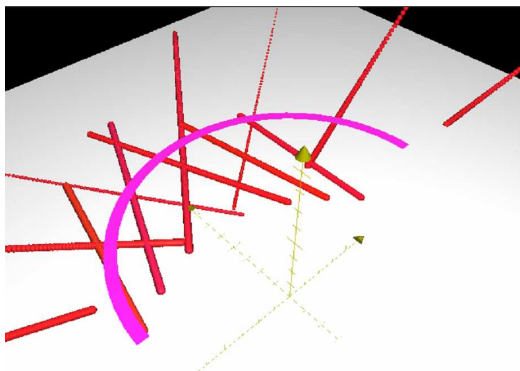


Fig. 8 : Tracé horaire sur un cadran horizontal muni d'une corniche incurvée vers le Nord d'une partie des lignes horaires enveloppes. On remarque l'entrecroisement des lignes.

Fig. 9 : Tracé horaire sur un cadran horizontal muni d'une corniche incurvée vers le Sud de trois lignes horaires enveloppes. Le tracé est espacé et les lignes ne se chevauchent plus.

#### 4 – Demi-cylindre vertical à corniche

On considèrera ici un demi-cylindre vertical de rayon  $R$ , surmonté d'une corniche de largeur  $a$  et regardant vers le Sud (fig.10).

Faisons passer par le centre du cylindre et par son sommet un système d'axes de centre  $O$ , les  $x$  étant dirigés vers l'Est, les  $y$  vers le Nord, les  $z$  vers le zénith.

Dans ce système, les coordonnées  $x, y, z$  de l'ombre de la corniche s'obtiennent successivement par :

$$\begin{aligned} x &= \rho p + x_0 & x_0 &= (R - a) \sin D \\ y &= \rho q + y_0 & y_0 &= (R - a) \cos D \\ z &= \rho r \\ \rho &= \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \end{aligned}$$

$$A = p^2 + q^2; \quad B = 2(p.x_0 + q.y_0); \quad C = (R - a)^2 - R^2$$

$$p = -\sin H \cos \delta;$$

$$q = \cos \phi \sin \delta - \sin \phi \cos \delta \cos H;$$

$$r = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

Comme dans le cas d'un mur à corniche, ces formules peuvent servir à calculer plusieurs courbes comme la forme de l'ombre sur le cylindre : il suffit de fixer  $H$  et  $\delta$  puis de faire varier  $D$  de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$  avec un pas de  $1^\circ$  par exemple.

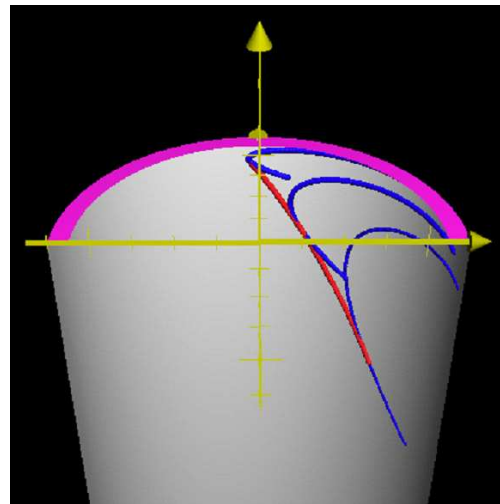


Fig. 10 : Demi-cylindre vertical surmonté d'une corniche (en rose) incurvée vers le Nord. On a tracé l'ombre de la corniche pour 15 h temps solaire vrai aux solstices et aux équinoxes (en bleu). La droite rouge est l'enveloppe horaire des ombres de la corniche.

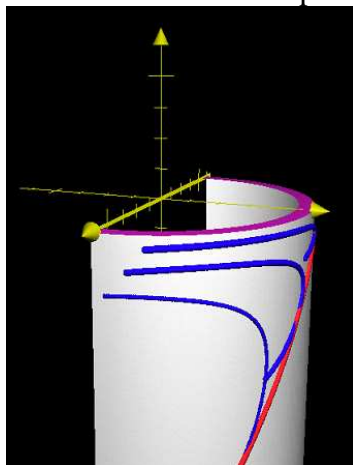


Fig. 11 : Vue extérieure du demi-cylindre : c'est ce que verrait un observateur si le demi-cylindre était translucide.

On obtient les lignes horaires enveloppes en fixant  $H$  et  $D$  selon la formule (1) ; on fait ensuite varier la déclinaison du Soleil de  $-23^\circ,443$  à  $+23^\circ,443$  (fig.11).

Le demi-cylindre partagé, avec la demi-sphère, la particularité d'indiquer l'heure même en l'absence de corniche (cf. *infra*). Il suffit de faire  $a = 0$  dans les formules précédentes pour obtenir un réseau de lignes horaires enveloppes (sauf midi qui n'est qu'un point) et qui résultent de l'ombre du cadran sur lui-même (fig.12).

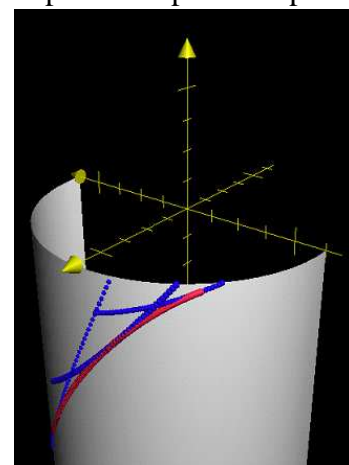


Fig. 12 : Vue extérieure du demi-cylindre sans corniche ; c'est l'ombre du bord du cylindre qui engendre sur lui-même sa propre ombre et qui permet de tracer finalement une ligne horaire enveloppe (en rouge).

5 – Demi-sphère

La demi-sphère constitue un cas intéressant car on peut facilement expérimenter plusieurs corniches et même l'absence de corniche pour indiquer l'heure.

Voyons d'abord le cas où la demi-sphère de rayon  $R$  est munie à l'intérieur (au niveau de son diamètre équatorial) d'une corniche de largeur  $a$  incurvée vers le Nord, c'est-à-dire une corniche passant par l'Est, le Nord et l'Ouest (fig.13).

Faisons passer par le centre de la demi-sphère un système d'axes de centre  $O$ , les  $x$  étant dirigés vers l'Est, les  $y$  vers le Nord, les  $z$  vers le zénith.

Dans ce système, les coordonnées  $x, y, z$  de l'ombre de la corniche s'obtiennent par :

$$\begin{aligned} x &= \rho p + x_0 & x_0 &= (R - a) \sin D \\ y &= \rho q + y_0 & y_0 &= (R - a) \cos D \\ z &= \rho r \\ \rho &= -B - \sqrt{B^2 - C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= p \cdot x_0 + q \cdot y_0 \\ C &= (R - a)^2 - R^2 \end{aligned}$$

$$p = -\sin H \cos \delta; \quad q = \cos \phi \sin \delta - \sin \phi \cos \delta \cos H; \quad r = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

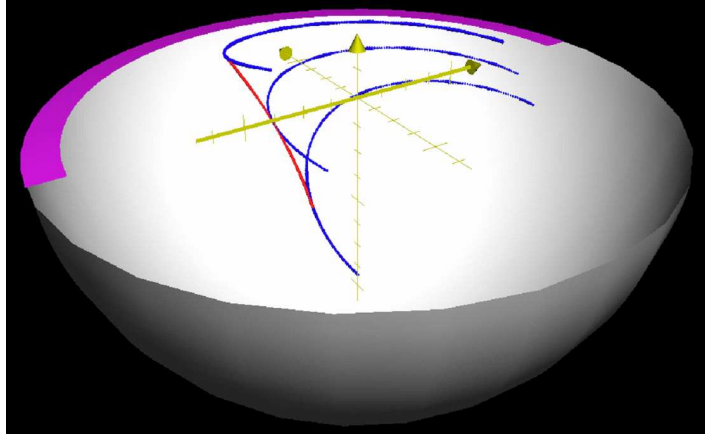


Fig. 13 : Demi-sphère munie d'une corniche incurvée vers le Nord (en rose). On a tracé l'ombre de la corniche à 15 h solaire aux solstices et aux équinoxes. La courbe rouge est l'enveloppe horaire.

Comme précédemment, ces formules offrent plusieurs possibilités : en fixant  $H$  et  $\delta$ , on établit un balayage de la corniche en faisant varier  $D$  de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$  avec un pas de  $1^\circ$  par exemple, ce qui donne les coordonnées de l'ombre de la corniche dans la demi-sphère à une heure et une date données.

En faisant varier seulement la déclinaison du Soleil après avoir fixé l'heure  $H$  et l'orientation  $D$  par l'équation (1), on obtient les coordonnées d'une ligne horaire enveloppe. On ne perdra pas de vue que seules les coordonnées  $z < 0$  existent : donc si  $z$  est positif, le point est à rejeter.

Supposons maintenant que l'on munisse cette demi-sphère d'une corniche au Sud passant par l'Est, le Sud, l'Ouest (fig.14) ; les formules précédentes sont encore applicables avec quelques modifications<sup>5</sup> :

$$\begin{aligned} x &= \rho p - x_0 & x_0 &= (R - a) \sin D \\ y &= \rho q - y_0 & y_0 &= (R - a) \cos D \\ z &= \rho r \\ \rho &= -B - \sqrt{B^2 - C} \end{aligned}$$

$$B = -p \cdot x_0 - q \cdot y_0$$

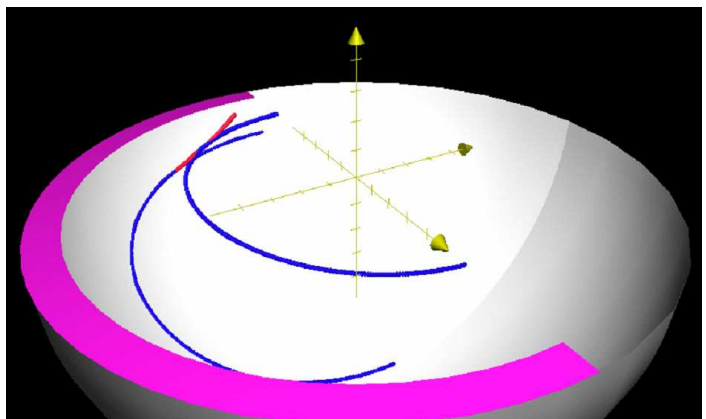


Fig. 14 : Demi-sphère munie d'une corniche incurvée vers le Sud (en rose). On a tracé l'ombre (en bleu) de la corniche aux équinoxes et en été pour la ligne enveloppe 9 h (en rouge).

<sup>5</sup> Les formules données pour la corniche Sud sont en fait applicables à la corniche Nord, à condition que la déclinaison gnomonique donnée par (1) soit augmentée de  $180^\circ$ . Quant au balayage de la corniche en fonction de  $D$ , on peut faire varier l'angle de  $+90^\circ$  à  $+270^\circ$ .

$$C = (R - a)^2 - R^2$$

$$p = -\sin H \cos \delta; \quad q = \cos \phi \sin \delta - \sin \phi \cos \delta \cos H; \quad r = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

Là encore, en faisant varier uniquement la déclinaison du Soleil après avoir fixé l'heure  $H$  et l'orientation  $D$  par l'équation (1), on obtient les coordonnées d'une ligne horaire enveloppe.

On peut ainsi tracer un autre cadran à enveloppe qui a la particularité de posséder des lignes horaires du matin et de l'après-midi distinctes. On peut également calculer l'intégralité du contour de l'ombre de la corniche si celle-ci entoure complètement la demi-sphère.

Imaginons maintenant que l'on supprime la corniche (fig.15); on se retrouve en présence d'une simple demi-sphère posée sur le sol, éclairée par le Soleil. Les formules précédentes permettent de calculer l'ombre du bord de la demi-sphère à l'intérieur de la concavité (en faisant  $a = 0$ ) : pour un angle horaire et une déclinaison du Soleil donnés, on obtient (en faisant varier  $D$  de  $0^\circ$  à  $360^\circ$ ) un rideau d'ombre.

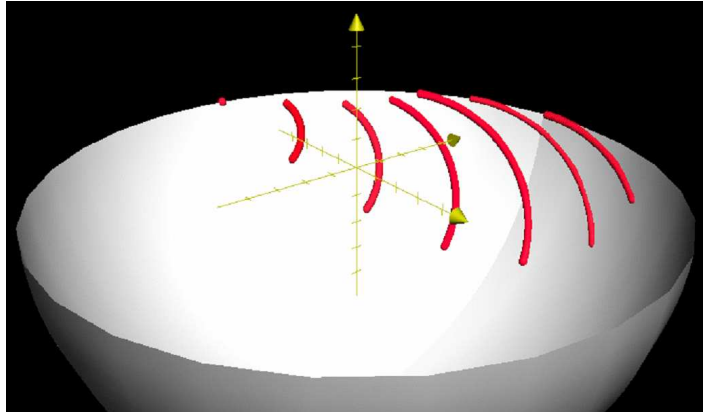


Fig. 15 : Demi-sphère sans corniche. Dans un tel cas, c'est l'ombre de la demi-sphère sur elle-même qui indique l'heure. On a tracé en rouge les lignes enveloppes de l'après-midi (de 12 h à 18 h) ; on note que midi est réduit à un point.

Pour lire l'heure avec ce rideau d'ombre, il faut considérer seulement la partie « Nord » de la demi-sphère, c'est-à-dire le bord passant par les points Est, Nord et Ouest. Lui seul est utilisable pour lire l'heure sur les lignes enveloppes que l'on a tracées à partir des formules données pour la corniche incurvée vers le Nord<sup>6</sup>.

Ce genre de cadran assez insolite<sup>7</sup> – que l'on peut qualifier d'auto-cadran – présente une difficulté : la ligne midi est réduite à deux points (aux points  $D = \pm 90^\circ$ ) qui la rendent donc inutilisable.

On pourra vérifier qu'en augmentant la largeur de la corniche, voire des deux corniches jusqu'à aboutir à un œillette, on obtient un réseau de courbes et d'ombres originales.

## 6 – Cône et hyperboloïde

Examinons pour terminer le cas du cône et de l'hyperboloïde, ou plutôt la partie tronquée par un plan vertical Est-Ouest de ces deux surfaces dont on a surmonté la section horizontale d'une corniche circulaire. Ces deux cadrans peuvent fonctionner sans corniche : l'ombre de leur propre bord génère des lignes horaires enveloppes (sauf vers midi) que les formules suivantes permettent de calculer aisément.

### a) cône

Soit  $R$  le rayon du cône tel que  $R = d \operatorname{tg} \alpha$  où  $\alpha$  est le demi-angle au sommet  $O$  et  $d$  la distance sur l'axe  $Oz$  de la section  $R$  du cône (fig.16).

<sup>6</sup> Cette particularité se retrouve dans un cadran conique, cylindrique ou hyperbolique.

<sup>7</sup> Le cas le plus connu d'auto-cadran est le demi-cylindre polaire où l'ombre d'un bord porte ombre dans la concavité. Voir D. Savoie, *La Gnomonique*, op. cit., p. 214-216.

La corniche de largeur  $a$  est ici incurvée vers le Nord ; faisons passer par  $O'$ , point situé à la distance  $d$  de  $O$  vers le zénith, un système d'axes, les  $x$  étant dirigés vers l'Est, les  $y$  vers le Nord et les  $z$  vers le zénith. Les coordonnées d'un point de déclinaison gnomonique  $D$  de la corniche s'obtiennent par :

$$\begin{aligned} x &= \rho p + x_0 & x_0 &= (R - a) \sin D \\ y &= \rho q + y_0 & y_0 &= (R - a) \cos D \\ z &= \rho r \\ \rho &= \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= p^2 + q^2 - r^2 \operatorname{tg}^2 \alpha ; & B &= 2(p.x_0 + q.y_0 - r.d.\operatorname{tg}^2 \alpha); \\ C &= (R - a)^2 - d^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= -\sin H \cos \delta ; & q &= \cos \phi \sin \delta - \sin \phi \cos \delta \cos H ; \\ r &= \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H \end{aligned}$$

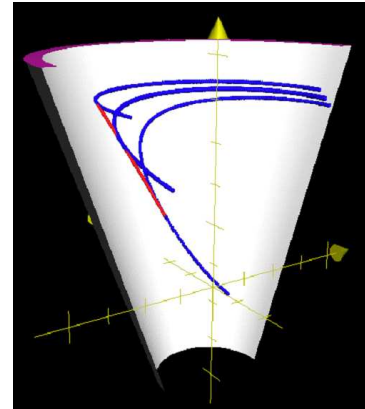


Fig. 16 : Cône coupé par un plan Est-Ouest et surmonté d'une corniche. On retrouve (en bleu) l'ombre de la corniche à la même heure mais à différentes dates et en rouge la ligne enveloppe.

Comme précédemment, en faisant varier uniquement la déclinaison du Soleil après avoir fixé l'heure  $H$  et l'orientation  $D$  par l'équation (1), on obtient les coordonnées d'une ligne horaire enveloppe. On peut aussi tracer l'ombre de la corniche à une heure et une déclinaison du Soleil données en faisant varier  $D$  de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$ .

Exemple : soit un demi-cône d'angle au sommet  $\alpha = 20^\circ$  orienté vers Sud situé à  $\phi = 43^\circ 52' 42''$  de latitude, dont la corniche de largeur  $a = 2$  cm a pour rayon  $R = 10$  cm. Calculons les coordonnées de la ligne horaire enveloppe  $H = 30^\circ$  à trois dates remarquables.

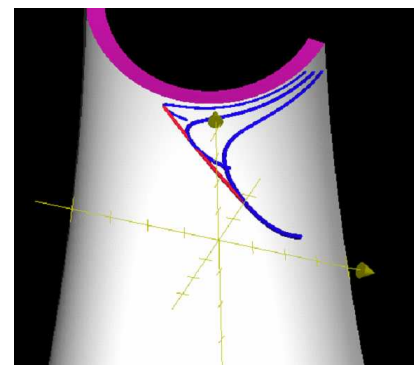
On a  $D = -68^\circ, 190$ .

$\delta = +23^\circ,443$	$x = -2,076$ cm	$y = 6,051$ cm	$z = -9,898$ cm
$\delta = 0^\circ$	$x = -3,709$ cm	$y = 7,737$ cm	$z = -4,643$ cm
$\delta = -23^\circ,443$	$x = -4,608$ cm	$y = 8,119$ cm	$z = -1,825$ cm

### b) hyperboloïde

Soit un hyperboloïde de révolution d'axe  $Oz$  coupé en deux par un plan vertical Est-Ouest (fig.17).

Fig. 17 : Hyperboloïde coupé par un plan Est-Ouest et surmonté d'une corniche. On retrouve (en bleu) l'ombre de la corniche à la même heure mais à différentes dates et en rouge la ligne enveloppe. ▶



Appelons  $R$  le rayon de la section minimale horizontale de l'hyperboloïde (c'est un cercle de centre  $P$ ), et  $c$  une quantité qui traduit l'excentricité  $e$  de l'hyperboloïde telle que  $c = Re$  avec  $e > 1$ .

Plaçons sur cet hyperboloïde une corniche de largeur  $a$ , incurvée vers le Nord, et située à la distance  $z_0$  de  $P$ . Faisons passer par ce point un système d'axes, les  $x$  étant dirigés vers l'Est, les  $y$  vers le Nord et les  $z$  vers le zénith. Les coordonnées d'un point de déclinaison gnomonique  $D$  de la corniche s'obtiennent par :

$$\begin{aligned} x &= \rho p + x_0 & x_0 &= (R - a) \sin D \\ y &= \rho q + y_0 & y_0 &= (R - a) \cos D \end{aligned}$$



$$z = \rho r + z_0$$

$$\rho = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$A = p^2 + q^2 - (r^2/e^2); \quad B = 2(p.x_0 + q.y_0 - (r.z_0/e^2)); \quad C = (R - a)^2 - R^2 - (z_0^2/e^2)$$

$$p = -\sin H \cos \delta; \quad q = \cos \phi \sin \delta - \sin \phi \cos \delta \cos H; \quad r = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

Exemple : soit un hyperboloïde de révolution d'excentricité  $e = 5$  situé à  $\phi = 43^\circ 52' 42''$  de latitude, dont la corniche de largeur  $a = 2$  cm est située à 25 cm de la section minimale de rayon  $R = 10$  cm. Calculons les coordonnées de la ligne horaire enveloppe  $H = 45^\circ$  à trois dates remarquables. On a  $D = -55^\circ, 273$ .

$\delta = +23^\circ, 443$	$x = 6,516$ cm	$y = 7,844$ cm	$z = 10$ cm
$\delta = 0^\circ$	$x = 1,995$ cm	$y = 10,497$ cm	$z = 18,823$ cm
$\delta = -23^\circ, 443$	$x = -0,902$ cm	$y = 10,997$ cm	$z = 23,322$ cm

Pour terminer, voyons un cas où l'ombre d'une corniche subit des déformations considérables (fig.18) :

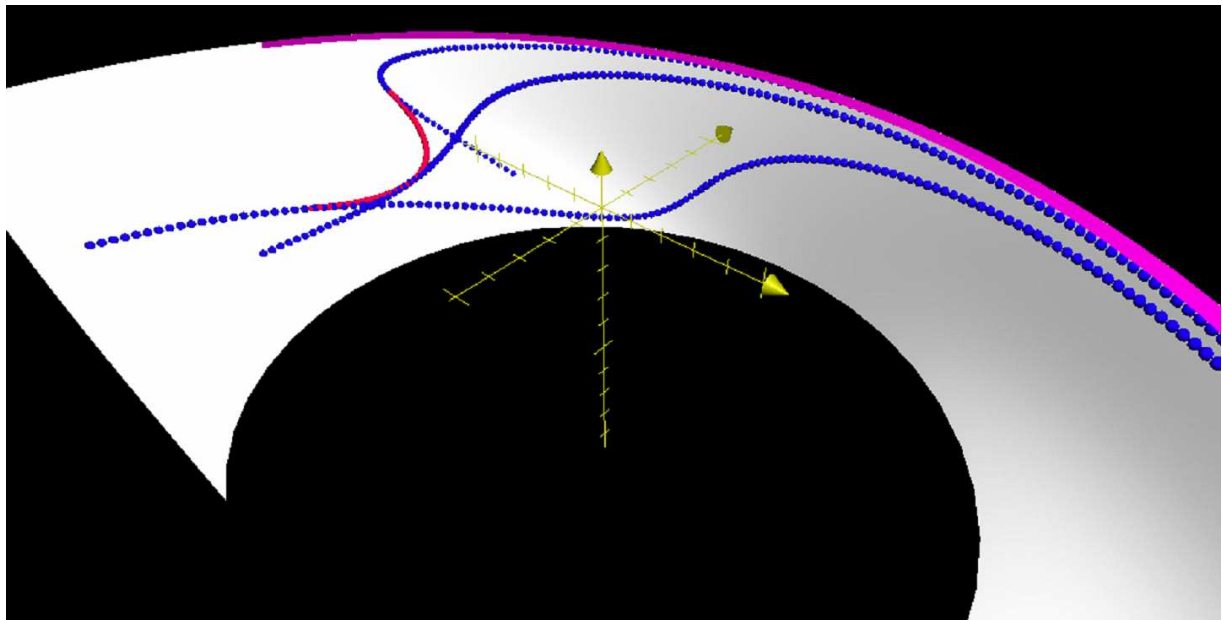


Fig. 18 : Surface du quatrième degré surmontée d'une corniche circulaire. La forme de l'ombre de la corniche à la même heure solaire prend ici des allures variées.

la surface sur laquelle se projette l'ombre est ici du quatrième degré. L'ombre la plus haute correspond à l'ombre de la corniche à 14 h solaire au solstice d'hiver. L'ombre intermédiaire correspond aux équinoxes ; la plus basse est celle du solstice d'été. On voit nettement que l'ombre a une forme de S ; ceci n'empêche toutefois pas de tracer une ligne horaire enveloppe (en rouge).





## Cadran canoniaux arméniens

Par Denis Schneider

*Rapprochements entre les caractéristiques des cadrans canoniaux arméniens (voir article cadrans sur édifices religieux arméniens) avec celles de l'Eglise arménienne.*

L'histoire de l'Arménie est scandée par les vicissitudes des rapports entre l'orient et l'occident ; c'est un espace-tampon entre grandes puissances, Rome puis Byzance à l'ouest, l'Iran puis les Arabes à l'est. L'empire romain qui a cessé d'être au Vème siècle en occident perdure en Asie Mineure jusqu'à l'arrivée des Arabes au VIIème siècle. Le christianisme en Arménie est religion officielle dans le monde romain avant son adoption par Constantin en occident. Très tôt, la grammaire ornementale arménienne est née et se perpétuera quasiment telle quelle, art facilité par un tuf volcanique mais au service de leur idéal religieux.

On ne connaît pas de cadrans avec les seules heures canoniales gravées ; il y a cependant à Kazdin/Aragatz (VI-VII) 4 grands secteurs, chacun étant subdivisé en 3 parties. La division principale en 12 secteurs des cadrans sur les églises, sans marque particulière des Heures canoniales (sauf au monastère d'Haghartsin fin XIII), est-elle un héritage du monde antique ?

Non contente d'être la première Eglise chrétienne officielle, l'Eglise arménienne revendique sa fondation apostolique, mieux encore, Noé aurait débarqué au sommet du Mt Ararat en en faisant le toit du monde, d'où le nom d'Haïastan, du nom d'un descendant de Noé, Haïg. Ces assertions expliquent l'autocéphalie de l'Eglise arménienne, son indépendance vis-à-vis de Rome, de Byzance et de Jérusalem. Les évêques arméniens, en lutte contre le mazdéisme renaissant au Vème siècle, ne purent se rendre au 4<sup>ème</sup> concile, à Chalcédoine, où se définit l'article de foi au sujet de la double nature du Christ. L'Eglise arménienne le refuse, privilégiant le caractère divin du Christ, refusant de figurer sa Passion, la sublimant par l'image de la Croix. Faut-il y voir la raison qu'un quart environ des cadrans canoniaux arméniens n'ont que 11 secteurs, le 6<sup>ème</sup> étant à cheval sur la fin de la matinée et le début de l'après-midi ? Médián, il devient l'axe de symétrie, peut-être l'axe tout court puisque c'est lors de la 6<sup>ème</sup> heure temporaire que le Christ fut crucifié. Les Arméniens refusent d'être considérés comme des iconoclastes tout en se méfiant des images par crainte d'une dérive hellénophile. La Croix (khatchkar) sans le Christ souffrant est le symbole omniprésent. Eu égard à la tendance monophysite de l'Eglise arménienne, ce n'est pas tant la crucifixion que l'érection de la Croix qui fit de la 6<sup>ème</sup> heure l'événement central de la journée. Par ailleurs, les Grandes Règles basiliennes stipulent de réciter à Sexte le Ps.90 pour se préserver des attaques du démon de midi.

Les offices, en Arménie, ne sont pas sonnés puisque la cloche n'y a été introduite qu'au XIIIème siècle, et encore que dans le nord ; c'est la simandre (pièce de bois percée aux extrémités et suspendue à des chaînes) qui est frappée à l'aide d'un maillet ; elle présentifie et le bois de la Croix et la matérialité du culte.

La vie monastique fut stimulée par l'idéal ascétique lié au choix théologique de l'Eglise arménienne. Les moines poursuivaient l'idéal d'engloutir leur chair mortelle dans l'unique nature du Christ.

Figurant sur des églises, les paons passaient pour avoir une chair imputrescible et symbolisent l'incorruptibilité de la vraie nature divine du Christ. Sur les cadrans de Tatev et de T'arat/Karavank ce sont plutôt des colombes mais le symbolisme est le même quant à l'âme et à l'éternité s'abreuvant au vase eucharistique.

Il convient de se garder de trop rapprocher une représentation d'avec une seule explication. Pour preuve, les deux cadrans arméniens avec des colombes sont du XIIIème siècle alors que celui d'Orchomenos en Grèce sur lequel sont figurés des paons est du IXème siècle au sein de l'Eglise byzantine dyophysite...

De la même façon peut-être ne faut-il voir dans les cadrans en demi-fleur qu'une ornementation déjà exprimée sur l'hémicyclium byzantin du VIème siècle à Sa'ar dans l'ancienne Palestine.

Quant aux cadrans à 11 secteurs et en demi-fleur, ils existent sur des églises byzantines de Grèce et d'Italie du sud sans doute iconodules...



Photo n°1: Gigondas

On en trouve aussi quelques-uns en France : à Gigondas dans le Vaucluse (photo 1), à Bouilland en Côte d'Or sur l'abbaye Ste Marguerite d'Antioche et à Thiers sur l'église St Genies (photo 2) où l'influence orientale est attestée (on remarquera la rotation d'un



Photo n°2 : Thiers

demi pétale du cadran dans le sens horloge qui marque très certainement l'embarras du poseur de ne pas placer midi entre 2 pétales).

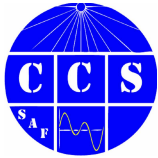
Il y eut des moines missionnaires arméniens en Europe sans compter ceux qui fuirent sous la pression arabe.

Les influences sont réciproques mais il n'est pas impossible que l'Arménie ait influencé les autres peut-être plus que l'inverse.



### *Papillons et cadrans solaires (sélection de Serge Grégori)*





## Faites-les vous-mêmes

Rubrique animée par Joseph Theubet

*Le responsable de cette rubrique, Joseph Theubet\* attend que vous lui envoyiez à votre tour un texte, si possible avec photo(s), sur la réalisation technique de votre ou de vos cadrans. Avec votre permission, il sera publié dans Cadran-Info et fera partie d'un ensemble de « recettes » susceptibles d'être publiées, ne serait-ce qu'en réseau interne. Ainsi votre expérience servira à chacun de nous. Merci. J.Th.*

\* La Reculaz – 74350 MENTHONNEX-EN-BORNES – [jo.theubet@tele2.ch](mailto:jo.theubet@tele2.ch)

### Un cadran équatorial par Serge Malassiné

Je viens de terminer un petit cadran équatorial, polaire, qui est en fait une maquette, donc amovible.

La bande horaire à un rayon de 100 mm, et s'échelonne volontairement de 6 heures à 18 heures. Il est en bois de frêne, et mon menuisier m'a fourni les éléments aux cotes brutes demandées. J'aurais préféré de l'olivier, mais il n'en avait pas !



Je possède de petits moyens d'usinage mécanique, et ainsi la bande horaire a été usinée afin d'en obtenir une bonne géométrie, et de connaître avec précision la position de son centre qui doit correspondre à l'axe du style.

Au niveau des 12 heures, cette pièce comporte une encoche usinée perpendiculairement, et qui reçoit en contre-partie le berceau qui maintient le style. Ce berceau est fixé à 45° sur un socle muni, sur le diamètre extérieur, de deux encoches opposées et alignées sur l'axe du style, ceci, afin de pouvoir orienter correctement l'ensemble sur le

méridien du lieu.

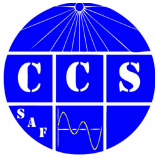
L'impression de la bande horaire est réalisée sur du papier bristol, coloré en vert clair martelé par Photoshop. Les traits horaires et chiffres sont dorés. La bande est collée sur le bois.

Le style est en laiton poli d'un diamètre de 3 mm. L'ensemble est verni. Le plus délicat est d'obtenir que son centre sur toute sa longueur corresponde bien à celui de la bande horaire.

Ce cadran est réalisé pour une latitude de 45°, mais il est possible de l'installer sur une table "sinus", afin de l'orienter avec précision pour une autre latitude

Coût : 5 € pour le bois et 13 € pour la tige laiton. Je possédais le vernis, le bristol et la colle !





## Vita sua brevis fuit

par Joseph Theubet

*Sinistres et arrogants, ces cadrans solaires qui prétendent marquer votre dernière heure avant même de connaître votre état de santé. Cyniques ceux dont les devises vous rappellent que vous êtes mortels, que votre vie est brève, qu'il est temps de se préparer. Mais de quoi se mêlent-ils ces empêcheurs de tourner en rond ? Et que penser de nous qui passons une partie de notre temps à s'y intéresser ?*

J'en chassais quelques-uns justement en septembre dernier dans ce coin de paradis qu'est l'Alsace.

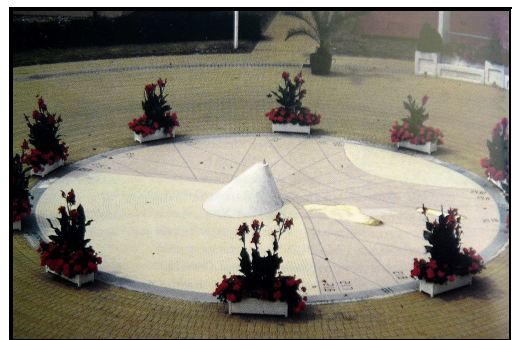
Après le Mont Sainte-Odile, j'avais décidé de prolonger mon pèlerinage gnomonique à Brumath (Bas-Rhin) afin d'y retrouver le fameux monument-stèle trônant dans le parc hospitalier de Stephansfeld (photos 1 et 2).



Comme d'habitude, l'émotion fut à son comble, nullement troublée par des sentences assassines comme nous n'en connaissons que trop !

Un fidèle compagnon de la région, le livre d'Hervé Staub, *Les Horloges silencieuses d'Alsace*, me proposait de faire un saut de quelques centaines de mètres, à la maison de retraite Grafenbourg. Je trouvai cette suggestion bienvenue d'autant plus que la photo figurant dans le livre en page 44 était plus qu'encourageante : un superbe cadran solaire horizontal de cinq mètres de diamètre réalisé en 1990 (photo 3).

Rien qu'à en lire la description d'Hervé Staub, cela vous mettait l'eau (le soleil ?) à la bouche. Je longeai le parc avec l'impatience du



soupirant qui se rend à son premier rendez-vous, regardant à droite, à gauche, devant, derrière, en dessous (mais pas en dessus puisque je cherchais un horizontal !), jusqu'au moment où il a bien fallu que je m'arrête de peur de m'écraser contre la façade du bâtiment.

RIEN ET RIEN ! Je n'avais rien vu... et pourtant il y avait du soleil et des ombres. Malgré une foi de chasseur plutôt vacillante, une décision radicale s'imposa à moi, pourquoi donc n'y avais-je pensé plus tôt : se rendre à l'entrée de l'établissement pour information. Là, les aimables réceptionnistes allaient me donner une distance au mètre près, et une direction en degrés selon le système nautique\*, pour atteindre aisément la place d'honneur où cet objet de désir siégeait. J'interrogeai tout d'abord, allez savoir pourquoi, la plus jeune réceptionniste. Son air évasif et ses yeux argentés se dirigèrent rapidement vers le ciel. Durant une fraction de seconde, je supposai que « mon » cadran pouvait se trouver dans un jardin suspendu comme à Babylone, les Alsaciens étant tellement imaginatifs. Je revins à la réalité lorsqu'elle m'asséna un « Jamais vu ce que vous me dites ! ». Elle avait pourtant l'air de posséder toutes ses facultés, mais allez donc savoir ce que ces jeunes ont dans la tête... en pleine force de l'âge ! Mon visage pâlisant l'effraya et un réflexe de Samaritaine (n'oublions pas que j'étais dans une maison de retraite) la fit se retourner vers sa collègue nettement plus âgée, elle, afin de résoudre au plus vite une situation qui commençait légèrement à l'agacer. Mon espoir fut à son comble : la femme – plus âgée - que j'avais devant mes yeux devait être dans le coin au moins depuis les années 1990. Enfin, j'allais savoir ! Rien en elle n'exprimait un doute, une hésitation, une crispation même furtive.

- Il n'existe plus ! Nos jardiniers l'ont remplacé par un ensemble de fleurs et d'arbustes !

N'ignorant pas que les Alsaciens avaient un goût de la plaisanterie poussé parfois à l'excès, je me dirigeai frénétiquement vers l'endroit du prétendu sinistre : elle avait dit la vérité (photo 4) !

Mes tentatives d'informations furent vaines car personne ne put me dire quand et pourquoi on l'avait supprimé.



Le dilemme alsacien était-il en voie de résurgence ?

Il fallait absolument trouver un remède à ma frustration. C'est alors que ma dignité d'homme, mon orgueil et ma mémoire me rattrapèrent : ce cadran, aussi horizontal qu'il soit, ne m'aura pas vu vieillir ; il n'aura pas eu le plaisir de marquer mes dernières heures, ni celles des pensionnaires de l'hospice, ni celles de la jeune réceptionniste !  
Post Tenebras, Sperat Lucem !

Bien que gnomoniquement éprouvé, j'ai vu dans ces événements comme une certaine revanche de l'homme sur la matière, pardon, sur le cadran solaire. Nul doute que ses descendants ne deviennent plus prudents et ne doutent sérieusement de leur éternité !

**In memoriam : Sa vie fut brève... et pourtant il était juste !**

\*Eternel différend entre la graduation des réceptionnistes et celle des gnomonistes



## Le secret de St-Romain (1<sup>ère</sup> partie: le cadran)

Par Michel Ugon

*Nous connaissons déjà les deux célèbres cadrans sur l'angle Sud-Est de l'église St Romain à Molines-en-Queyras, réalisés par Zarbula. Cette fois nous allons nous attarder sur la fresque façade Sud de l'église, qui encadre l'ouverture située à proximité de ces cadrans.*

Rappelons tout de suite que ces deux cadrans d'angle ont fait l'objet de doutes quant à leur origine.



Figure 1: Fresque qui encadre l'ouverture située près des deux cadrans d'angle

Nous renvoyons le lecteur intéressé à l'article « Les styles de Zarbula » (Cadran Info n° 12) exposant comment nous avons retrouvé en 2006 les méthodes entièrement originales de ce célèbre cadranier Piémontais. C'est ainsi que nous avons étudié en détail les tracés de construction conservés avant la restauration, notamment sur le cadran Est, et que nous avons montré que ce cadran avait été construit avec les méthodes uniques de Zarbula. Par contre, nous n'avons pu établir si ces deux cadrans ont été réalisés en même temps.

### 1 - Les caractéristiques du lieu :

Coordonnées GPS du lieu : N 44°41',944 et E 6°51',836

Déclinaison gnomonique du mur Sud: +21°.

Comme me l'ont fait remarquer G.Ducrot et S.Grégori, cette fresque cache des graduations ...11, 12, 1, 2, 3, 4, 5, qui sont réparties à proximité du pourtour supérieur de l'ouverture, sans aucune ligne horaire. (voir figure 2- d'après un cliché de P.Putelat). Elle a été restaurée fin 2006 ainsi que les deux cadrans de Zarbula par les élèves de l'Ecole des Beaux Arts d'Avignon qui ont heureusement pris soin de conserver ces chiffres.

Une fresque semblable orne l'autre ouverture mais sans graduations.

Il s'agit de « vestiges de peintures du 15<sup>e</sup> siècle qui sont des frises de denticules représentant deux travées corinthiennes aux colonnes torsées ornées de feuillages et surmontées d'un fronton triangulaire habité à gauche par un ange à droite par un cadran solaire » (Source : Service Régional de l'inventaire PACA-Aix.)

Donc ces fresques d'origine sont certainement très antérieures aux deux cadrans solaires d'angle.

Pour cette étude, nous allons voir que le cadran Sud de Zarbula daté 1849 va nous être d'une aide précieuse car il jouxte la première fenêtre du mur Sud et ses indications justes vont être utilisées dans les calculs nécessaires à la découverte du secret qui entoure le cadran de la fresque.

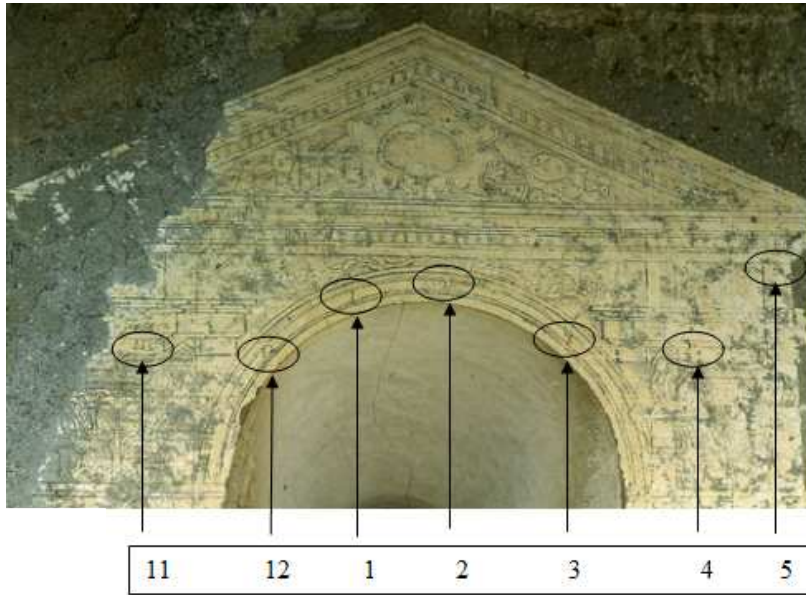


Figure 2

Bien que posant des problèmes de réalisation sur un toit en mélèze, nous étudierons plus loin si ce cadran pouvait fonctionner à partir d'une fente oblique pratiquée dans la toiture. En effet, cette hypothèse ne doit pas être systématiquement éliminée car seule cette partie de l'église possède curieusement une pente voisine de  $40^\circ$ , c'est à dire un angle proche de la latitude du lieu.

Si l'on considère que les chiffres indiquaient l'heure solaire locale d'un cadran à style polaire, le chiffre 12 devrait correspondre à la ligne verticale de midi.

La latitude du lieu et la déclinaison gnomonique du mur étant connue, on obtient les résultats suivants :

- Angle tabulaire de la sous-styloire :  $19^\circ,9$
- Angle horaire de la sous-styloire :  $28^\circ,623$  soit environ 13H54
- Angle styloire :  $-41^\circ,575$
- Déclinaison solaire limite d'éclairage du mur :  $\delta_{lim} = \pm 14^\circ,758$
- Heure limite d'éclairage du matin : 7H (5 novembre et 7 février)
- Heure limite d'éclairage du soir : 19H (3 mai et 9 août)

On peut donc doré et déjà énoncer un premier résultat important :

Conclusion 1: L'heure de la sous-styloire ( $\cong 14H$ ) correspond à l'axe de l'ouverture marquée « 2 ». Il doit donc s'agir d'un cadran permettant de connaître l'heure à laquelle les rayons solaires éclairaient totalement la fenêtre, tandis que cette dernière se situe au fond d'un renforcement d'un mur très épais. On notera l'élargissement du mur vers l'extérieur qui augmente le temps d'éclairage.

On sait donc maintenant pourquoi les chiffres sont décalés vers la gauche, de façon à positionner la sous-styloire au centre de l'ouverture, et ainsi balayer ces heures d'éclairage total.

## 2 – Un cadran à style polaire

Sur d'anciens clichés, on remarque deux trous dans le mur au-dessus de la fresque. Le trou supérieur est à l'aplomb du chiffre 12, ce qui donne une ligne de midi verticale passant par ce « centre C ». Pour vérifier si ces deux trous ont pu servir à fixer jadis un style polaire,

On remarque tout de suite que le nombre 12 est nettement décalé à gauche de l'axe de l'ouverture, tandis que le chiffre 2 est central.

## 2 – Les caractéristiques du cadran

Nous repoussons l'idée qu'il s'agit d'un cadran dit « invisible » dont le gnomon serait au-dessus du toit, car il possédait manifestement plusieurs points ou lignes horaires.



nous avons calculé un tel cadran vertical avec les coordonnées du lieu et nous l'avons tracé sur le cliché ci-dessous préalablement corrigé au niveau de la perspective.

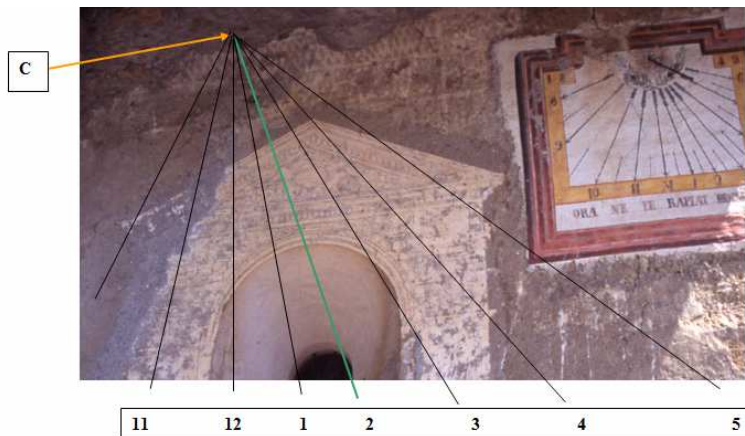


Figure 3: L'éventail horaire

1 - Le premier constat est que la sous-styloire (en vert) passe près du chiffre 2 inscrit en haut de la fenêtre.

2 - L'éventail horaire correspond à l'ensemble des chiffres peints sur la fresque.

3 - Le centre du cadran Zarbula se situe sensiblement à une hauteur de 4,40 mètres

4 - Si on fait glisser l'éventail horaire verticalement le long de la ligne de midi, on vérifie

que le centre du cadran n'aurait pas pu se situer plus haut (par exemple au niveau du toit) car on constate que, dans ce cas, les lignes horaires ne passent plus par les chiffres repères. Il en est de même si on abaisse ce centre.

**Conclusion 2:** Il s'agit bien d'un cadran classique à style polaire qui était planté dans le trou supérieur et dont la jambe d'appui était fixée dans le trou inférieur.

### **3 – Eclairage du cadran :**

Bien que l'on mentionne l'église St Romain dès le 8<sup>ème</sup> siècle, l'édifice actuel remonte à la deuxième moitié du 15<sup>ème</sup> siècle, mais il a été remanié plusieurs fois entre 1637 et 1849. Sur une carte postale du début du XX<sup>ème</sup> siècle, on constate que le toit débordait déjà largement au dessus du cadran Zarbula au point de le protéger contre les intempéries. Les Archives Départementales relatent également une réfection du toit en bardeaux de mélèze en 1983.

Comme on constate aujourd'hui que le cadran de Zarbula voisin se trouve partiellement à l'ombre du toit une bonne partie de l'année, il est sûr que ce cadran devait être dégagé à l'époque de sa conception. Aussi est-il légitime de se demander quelle était la configuration du toit avant 1849.

Tout d'abord, la déclinaison gnomonique du mur nous permet de calculer sa plage d'éclairage . On vérifie théoriquement que :

Au solstice d'hiver le soleil se lève à 7H42 (heure solaire) et se couche à 16H18. le soleil se lève donc en avant du mur et se couche bien avant d'avoir atteint l'autre extrémité. La plage d'éclairage du mur dans la journée est donc de 8H36'.

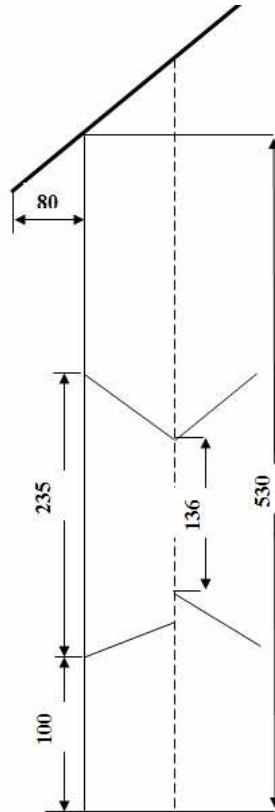
Au solstice d'été, on vérifie facilement que le soleil se lève et se couche en arrière du mur, et n'éclaire donc ce mur qu'une partie de la journée, de 9H25 à 18H25 ce qui donne un temps d'éclairage d'environ 9 H.

En dehors de ces dates, nous avons vu plus haut que les heures extrêmes annuelles d'éclairage du mur allaient de 7H et 19H (voir calculs en annexe) .

Pour connaître l'éclairage du cadran Zarbula, et donc celui des ouvertures du mur Sud, nous nous sommes rendus sur place pour mesurer les dimensions. Ces mesures apparaissent sur la figure 4 ci-après (en cm) :

Le déport du toit a = 80 cm et la hauteur du mur = 5,30 m.

Comme, le cadran Zarbula possède un encadrement, nous considèrerons pour simplifier que la hauteur du centre se situe à 4,40m et celle du bas de l'éventail horaire à 3,30m.



Comme nous supposons que la toiture n'est pas d'origine, et que nous voulons connaître l'éclairement de la fenêtre en différentes saisons, nous avons calculé celui les heures d'éclairement du cadran Zarbula dans les mêmes conditions pour différentes valeurs de « a ». Cela donne les résultats ci-après :

◀ Figure 4 : Les mesures

3-1 -Débordement du toit : a = 80 cm (Cela correspond à la situation actuelle)

$\delta$ (°)	Hmatin	H extremum	Centre	Hsoir
23°,44 solstice(21/6)	ombre	3,22m à 15h30	ombre	ombre
0°- équinoxe	9h40	-----	16h56	☼Jusqu'à 17h
-23°,44 solstice(23/12)	8h50	4,33m à 10h30	8h50 & 13h	☼

Légende : ☼ = éclairement du centre ; les hauteurs sont données par rapport au sol ; les heures correspondent aux heures solaires locales.

3-2 –Débordement du toit : a = 34,5 cm (valeur pour laquelle le cadran commence à être éclairé jusqu'au centre)

$\delta$ (°)	Hmatin	H extremum	Centre	Hsoir
23°,44 solstice(21/6)	10h33	4,40m à 15h30	15h30	18h04
0°- équinoxe	☼	-----	9h30	☼
-23°,44 solstice(23/12)	☼	4,88m à 10h30	☼	☼

3-3 Débordement du toit : a = 10cm (cette valeur correspond à un débordement faible, permettant d'éclairer la fresque, mais pas jusqu'au centre de son cadran)

$\delta$ (°)	Hmatin	H extremum	Centre	Hsoir
23°,44 solstice(21/6)	9h40	5,04m à 15h30	10h03	☼
0°- équinoxe	☼	-----	☼	☼
-23°,44 solstice(23/12)	☼	5,18m à 10h30	☼	☼

3-4 Débordement du toit : a = 5cm (permet d'éclairer la totalité du cadran de la fresque en toute saison)

$\delta$ (°)	Hmatin	H extremum	Centre	Hsoir
23°,44 solstice(21/6)	9h33	5,16m à 15h30	9h40	☼
0°- équinoxe	☼	-----	☼	☼
-23°,44 solstice(23/12)	☼	5,24m à 10h30	☼	☼

*Nota : les calculs de cette section sont décrits en annexe*

Il ressort de ces calculs

- qu'au solstice d'été le cadran « Zarbula » n'est jamais éclairé complètement puisque l'ombre du toit monte puis redescend en passant par un maximum vers 15h30 à 3,22 m du sol. Cette hauteur n'est pas suffisante pour atteindre le bas du cadran.
- Qu'à l'équinoxe, il faut attendre la fin de l'après midi pour avoir un éclairage partiel
- Qu'au solstice d'hiver l'ombre du toit monte jusqu'à 4,33m puis redescend en passant deux fois par le centre du cadran
- Que le débordement maximal permettant un éclairage du cadran toute la journée en toute saison est de 34 cm environ.
- Que le débordement du toit permettant un éclairage du cadran solaire de la fresque toute la journée est inférieur à 5 cm.

Conclusion 3 : Le débordement actuel du toit (a = 80 cm) ne permet pas un éclairage correct du cadran « Zarbula » toute l'année. Le toit n'avait donc sûrement pas cette configuration en 1849. Comme la construction de l'église est bien antérieure, ceci indique que le toit d'origine débordait très peu ( $\leq 5$  cm), ou pas du tout, afin d'éclairer le cadran de la fresque toute la journée.

Puisque ce toit n'avancé pas comme aujourd'hui au moment de la réalisation du cadran de la fresque, nous pouvons penser alors que cette première fenêtre située au fond de sa niche cache **un secret**...

Remarquons que cette niche possède une section horizontale trapézoïdale isocèle. Avec les mesures faites sur place, nous pouvons déterminer l'angle  $\alpha$  entre la paroi verticale oblique qui se trouve à l'est et l'axe de la fenêtre. On a ainsi :

$$\sin \alpha = (93 - 38)/(2.80) \cong 0.3437$$

$$\text{soit } \alpha = 20^\circ,1$$

Mais, pour la pénétration de rayons solaires, il faut tenir compte de l'encadrement du vitrail qui fait 1,5cm environ , on trouve alors

$$\alpha = 21^\circ,25 \cong 21^\circ$$

soit exactement la déclinaison gnomonique du mur ! L'inclinaison de cette paroi de la niche de telle sorte qu'elle soit orientée exactement Nord-Sud n'est certainement pas le fait du hasard.

**Conclusion 4 :** Le soleil éclaire complètement les fenêtres du mur Sud de l'église exactement au **midi** local quelle que soit la saison.

Ce résultat important entraîne la question suivante :

Combien de temps, les cinq ouvertures du mur Sud sont-elles éclairées complètement par le soleil ?.

Si l'on ne tient compte que de l'azimut du soleil aux mêmes dates, on trouve :

$\delta$ (°)	Heure début	Heure fin	durée
+ 23°,44 solstice(21/6)	12h	13h15	1h15
0°- équinoxe	12h	14h09	2h09
-23°,44 solstice(23/12)	12h	15h	3h

Mais il faut aussi tenir compte de l'angle d'ouverture vertical des fenêtre Sud qui pourrait limiter cette durée car la hauteur du soleil varie. Les mesures précédentes nous permettent de déterminer approximativement la hauteur maximale du soleil afin que ses rayons éclairent complètement ces fenêtres :

L'angle d'ouverture verticale des fenêtres au centre étant sensiblement 32°, soit une distance zénithale du soleil de 58°. Cette distance zénithale est atteinte aux heures suivantes

$\delta$ (°)	Heure fin
+23°,44 solstice (21/6)	16h30
0°- équinoxe	14h48
-12° (21/4 et 21/8)	12h54

Au dessous de -12°, le haut des ouvertures n'occulte plus les rayons solaires. Ce qui précède montre que l'éclairement total n'est limité que par la largeur de l'ouverture et non par sa hauteur.

**Conclusion:** Le cadran de la fresque, autour de la première fenêtre indique les heures ou le soleil éclaire totalement les fenêtres Sud de l'église:

- A 12h précises, le soleil éclaire totalement les quatre fenêtres Sud en rasant leurs parois Est. Pour le cadran, cela correspond à la méridienne verticale du coté Ouest. Ensuite, l'ombre du gnomon va glisser vers la droite.
- Au solstice d'hiver, il faut attendre jusqu'à 15H pour que les rayons se heurtent à la paroi Ouest, et que l'ombre du gnomon parvienne au niveau de la paroi Est. A partir de cette heure, l'éclairement des fenêtres devient partiel;
- Les lignes horaires du cadran balayent donc les heures de 12h en partant du coté Ouest des fenêtres jusqu'à 15 h au niveau du coté Est. C'est la plage horaire d'éclairement total des fenêtres Sud.

Nous avons maintenant l'explication des rumeurs parvenues jusqu'à nous, et qui relataient l'implication de la toiture dans le fonctionnement du cadran de la fresque. En fait, c'est l'ombre du mur qui joue un rôle fondamental dans le fonctionnement de ce cadran, puisque sa lecture renseignait directement sur les heures d'éclairement total des fenêtres. Comme les rayons du soleil commencent cet éclairement total précisément à midi, quelle que soit la date, on peut imaginer qu'ils venaient éclairer une statue qui aurait judicieusement été placée près de l'axe d'une des fenêtres, car il existe d'autres cas similaires. Or, au moment où nous rédigeons ces pages, nous apprenons qu'une telle statue existe bien à l'intérieur de l'église. C'est précisément celle de Saint Romain qui a été martyrisé à Antioche en 303 et fêté le 18 novembre. Ainsi pourrions nous dire maintenant:

« **Saint Romain brillez pour nous** »

Encore faut-il éclaircir une autre énigme : Est-il possible que l'on ait justement placé la statue de Saint Romain pour recevoir les rayons du soleil le 18 novembre ? C'est ce que nous examinerons dans une deuxième partie.

## ANNEXES

### Annexe 1 : Eclairement du mur Sud aux solstices et Arc diurne

1-1 Au solstice d'hiver, la déclinaison du soleil est  $\delta = -23^{\circ},44^{\circ}$

Pour le mur Sud de St Romain dont la déclinaison gnomonique est  $+21^{\circ}$ , la plage d'éclairement varie de  $-69^{\circ}$  à  $+111^{\circ}$ . Comme l'azimut du soleil  $A_s$  au lever et au coucher satisfait la relation

$$\cos A_s = -\sin \delta / \cos \varphi$$

avec  $\varphi = 44^{\circ},699$  et  $\delta = -23^{\circ},44^{\circ}$  au solstice d'hiver

$$A_s = \pm 55^{\circ},97$$

Le soleil se lève donc en avant du mur dont il dépasse le plan de  $69^{\circ} - 55^{\circ},97 \cong 13^{\circ}$ , et se couche bien avant d'avoir atteint l'autre extrémité.

le demi-arc diurne  $H_0$  est donné par

$$\cos H_0 = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta$$

on trouve  $2 H_0 = 129^{\circ},18$  soit :

- heure du lever = 7h42
- heure du coucher = 16h18

1-2 Au solstice d'été,  $\delta = +23^{\circ},44^{\circ}$  :

$A_s = \pm 124^{\circ},02$ . Le soleil se lève et se couche en arrière du mur et ne l'éclaire qu'une partie de la journée.

Cette fois, il faut calculer les heures auxquelles le soleil se trouve dans le plan du mur.

L'angle horaire limite  $H_{lim}$  est donné par

$$H_{lim} = S - t$$

Où S est l'angle horaire de la sous-styloire, avec  $\operatorname{tg} S = \operatorname{tg} d / \sin \varphi$ , et t un angle auxiliaire tel que

$$\cos t = \cos S \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{ctg} \varphi$$

Pour St Romain cela donne :

$S = 28^{\circ},623$  soit environ 13h54

$t = 67^{\circ},383$  et  $H_{lim}$  matin = 9h25 et  $H_{lim}$  soir = 18h25

### Annexe 2 : Heures extrêmes annuelles d'éclairement du mur Sud

L'angle horaire  $H_e$  qui correspond aux deux extrêmes des lever et coucher du soleil dans le plan du mur est donné par

$\operatorname{ctg} H_e = -\sin \varphi \cdot \operatorname{tg} d$  soit pour St Romain  $H_e \cong -75^{\circ}$  et  $H_e \cong +105^{\circ}$

ce qui correspond à 7h et 19h

Les déclinaisons associées sont données par

$\sin \delta = \pm \cos \varphi \cdot \sin d$  soit  $\delta \cong \pm 14^{\circ},8$

Ce qui correspond au :

10 février et 3 novembre pour le lever et au  
1er mai et 12 août pour le coucher

*Remarque 1* : Le 17 novembre qui correspond à la fête de St Romain, la déclinaison solaire est de  $-19^\circ$  et le mur ouest est éclairé de 13h21 à 16h40, heure du coucher . A cette date, le soleil n'est jamais dans l'axe de la nef.

*Remarque 2* : Au solstice d'été,  $\delta = +21^\circ,44$ , le mur Ouest est éclairé de 13h à 19h42 avec un passage dans l'axe de la nef à 18h25.

**Annexe 3 : Passage des coordonnées horaires aux coordonnées horizontales locales:**

Rappels :

H : angle horaire

$\delta$  : déclinaison solaire

$\varphi$  : latitude du lieu

z : distance zénithale ( $= \pi/2 - h$ )

h : hauteur du soleil

$A_z$  : angle d'azimut (angle formé par le méridien Sud et le grand cercle passant par le soleil)

On a

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos H$$

et

$$\operatorname{tg} A_z = \sin H / (\sin \varphi \cdot \cos H - \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta)$$

Le signe de  $\sin A_z$  doit être le même que celui de  $\sin H$

**Annexe 4 : l'Ombre du toit**

En prenant un repère orthonormé dont le centre est le pied d'un style droit fictif, l'ordonnée Y de l'ombre du style sur un cadran vertical est donnée par

$$Y = -aN_y/Q$$

L'axe des ordonnées Y étant orienté vers le bas

« a » étant la hauteur du style droit

$$N_y = -\cos H \cdot \cos \varphi - \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \varphi$$

$$Q = \sin H \cdot \sin d + \cos H \cdot \sin \varphi \cdot \cos d - \cos \varphi \cdot \cos d \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Posons  $k = Y/a$  et regroupons les termes en H

$$k(\sin H \cdot \sin d + \cos H \cdot \sin \varphi \cdot \cos d - \cos \varphi \cdot \cos d \cdot \operatorname{tg} \delta) = \cos H \cdot \cos \varphi + \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \varphi$$

en prenant l'angle auxiliaire  $\psi$  tel que  $\operatorname{tg} \psi = (k \sin \varphi \cdot \cos d - \cos \varphi) / k \cdot \sin d$  il vient

$$\sin(H + \psi) = \cos \psi \cdot \operatorname{tg} \delta (k \cos \varphi \cdot \cos d + \sin \varphi) / k \cdot \sin d$$

ce qui permet d'en déduire H.

Ainsi pour le solstice d'hiver ( $\delta = -23^\circ,44$ ),  $a = 80$  cm,  $Y = 30$  ( haut du cadran Zarbula) et  $d = 21^\circ$

On a  $k = 0,375$  et les deux valeurs de H sont 8h49 et 13h01

**Annexe 5 : Heure des extremums de l'ombre**

Les extremums sont obtenus en annulant la dérivée  $dY/dH$

Soit après développement et simplifications :

$$\cos \varphi \cdot \sin d - \cos d \cdot \operatorname{tg} \delta (\sin H - \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} d \cdot \cos H) = 0$$

en prenant un angle auxiliaire  $\tau$  tel que

$$\operatorname{tg} \tau = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} d \quad \text{il vient pour } dY/dH = 0$$

$$\sin(H - \tau) = \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} d \cdot \cos \tau \cdot \operatorname{ctg} \delta$$

si  $|\sin(H - \tau)| > 1$  cette équation n'admet pas de solution et l'ombre monte ou descend tout au long de la journée. Par contre, à partir de l'équinoxe, il peut y avoir un maximum de l'ombre vers le solstice d'été ou un minimum vers le solstice d'hiver.

Ainsi, pour le 21 juin ( $\delta = 23^\circ,44$ ) à l'église de St Romain, on trouve  $H = 52^\circ,5$  soit 15h30

**Deuxième partie : La Statue" dans Cadran Info N° 20**





# L'étrange table de Saint-Julien

Par Michel Ugon et Paul Gagnaire

« Les hommes sont compliqués, il faut tout leur expliquer »

Antoine de Saint-Exupéry

## 1- Introduction :

C'est le 28 avril 2006, lors d'une promenade dans le haut-Var, qu'a été découvert ce que nous croyions être le vestige d'un cadran solaire octogonal fixé en hauteur sur le mur Sud d'une grande maison isolée. En recevant les premiers clichés, Serge Grégori a demandé où avait été dénichée cette curieuse pierre gravée dont il n'avait jamais entendu parler et recommanda de retourner sur les lieux pour obtenir de meilleurs clichés, ce qui fut fait à plusieurs reprises.

Ce fut le début d'une longue et passionnante aventure...car nous avons vite compris qu'il s'agissait d'une véritable merveille: une table gnomonique ancienne, comprenant 28 motifs dont 21 sont des cadrans solaires, destinée à fonctionner horizontalement et placée ensuite sur le mur vertical d'une bastide

La compréhension de la construction de cet ensemble complexe nous a demandé plus de deux années d'efforts, et il nous a semblé que nous avons maintenant assez de données pour les lecteurs de Cadran-Info, en espérant que les nombreuses énigmes subsistantes créeront des émules.

Cette étude a été réalisée avec l'aide précieuse de l'AHPT (Association de l'Histoire Populaire de Tourves) et surtout de son président Claude Arnaud qui, comme nous le verrons, a effectué sur place des mesures précises et réalisé les croquis remarquables qui illustrent ce texte.

## 2 – Description de la table

Il s'agit d'un ensemble gnomonique très original, et peut-être unique, gravé sur une pierre de forme octogonale et probablement peinte. La pierre très dégradée et fragile est fixée actuellement à plus de 6 m de haut sur le mur Sud d'une bastide quasi-abandonnée, à l'ombre d'un grand platane. La couche superficielle est très écaillée, mais on distingue de nombreuses inscriptions d'apparence gothique.

Un seul « style » rouillé est en place, mais nous verrons plus loin qu'il a dû être ajouté fautivement lors de la fixation verticale de la table. Tous les autres styles utiles, droits ou triangulaires ont aujourd'hui disparu.

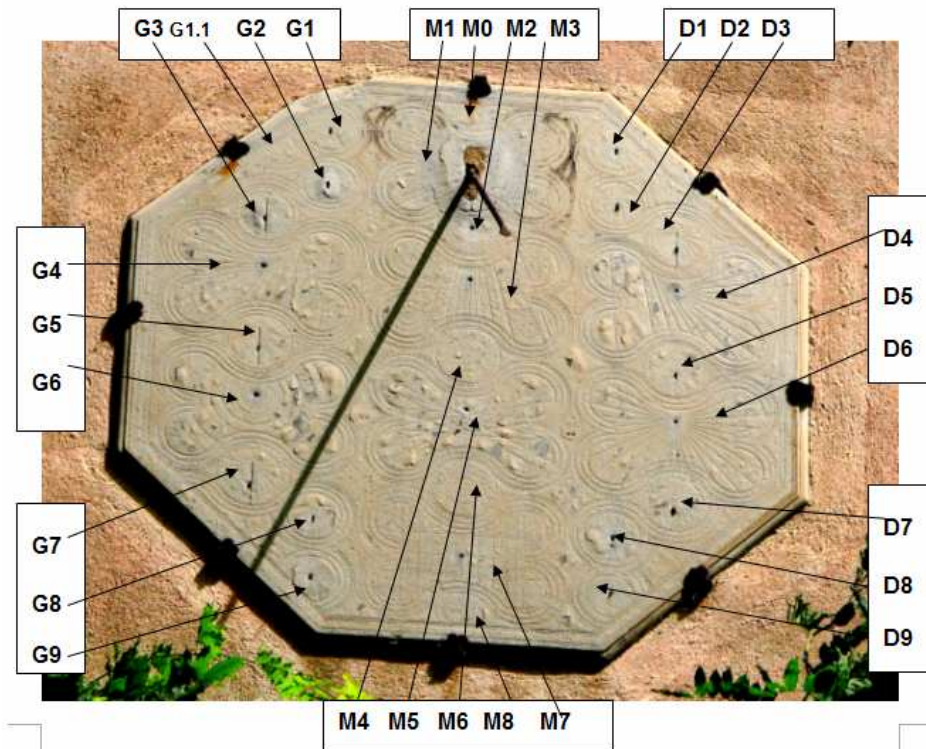
Ce grand plateau octogonal inscrit dans un cercle de 133cm de diamètre, comporte 28 motifs gravés et repérés à l'aide de pointillés. Parmi ces motifs, 21 sont des cadrans solaires de type différents disposés symétriquement par rapport à la droite médiane, 3 sont des abaques et 2 sont des blasons. Comme nous le verrons, plusieurs de ces cadrans avaient une vocation astrologique.

La bastide se trouve non loin de Tourves sur la commune de La Celle (Var) près de Brignoles, dans la propriété du « Château Saint-Julien » aujourd'hui domaine viticole. Les coordonnées relevées sont : N 43°23',692 – E 5°58',530 ( soit N 43°23'42'' et E 5°58'31'')

Ayant très rapidement établi que nous étions en présence d'une table devant fonctionner horizontalement, nous avons choisi de repérer les motifs pour un observateur placé face au sud en position de lecture des textes et graduations.

Les 28 motifs ont donc été repérés en trois zones de la façon suivante (voir figure ci-après): 10 motifs de gauche G1, G1.1 à G9 ; 9 motifs médians de M0 à M8 ; 9 motifs de droite de D1 à D9; 2 bordures : 1 bordure supérieure formée de 7 tronçons, et une bordure inférieure d'un tronçon.

### Repérage des motifs de la table de Saint-Julien



*nota : G1.1 est très dégradé et n'a pas de symétrie*

Il est intéressant de noter que tous les motifs de la table ont été marqués à l'aide de pointillés gravés qui occupent des positions précises dans la construction.

Dans les cadrans, ces pointillés encadrent symétriquement les lignes horaires, ce qui permet souvent de reconstituer les plus effacées. Ces pointillés encadrent aussi les textes.

Nous commencerons par présenter la bordure qui concerne l'ensemble de la table. La logique de construction des cadrans étant organisée autour des motifs circulaires, nous les aborderons donc dès le début, les autres motifs venant ensuite .

### 3- la bordure de la table :

#### 3-1 La bordure supérieure :

Nous nous sommes penchés de nombreuses fois sur cette bordure énigmatique.

L'idée qu'elle renferme une information a conduit à de très nombreuses observations et des traductions variées, mais en mars 2008 nous remarquons que l'on peut y lire une phrase en lisant les caractères depuis le centre de la table, dans le sens des aiguilles d'une montre.

Nous avons ainsi acquis plusieurs certitudes :

- 1 – Les 7 bordures supérieures renferment bien un texte qui se lit dans le sens horaire.
- 2- Les mots de ce texte comprennent des lettres quasiment équidistantes, tandis que chaque mot est séparé du suivant par un plus grand espace.
- 3 – Les pattes de fixation rouillées peuvent cacher des lettres qui avaient été gravées avant la fixation de la table verticalement.



A la suite de nombreuses lectures différentes, notamment au début de la phrase, nous avons fini par venir à bout de la totalité du texte, non sans une certaine exaltation .  
On a pu ainsi dresser le tableau suivant :

Bordure gauche	texte	Bordure droite	texte
bas	S V I S S	haut	N I V E R S
milieu	P A T I I S	Milieu	A S V B
haut	T R A N ( S )	bas	C O E L O
<b>Bsup</b>	(E) V N T V		

*Nota : les lettres qui se trouvent dans la partie endommagée sont entre parenthèses.*

Dès le début d'avril la lumière fut faite sur la phrase complète:

« **SUIS SPATIIS TRANSEUNT UNIVERSA SUB COELO** »

C'est la partie terminale de l'**Éclésiaste, chapitre III, verset 1.**(Version de la Vulgate)

On peut traduire cette phrase, qui sert de devise à la table, par:

« **Au temps déterminé, toutes choses passent sous les cieux** ».

### 3-2 La bordure inférieure :

Nous avons tout d'abord cru que cette bordure inférieure donnait une date de réalisation, mais après la découverte précédente et l'observation faites sur place par C.Arnaud, il est apparu qu'elle pouvait contenir la source de la phrase, ce qui s'est révélé exact. On peut donc maintenant lire « **ECCLe' III** », et l'on comprend pourquoi.

### **4- Les motifs circulaires :**

Il y a 18 motifs circulaires qui occupent des positions symétriques par rapport à la médiane, 14 sont des cadrans solaires .

Tous ont perdu leur style dont la hauteur ne dépassait pas quelques centimètres . Les fixations des jambes des styles ou des fixations de styles triangulaires sont toutes décentrées à mi hauteur sur la médiane des cadrans. Les motifs de gauche sont beaucoup plus dégradés que leurs homologues de droite, ce qui peut s'expliquer par les intempéries apportées par les vents d'Est dominants dans la région.

Toutes les lignes horaires convergent aux centres de ces cadrans.

Les chiffres donnés ci-après correspondent aux graduations lues sur la périphérie des cadrans dans le sens horaire, car c'est le sens de balayage de l'ombre sur cette table horizontale.

Ces cadrans comportent tous un titre mais pas de devise.

L'analyse et les textes partiellement décryptés grâce aux croquis, montrent qu'il faut considérer deux groupes :

- Le premier groupe se compose de quatre cadrans classiques à style polaire donnant l'heure solaire d'un lieu et disposés aux sommets d'un rectangle centré. Il s'agit de D3, G3, D7 et G7.
- Le deuxième groupe de dix cadrans répartis sur la périphérie se décompose en deux familles: la première indiquant des lieux ou il est MIDI local, et la deuxième ou il est MINUIT local. Ces dix cadrans sont D1, D2, D5, D8, D9, G1, G2, G5, G8 et G9.

Pour étudier ces cadrans, nous avons recalculé l'éventail horaire de chacun d'eux de façon à obtenir les longitudes correspondantes, donc les lieux pour lesquels ils avaient été établis.

### **4-1 Le premier groupe de cadrans circulaires :**

C'est un groupe très important de la table car il indique l'heure de quatre lieux symboliques.

#### **4-1-2 le cadran D3 :**

Il y a 17 lignes graduées : 4,5,6,7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6,7,8.. Les lignes 6 heures sont horizontales et perpendiculaires à la médiane qui correspond à la ligne de midi. Ce cadran est classique à style polaire triangulaire indiquant l'heure solaire du lieu .

L'analyse du tracé des quatre cadrans G3 et D3, puis D7 et G7 à l'aide de la méthode des tangentes, montre que leurs éventails horaires sont bien des projections gnomoniques classiques.



Le cadran D3

Ils indiquent donc l'heure solaire vraie d'un lieu.

Il reste à déterminer la latitude pour laquelle ces cadrans ont été construits.

Pour D3, est-ce celle de Saint-Julien ?

Après avoir corrigé les effets de perspective des clichés, la mesure des angles horaires tabulaires des lignes de 3H et 15H qui correspondent, comme on sait, à la meilleure précision, donne  $35^\circ$ . Or le calcul d'un cadran horizontal pour la même latitude que Saint-Julien donne  $34^\circ,48$ . (toujours en degrés décimaux). Compte tenu de la précision des mesures, il ne semble pas possible de mieux faire.

Ce qui est important, c'est que la même analyse conduite sur les croquis pris

sur place (non entachés de perspective) donne exactement les mêmes résultats. On peut donc conclure que le cadran D3 a bien été conçu pour Saint-Julien (ou une latitude très voisine).

De surcroît, on peut remarquer que sur ce cadran, les deux lignes de 6H sont parallèles à l'équatoriale, et que la ligne de 12H (perpendiculaire aux lignes de 6H) est parallèle à la méridienne du lieu. A ce stade de l'analyse, il n'y a donc pratiquement aucun doute sur le tracé de ce cadran.

Or, d'après les clichés récents, nous pouvons lire le début du titre de ce cadran : « **Juliens (Luc)** ». Ce qui confirme la précédente conclusion, sans pour autant donner une certitude.

#### 4-1-3 Le cadran G3 :

Sur le cliché de ce cadran et son croquis on voit 16 lignes que l'on peut repérer grâce aux points gravés bien visibles :

4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, (1, 2), 3, 4, 5, 6, 7.

En examinant les lignes de 6H, on s'aperçoit qu'elles ne sont pas parallèles à l'équatoriale. En fait, la graduation 12 est légèrement à gauche de la trace médiane qui supportait un style triangulaire avec un décalage en retard de 15' environ. Toutes les lignes horaires ont subi une rotation équivalente, ce qui donne un éventail horaire très voisin de D3 mais avec une légère rotation dans le sens négatif. Ce décalage est confirmé en redressant les clichés et en calquant l'éventail pour le comparer à D3. On en conclut que G3 indique l'heure d'un point situé à une longitude située entre  $-3^\circ$  et  $-4^\circ$  environ par rapport à la table. Tout ceci est confirmé sur le croquis de G3.

Le nom qui figure en haut comporte 6 lettres, et s'avère être: **PARI(G)I**. Il doit donc s'agir d'un cadran indiquant l'heure solaire de PARIS.

#### 4-1-4 le cadran D7 :

Sur ce cadran, il y a 16 lignes horaires graduées : (5), 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 1, 2, (3), 4, 5, 6, 7, (8).. Les lignes 6 heures sont inclinées sur l'équatoriale, les lignes 5,6 ,7 et 8 sont alignées. Les lignes 2h et 3h sont ténues.

L'inscription centrale supérieure est : « **ROMA** ».

Ce cadran à style polaire indique donc l'heure solaire de Rome et comporte des lignes avant 6H et après 18H ce qui confirme à nouveau le fonctionnement horizontal.

Comme sur G7, les lignes de 6 heures ne sont pas parallèles à l'équatoriale. Cette fois, elles sont inclinées vers l'Est de quelques degrés. Après rotation pour rendre les lignes 6H horizontales sur le cliché, remise à l'échelle en corrigeant la perspective verticale pour obtenir un cercle circonscrit et la perspective horizontale pour avoir un angle de 90° entre la ligne de 6H et celle de 12H , les lignes de 6H font un angle de -7° environ avec l'équatoriale, tandis que l'on mesure environ -6° entre la méridienne et la ligne de 12H . L'inclinaison observée est donc sensiblement symétrique de G7. Ces angles correspondent à un cadran horizontal situé à une longitude Est située entre 12 et 13°, ce qui confirme « ROMA » qui se trouve à une longitude est de 12°30' environ de Saint-Julien.

#### 4-1-5 le cadran G7 :

Il y a 15 lignes horaires graduées : (8),9,10,11,12,1,2,(3),4,5,6,7,8,9,10. Les lignes de 6 heures ne sont pas parallèles à l'équatoriale, la ligne 12h est décalée de 2H30 environ en avance sur la médiane (la mesure donne un angle de +7°15' environ entre la médiane et cette ligne de 12H) et les lignes horaires ont subi une rotation équivalente.

Il faut donc chercher un point à l'Est ayant environ 2H30 d'avance sur Saint-Julien. Malgré l'imprécision des mesures, et surtout celle du méridien d'origine considéré, tous les angles correspondent à un cadran horizontal situé à une longitude Est de 43°30' environ par rapport à Greenwich. Ceci nous oriente nettement vers le Moyen Orient , mais où ?

C'est alors qu'il nous faut faire un détour par l'historique du méridien d'origine et des longitudes (voir l'encadré):

#### Petite histoire du Méridien d'origine

*Ce rappel historique s'avèrera utile car ces valeurs constituent un indice important pour évaluer la date de réalisation de la table.*

- *En 1466 Donnus introduit les Açores pour la première fois sur une carte géographique*
- *En 1497, le navigateur génois Giovanni Caboto découvre que le compas magnétique perd sa fiabilité au delà des Açores. Il découvre aussi Terre-Neuve.*
- *En 1498 Christophe Colomb constate aussi le changement de déclinaison magnétique aux Açores. Il situe le premier méridien à l'ouest des Açores, d'autres le font passer par les îles du Cap-Vert et d'autres par les îles de Corvo , les plus occidentales des Açores. C'est aussi le cas de G de Jode en 1578*
- *Entre 1570 et 1590, Gérard Mercator calcule toutes les longitudes à partir de l'île Sao Miguel qui est la plus orientale des Açores*
- *En fait, ces îles des Açores de latitude moyenne 38°30' s'étendent sur 6° environ comme le montre la table ci-après :*

Îles Des Açores	Longitude/ Greenwich
Corvo	-31°
Graciera	-28°
Santa Maria	-25°
Sao Miguel	-25°

*Comme les incertitudes sur les mesures sont grandes, il peut donc y avoir un décalage horaire de près d'une demi-heure sur les positions répertoriées à cette époque.*

*C'est le 24 avril 1634 que Louis XIII a signé une ordonnance fixant l'origine des longitudes à l'Île de Fer (El Hierro) située (autoritairement) à 20° ouest de Paris. Cette île est située à l'ouest de l'archipel des Canaries qui s'appelaient dans les temps plus anciens : les îles Fortunées. En fait, même après cette ordonnance, plusieurs valeurs de longitudes peuvent être citées pour un point donné car le méridien d'origine ne correspondait pas exactement à l'île de Fer :*

*Géographie du Moyen-Âge : de Joachim Lelewel. Des observations plus précises du 17<sup>e</sup> siècle donnent Paris à 20°30', mais il signale des différences de 10° sur les cartes marines de l'époque.*

*1653 Pierre de Sainte Marie Magdelaine, dans son traité d'horlogiographie, situe encore Paris à 23°30' de l'île de Fer.*

*1742 Le Monnier (membre de l'académie des sciences et auteur de la méridienne de Saint-Sulpice à Paris) place l'Île de Fer à 20°2'30'' W de Paris.*

*Greenwich 1884 (official. definition) : 17°40', est le point qui a été voté à la réunion internationale de Washington, malgré le vote négatif de la France. Notre pays n'adopta cette nouvelle origine qu'en 1911.*

*1890 – Sur le système de longitude de Th Albrecht, l'île de Fer est située à 17°39'46''*

*Google Earth en 2008: Île de El Hierro située entre 18°9'39'' et 17°53'53'' de longitude et 28° Nord de latitude, ce qui montre encore une certaine marge d'erreur.*

*Rappelons les coordonnées de Paris : 2°20' E et 48°50N, ce qui met le méridien de l'île de Fer à 20° W de Paris.*

Il faut donc se rappeler que cette table de Saint-Julien servait certainement avant 1800 et la référence des longitudes devait donc être soit dans l'île de Fer, soit dans les Açores. Le tableau ci-dessous résume la situation :

lieu	Auteur	année	Longitude ancienne	L/Greenwich
Île San Miguel(Açores)	G.Mercator	1537	25°	
Jérusalem	G.Mercator	1537	67°15'	42°15'
Île de Fer	Marie Magdelaine	1653	21°	
Jérusalem	Marie Magdelaine	1653	66°	45°
Île de Fer	Bedos de Celles	1760	17°40'	
Jérusalem	Bedos de Celles	1760	53°	35°20'
Jérusalem	Atlas	1997		35°12'

Donc la vraie longitude de Jérusalem ne fut connue que vers le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, et il y a tout lieu de penser que le cadran G7, décalé de 43°30', devait indiquer l'heure de cette ville avec une longitude correspondant à celle connue au milieu du XVII<sup>e</sup> siècle.

**Jérusalem** est donc un très bon candidat . Muni de cette information, et après un nouvel examen du titre du cadran, nous finissons par décrypter un mot complet qui se confirme être « **Hierusalem** » sur les derniers clichés. Nous verrons que ceci est à rapprocher d'une ville figurant sur M7 : Hierusalem (latitude 32°), cette orthographe correspondant à celle utilisée sur les cartes autour de 1578.

Ce cadran donne donc l'heure de Jérusalem ce qui est parfaitement cohérent avec les trois autres. Le caractère religieux de cette table est évident. On verra d'ailleurs plus loin que cette caractéristique apparaît dans les deux blasons circulaires M8 et M4.

**Conclusion** : les quatre cadrans du premier groupe avaient un style polaire et indiquaient l'heure solaire des lieux suivants : **D3 : Saint-Julien ; G3 : Paris; D7 : Rome; G7 : Jérusalem.**

#### 4-2 Le deuxième groupe de cadrans circulaires :

Chaque ligne horaire de ces cadrans est annotée et correspond à des longitudes différentes. Ces longitudes ont été calculées soit pour les points à midi, soit pour ceux à minuit, par rapport à la longitude de la table.

Nous avons rapproché les valeurs calculées de celles lues sur la périphérie des cadrans afin de déterminer la nature des graduations ainsi que la date probable de réalisation de la table. Bien que l'analyse ait commencé sur les cadrans possédant les inscriptions les plus lisibles comme D2 puis D5, nous débiterons ici chronologiquement :

#### 4-2-1 Le deuxième groupe de droite :

##### 4-2-1-1 le cadran D1 :

Ce cadran possède 8 lignes horaires, car la 6<sup>ème</sup> est effacée mais numérotée. Chaque ligne horaire de ce cadran indique des régions ou il est MIDI local, l'inscription reconstituée et confirmée de la bordure supérieure étant: « **Meridianos** ».

Les graduations de la périphérie sont difficiles à lire : (80), (61), 42,...(342), (316) Seule la graduation 42 est lisible sur la 3<sup>ème</sup> ligne, toutes ces graduations correspondent à une longitude comptée à partir de l'île de Fer.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de ces longitudes lues sur la périphérie et calculées, ainsi que les régions probables concernées :

N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	possible
1	7 :30		91	73,2		Népal
2						
3	8 :15	(80)	80	62		Pakistan
4	9 :32	(61)	60	42,7		Russie
5	10 :50	42	41	23,2		Grèce
6	12 :55		10	-8		Irlande
7	14 :45	(342)	342	-35,5		Groenland
8	16 :30	(316)	316	-61,8	.....u(a)	Guyana

##### 4-2-1-2 le cadran D2 :

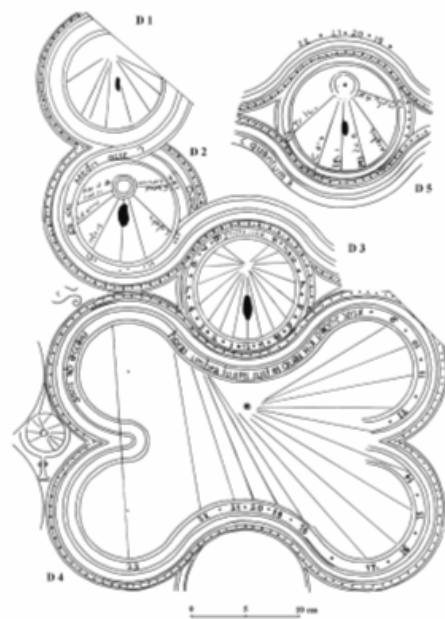
L'inscription située en haut de ce cadran est clairement :

« **Media nocte** ».

Il faut donc s'attendre qu'il indique différents lieux à Minuit local. Il possède 7 lignes graduées : 294,261,225,204,167, 142,127.

Le calcul confirme complètement la vocation de ce cadran en accord avec celle des autres de cette famille. En effet, le tableau suivant permet de comparer les longitudes lues à celles calculées par rapport à l'île de Fer. Il donne des résultats parfaitement cohérents et l'on peut deviner les régions concernées par la prise en compte des lettres lisibles sur la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> ligne.

Croquis des cadrans circulaires situés en haut à droite ▶



N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	possible
1	6 :00	294	293	-84,3	Sal...r	Salvador
2	8 :20	261	258	-119,3	Ca...e	Canada
3	10 :35	225	225	-153,0		Alaska
4	12 :30	204	196	178,2		Nlle Calédonie
5	14 :30	167	166	148,2		Guinée
6	16 :15	142	140	122,0		Zizhiou
7	17 :10	127	126	108,2		3 mots ?

Il est frappant de voir que les nombres lus correspondent exactement aux résultats du calcul dès lors que l'on considère que l'origine des longitudes est située sur l'île de Fer dans les Canaries et non pas aux Açores. En effet, lorsqu'on prend les Açores, on obtient des heures trop décalées par rapport aux longitudes lues. Par exemple, il serait environ 5H25 pour la longitude marquée 294 au lieu de 6H, et ce décalage serait visible sur le cadran.

Nous avons donc ici un résultat important :

Les cadrans circulaires du 2<sup>ème</sup> groupe indiquent des longitudes par rapport à l'île de Fer, ce qui nous oriente vers le milieu du XVII<sup>ème</sup> siècle pour la date de réalisation de cette table de Saint-Julien. Ce point est confirmé par l'étude des autres cadrans.

#### 4-2-1-3 Le cadran D5 :

Ce cadran possède 6 lignes horaires. Chaque ligne horaire indique des régions où il est MIDI local, l'inscription reconstituée de la bordure supérieure étant : « **Meridianos** ». Les graduations de la périphérie sont difficilement lisibles : 1(01),(66),(45),(16),1,321. mais on voit très bien le mot « **Arabia** » sur la 2<sup>ème</sup> ligne.

Seules les graduations 321 et 1 apparaissent sur les deux dernières lignes, et il se confirme qu'elles correspondent à des longitudes comptées à partir de l'île de Fer.

Le tableau ci-après donne les valeurs de longitude lues sur la périphérie et calculées, ainsi que les régions probables concernées :

N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	possible
1	6 :50	1(01)	101	83,2	Ca...ir	Cachemire
2	9 :10	(66)	66	48,2	Arabia	Arabie
3	10 :40	(45)	43	25,7	M....	Moldavie
4	12 :30	(16)	16	-1,6		France
5	13 :35	1	360	-18,0	Ca....	Canaries
6	16 :10	321	321	-56,8	.....am	Surinam

Cette fois, c'est la ligne n°2 qui est parfaitement confirmée, tant par le nom « Arabia » que par la longitude.

#### 4-2-1-4 Le cadran D8 :

L'inscription située en haut de ce cadran est clairement : « **Media nocte** ». Il faut donc s'attendre qu'il indique différents lieux à Minuit local. Il possède 8 lignes graduées : ?, ?, 236, 220, ?, 180, 160, (131). Les résultats des calculs apparaissent dans le tableau ci-après :

N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	possible
1	6 :40		283	-94,3		Louisiane ?
2	8 :00		263	-114,3		Californie ?
3	9 :50	236	236	-141,8		
4	10 :55	220	220	-158,0		Polynésie ?
5	13 :00		188	170,7		
6	13 :40	180	178	160,7		
7	14 :55	160	160	142,0		Japon
8	16 :50	(131)	131	113,2	C....	Chine(Pékin)

Encore ici, nous constatons la parfaite concordance des gravures lisibles du cadran avec le résultat des calculs. Par contre, il est regrettable que l'on ne puisse déchiffrer un seul nom sur les lignes horaires.

#### 4-2-1-5 Le cadran D9 :

L'inscription supérieure de ce cadran ne fait aucun doute, c'est : « **Meridianos** ». Cela sera confirmé par l'analyse, il s'agit donc d'un cadran indiquant des lieux au Midi local. Malheureusement, on ne peut parvenir à deviner les graduations, excepté la dernière qui est la seule comportant trois chiffres: (317)

Il y a quatre lignes graduées : ?, ? , ?, (317). Sur cliché, la dernière ligne horaire semble débiter par : « **Bon(e)..** » ou « **Don(e)..** ». La troisième par « **M(a)...** » ou « **N(a)...** »

Voici le tableau de calculs et d'analyse de ce cadran :

N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	possible
1	8 :30		76	58,2		
2	11 :00		38	20,7		
3	13 :30		1	-16,8	<b>M...</b>	Mauritanie
4	16 :30	(317)	316	-61,8	<b>Don...</b>	Dominico (Antilles)

Il s'agit donc bien d'un cadran indiquant des lieux ou il est Midi local.

#### 4-2-2 Le 2<sup>ème</sup> groupe de gauche

Ces cadrans suivent pratiquement la même logique que ceux de droite, mais l'analyse est compliquée par le fait qu'ils sont beaucoup plus dégradés .

##### 4-2-2-1 Le cadran G1 :

Le titre n'est pas très lisible, mais par analogie avec D1, ce cadran indique les lieux ou il est Midi. Il y a 6 graduations qui sont : ?,2,51,93,99, ?. La première graduation est 99 et une autre ligne est visible à la fin vers 16H. Tableau d'analyse :

N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	possible
1	6 :50	99	101	83,2	?	
2	7 :25	(93)	92	74,5	?	
3	10 :10	(51)	51	33 ,2	?	
4	13 :25	(2)	2	-15,5	?	
5	15 :30		316	-46,8	?	
6	16 :00	?			?	

Toujours sur le cliché on devine le titre : « **Meridianos** »

##### 4-2-2-2 Le motif G1.1 :

Cette partie qui est triangulaire curviligne n'a pas son symétrique comme les autres motifs. On y distingue un trou central et 10 pointillés inférieurs encadrant 9 autres pointillés plus petits, mais les gravures sont malheureusement effacées.

*Contenait-il une signature ?*

##### 4-2-2-3 Le cadran G2 :

L'inscription supérieure est : « **Media nocte** ». Il y a 9 lignes et les graduations sont presque effacées : (291), (280), ?, (250), (225), ?, ?, ?, ?..

N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	possible
1	6 :15	(291)	290	-88,0		
2	6 :55	(280)	280	-98,0		
3	7 :40		268	-109,3		
4	8 :50	(250)	251	-126,3		
5	10:35	(225)	225	-153,0		

6	14 :25		167	149,5		
7	15 :15		155	137,0		
8	16 :15		140	122,0		
9	17 :25		122	104,5		

Cette fois encore, on remarque la parfaite concordance des lignes marquées 225, 250, 280 et 291. Ce cadran indique bien des points où il est Minuit.

#### 4-2-2-4 Le cadran G5 :

Le titre de ce cadran est difficilement lisible, cependant, grâce aux résultats de calcul des lignes horaires et à un cliché récent, on peut lire : « **Meridianos** ». Il y a 7 lignes horaires : 3 à gauche de la médiane et 3 à droite. Les gravures sont illisibles, mais on devine une ligne marquée (24) proche de la médiane.

N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	possible
1	6 :50	1...	101	83,2		
2	8 :20		78	60,7		
3	10:05		52	34,5		
4	12 :00	(24)	23	5,7		
5	13 :10		6	-11,8		
6	14 :45		342	-35,5		
7	15 :45		327	-50,5		

Les deux vestiges de graduations correspondent bien aux valeurs calculées.

#### 4-2-2-5 Le cadran G8 :

Cette fois, on peut lire : « **MEDIA NOCTE** ». Il y a 6 lignes horaires dont une horizontale à droite. On devine certaines graduations : ?, ?, (216),(172) ?, (127). Les inscriptions des lignes sont illisibles.

N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	Possible
1	6 :15		290	-88,0		
2	9:00		248	-129,3		
3	11 :10	(216)	216	-151,8		
4	14 :00	(172)	173	155,7		
5	15 :25		152	134,5		
6	17 :05	(127)	127	109,5		

On remarquera la concordance des graduations, le calcul ayant été fait pour Minuit.

#### 4-2-2-6 Le cadran G9 :

L'inscription supérieure de ce cadran est : « **Meridianos** ». On s'attend donc à trouver des lieux dont l'heure est Midi. Eh bien non ! Heureusement, que les graduations 225 et 263 sont lisibles sur la périphérie du cliché, car le calcul des quatre lignes de ce cadran pour l'heure de Midi ne concorde absolument pas.

Ceci nous a conduit à refaire ce calcul avec un décalage horaire de 12H, c'est à dire pour des lieux où il est Minuit. Cela donne les résultats suivants :

cadran G9 ▶





N° ligne	Heure	Graduation	Calcul	L/Greenwich	Texte lu	reconstitué
1	8 :00	263	263	-114,3		Californie ?
2	9 :00		248	-129,3		
3	10 :30	225	226	-151,8		Alaska ?
4	12 :30		196	178,2		

Compte tenu des deux concordances de longitude, il faut en conclure que ce cadran comporte une erreur dans son titre. En effet, on peut facilement supposer que l’auteur a gravé les titres avant de tracer les lignes horaires, mais que les lignes correspondant à Minuit étaient probablement plus nombreuses qu’il ne l’escomptait...à moins que cette anomalie ait été faite sciemment !

## 5- Les motifs circulaires centraux

### 5-1 Le motif M0 :

Ce motif représente un soleil rayonnant au dessus de M1, inscrit dans un cercle interne de 28 pointillés réguliers et symétriques.

*Ces rayons correspondraient-ils à des lignes horaires ?*

Ils convergent vers le centre de ce soleil à partir de points situés sur le cercle interne, tandis qu’un rayon sur deux aboutit à 10 points situés sur un cercle périphérique. Il y a donc 10 rayons aboutissant aux points externes et 9 rayons intermédiaires.



Les motifs M0 et M1

Comme le cercle interne comporte 28 points régulièrement espacés symétriquement, on peut en conclure qu’il s’agit là d’un motif décoratif.(voir le dessin réalisé pour M1)

*Peut-être, ce soleil stylisé correspond-il à une caractéristique de l’auteur ?*

### 5-2 Le motif M2 :

Voici une vue qui donne un aperçu de ce motif très dégradé :



Le motif M2

Ce motif circulaire comporte trois cercles concentriques autour d’un trou central. La couronne médiane comporte 24 points régulièrement espacés et numérotés. Le demi-cercle inférieur est numéroté: 6,7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,(6) et l’on peut supposer que la graduation devait continuer sur le demi-cercle supérieur.

La couronne externe comporte 30 points régulièrement espacés et numérotés. Le demi-cercle inférieur est numéroté : (7), (8), (9), 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, (18), (19), (20), (21) et l’on peut supposer que la graduation se poursuit aussi sur le demi-cercle supérieur.

Nota : rappelons ici que les nombres entre parenthèses sont extrapolés.

En se servant des points gravés sur la périphérie, il est possible de positionner les graduations par rapport à la ligne médiane. On s'aperçoit alors que les deux graduations sont décalées l'une par rapport à l'autre comme le montre la figure ci-après.

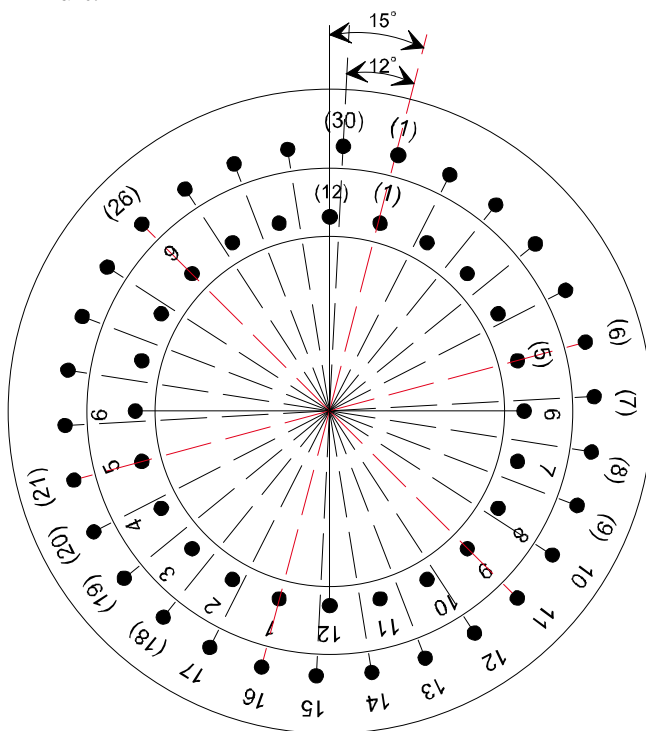
Sur la couronne de 24 heures, les points espacés de 15° sont disposés symétriquement par rapport à la médiane en partant du haut ou du bas gradués 12.

Par contre, sur la couronne externe, les 30 points espacés de 12° sont décalés de 3° dans le sens rétrograde par rapport à la médiane.

Ainsi, puisque  $30 \times 12 = 24 \times 15 \text{ mod } (360)$  nous avons les coïncidences suivantes, tous les 60° (lignes avec tirets rouges): (1)-(1) ; 6-(5) ; 11-9 ; 16-1 ; (21)-5 ; (26)-(9).

Analyse de M2 :

Les 24 points internes doivent donner les heures de la journée, graduées de 1 à 12 pour le matin et pour le soir. Par cohérence avec les cadrans de la table, on peut légitimement supposer que le 12 inférieur correspond au midi local, tandis que le 12 supérieur correspond à minuit.



Les 30 points externes sont presque sûrement les jours de la lunaison gradués de 1 à 30 de 12° en 12°. Cette graduation commence, comme c'est l'usage, à la Nouvelle Lune (NL) et la graduation 15 correspond à la Pleine Lune (PL). Le décalage très net entre les graduations des deux couronnes nous a fait réfléchir sur plusieurs hypothèses.

Comme ce motif ressemble à celui du musée de Vannes, on peut légitimement penser qu'il s'agit d'un convertisseur lunaire qui permettait d'obtenir l'heure solaire au clair de lune.

Ce convertisseur était muni d'un disque central pivotant autour de l'axe et muni d'une flèche. On faisait coïncider l'heure lue la nuit sur D3

avec l'origine située sur la médiane (entre 15 et 29) et l'heure solaire correspondante se lisait en face du jour lunaire. (pouvant être donné par D6). Cet abaque indique donc (tout simplement !) les écarts horaires entre les heures de la Lune lues sur un cadran solaire, et l'heure solaire vraie.

Par exemple, lorsque l'âge de la Lune est de 12 ou 27 jours il faudra ajouter 10H à l'heure lue sur le cadran D3.

Le décalage observé de 3° permet d'ajouter les « 48 minutes classiques » lorsque l'âge de la Lune est égal à 1 jour. Ce chiffre apparaît dans nombre d'ouvrages anciens et correspond davantage aux usages des 16 et 17<sup>e</sup> siècles.

En fait, les astronomes connaissaient bien les irrégularités du mouvement de la Lune (notamment Tycho Brahé et même Ptolémée), mais il était naturellement bien plus simple pour les gnomonistes et d'autres de prendre le mouvement moyen.

Lorsqu'il était possible de lire l'heure sur D3 la nuit, il suffisait de déterminer l'âge de la Lune par M6, puis l'heure solaire par M2. Si alidade il y avait, on peut aussi penser qu'elle était constituée d'une simple règle rotative enfilée sur l'axe central et dont un côté passait par cet axe, similaire à celle des astrolabes.

### 5-3 Le motif M4 :

Il s'agit d'un blason placé au centre d'une étoile à 28 branches. Il y a 28 trous sur la circonférence et un au centre. Chaque branche de l'étoile pointe entre deux trous. Le blason pointe en bas, est malheureusement effacé, mais on distingue une ligne médiane et une perpendiculaire. En traitant le cliché on distingue une épée ou plutôt une croix qui dépasse largement du blason et dont la traverse horizontale qui se situe assez haut est très estompée. Cette traverse a une position symétrique du trou par rapport au bord supérieur.

*Mais alors : A quoi sert le trou central ?*

En blasonnant ce blason on pourrait sans doute donner des informations sur le cadranier et son commanditaire...

Pour information, les archevêques du XV<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle ornaient l'arrière de leurs blasons d'une croix verticale, dite processionnaire, qui dépassait à la base du blason. Cette croix possédait :

- 1 traverse dans le cas d'un archevêque ou d'un abbé non mitré
- 2 traverses dans le cas d'un archevêque Primat ou Légat

Dans un premier temps nous croyons distinguer une traverse sensiblement au tiers de l'espace séparant le bord supérieur du haut de la croix, puis nous pensons qu'une deuxième traverse plus petite existait au dessus de la précédente. Il pourrait donc s'agir des armes d'un Archevêque Primat ou Légat.... Cependant, de tels personnages portaient aussi un chapeau spécifique( couleur et nombre de glands) au dessus de la croix.

Le blason possède une ligne verticale au niveau du trou ainsi qu'un segment horizontal situé plus bas à droite de la médiane. Ce petit rectangle semble bien renfermer un dessin illisible.

Après avoir isolé la zone du motif et encadré en pointillé la zone où l'on voit la croix en agrandissant fortement le cliché et en augmentant le contraste, nous devinons qu'il s'agit d'une croix de hauteur similaire à celle du blason et dont le haut est proche du cercle intérieur. Sa traverse horizontale principale se situe sensiblement en position symétrique du trou central par rapport au bord supérieur du blason.



L'écu M4

On voit que la traverse supérieure serait sensiblement au tiers de l'espace séparant le bord supérieur du haut de la croix, tandis que la traverse inférieure serait au quart de la hauteur.

Il pourrait donc s'agir des armes d'un Archevêque Primat ou Légat.... Le trou correspondrait au centre des cercles. Au pied de la croix, sur la bordure supérieure du blason, on voit une zone floue ovale, comme si cette croix était plantée sur un terre-plein.

Un petit segment vertical pourrait dépasser de la pointe basse du blason mais la limite inférieure de cette croix pourrait aussi bien se situer au niveau du « terre-plein ».

La croix est alignée à gauche de la médiane et l'on distingue un cercle en haut à droite.

Sous la barre horizontale de la croix, à gauche, on distingue nettement trois trous disposés en arc de cercle qui pourraient faire partie d'une couronne.

*Serait-ce une demi-couronne ? ou tout simplement le résultat de dégradations ?*

En l'état des observations, l'écu serait à blasonner ainsi : « Parti. Au premier, de \*\*\* au chef de \*\*\*. Au second, de \*\*\* à la fasce de \*\*\* » . On ne distingue aucun meuble dans

les cinq zones de l'écu. Or un archevêque d'Aix en Provence, Gaspard de Vintimille du Luc a été archevêque d'Aix de 1708 à 1729(ensuite il fut nommé à Paris). Les premières armes de cette famille sont tout simplement : De gueules au chef d'or.

Les deux zones sont vides de tout meuble et cela pourrait correspondre, sur le cadran, au côté gauche (dextre) du parti. Pour le côté senestre (à droite) il faut chercher, notamment dans les armes des archevêques d'Aix et celles des couvents de Minimes (cf M9) en Provence. Peu de couvents, sans doute, utilisaient d'autres armes que celles de l'Ordre. Il se peut que des meubles ne soient plus visibles en raison de la dégradation de la pierre.

#### 5-4 le motif M6 :

Ce motif (voir cliché ci-après) est constitué de trois couronnes circulaires concentriques divisées en 15 secteurs égaux.

La couronne extérieure est graduée 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, toujours dans le sens horaire, en commençant en bas sur la médiane. La couronne intérieure est graduée 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1. avec la même origine. On remarque que les deux graduations tournent en sens inverse et que le 15<sup>ème</sup> jour des deux couronnes se trouve dans le même secteur.



M6 : Un calendrier lunaire

doute au 1<sup>er</sup> et au 29<sup>ème</sup> jour, et les Premier et Dernier Quartiers se situent donc vers le milieu des 8<sup>ème</sup> et 22<sup>ème</sup> secteurs, la Pleine Lune se situant dans les 15<sup>ème</sup> secteurs.

Comme le sens des graduations change au 15<sup>ème</sup> secteur, cela correspond à l'inversion des phases de la PL vers la NL.

Cette « astuce » permet de graduer le cercle de 1 à 29 ( et non pas de 1 à 30). Cette disposition n'est sûrement pas due au hasard, car elle permet de mettre en évidence les couples 15&15, 14&16, ..., 8&22, ..., 3&27, 2&28, 1&29. qui correspondent à des phases complémentaires de la Lune.

On a donc affaire ici à un calendrier lunaire fondé sur une lunaison. Or nous savons aujourd'hui que cette lunaison, ou mois lunaire vaut environ 29,53 jours solaires (voir encadré) et non 30j comme le prenaient habituellement les gnomonistes avant le 19<sup>è</sup> siècle.

La Nouvelle Lune correspond sans

Petit retour sur les lunaisons: La révolution synodique (ou lunaison) est l'intervalle moyen de temps entre deux conjonctions successives de la Lune avec le Soleil; On sait aujourd'hui qu'elle vaut 29j 12h 44m 3s, soit 29,5305881 . En raison des grandes inégalités du mouvement de la Lune cette lunaison peut varier de 29j 7h à 29j 20h. A notre connaissance, la majorité des convertisseurs lunaires connus, sont divisés en 30 jours de 24 heures, mais ici l'auteur a divisé les 2 cercles en 15 phases (en superposant les 15<sup>è</sup> phases), ce qui lui permet d'avoir un cercle horaire mobile divisé en 12heures de nuit et donc avoir deux fois plus de précision sur une lunaison variant de 29 à 30 jours.

Le centre abrite le dessin d'un croissant lunaire situé sur la gauche d'un Soleil stylisé, avec deux yeux, un nez et une bouche (Soleil humanisé).

Une observation récente nous a permis de distinguer les signes de la couronne centrale ; ce sont des nombres allant de 1 à 12 qui sont suivis ou non d'un signe + . Il devient donc de plus en plus clair que cette couronne centrale permettait de déterminer grossièrement

l'âge de la Lune à l'aide d'une graduation allant de 1 à 12, le signe + devant indiquer des nombre arrondis. En effet, on peut compléter la table précédente avec les phases : NL : Nouvelle Lune ; C : Croissant du soir/matin; Q : 1<sup>er</sup> ou dernier Quartier ; PL : Pleine Lune.

**Sens anti-horaire**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
NL			C			Q			3/4L					PL
+	1+	?	3+	(4)	4?	5+	6+	7+	8	8+	9+	10+	11+	12
29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15

**Sens horaire**

Nous avons adopté ici une numérotation des cases lisible verticalement, cependant il faut remarquer que les numéros des cases 5-25, 6-24,7-23 , 8-22 et 9-21 ont été retournés de façon à lire les chiffres à l'endroit en tournant sur la couronne. Il en est de même des cases 11-19, 12-18,13-17, et 14-16.

Comme les deux couronnes externes sont divisées en 15, la couronne centrale donne une partition qui permet d'estimer les phases de la Lune par un nombre décimal allant de 0 à 12. On voit en effet dans le tableau ci-dessous que les nombres trouvés en multipliant par le facteur  $12/15 = 0,8$  correspondent bien à ceux trouvés sur la couronne centrale :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8	9,6	10,4	11,2	12
0+	1+	2+	3+	4	4+	5+	6+	7+	8	8+	9+	10+	11+	12

Il est donc probable que l'opérateur disposait d'une règle graduée de 0 à 12 qu'il tenait à bout de bras pour estimer la largeur de la partie visible de la Lune.

**5-5 le motif M8**

Ce motif circulaire est un blason (voir cliché ci-après)

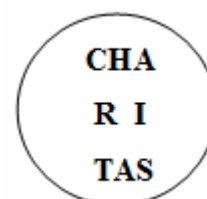


Il comporte 16 points gravés sur la circonférence et l'on distingue cinq rayons régulièrement espacés entre les quatre points du quadrant du haut à gauche. Il y a une inscription au centre inscrite dans le plus petit cercle :

Il n'y a aucun doute sur ce motif: c'est le blason de l'Ordre des Minimes déjà rencontré à Rome( Palais Spada et église du couvent de la Trinité des Monts). Les Minimes portent le mot CHARITAS, divisé en trois syllabes mises l'une sur l'autre, ils l'enferment d'ordinaire dans une ovale rayonnante...

Ainsi, nous confirmons l'inscription (voir ci-contre) , ainsi que les rayons alternativement ondés et sagittés sur la périphérie. Après de longues recherches, M8 avait enfin parlé !

Cette table est donc l'œuvre d'un Minime qu'il faut identifier.



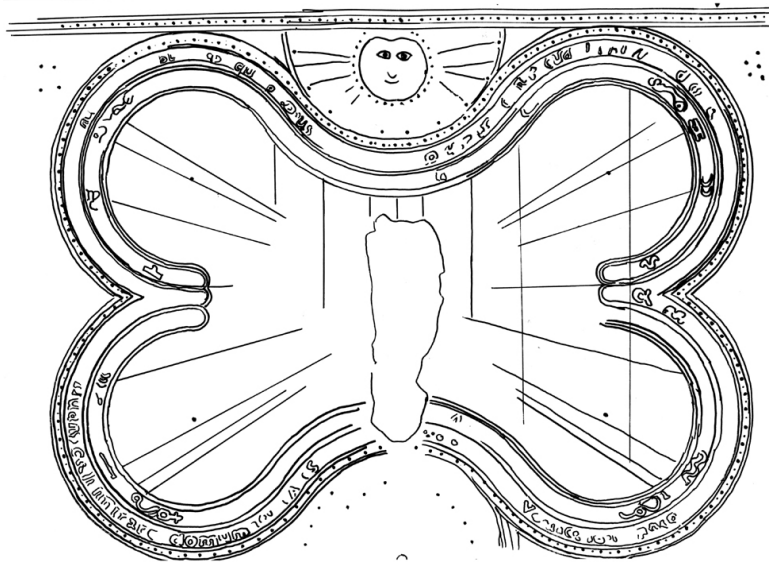
Nous estimons que, là où il est placé, ce blason est une simple signature tandis que celui de M4, à la place d'honneur, au centre de la composition, est très probablement celui du commanditaire.

## 6- Les grands motifs-trèfles :

Il s'agit de 8 grands motifs ayant des encadrements courbes en forme de trèfle à quatre lobes. Parmi ces 8 motifs (G4, G6, M1, M3, M5, M7, D4 et D6), c'est dans M1 qu'est enfilé un style rouillé et 5 sont des cadrans solaires possédant des lignes horaires spécifiques. G6 et D6 sont des cadrans de hauteur et d'azimut, tandis que le motif M7 est un abaque.

### 6-1 Le cadran M1 (voir le cliché de M0 et M1 ci dessus):

C'est un cadran ne comportant que les 7 arcs diurnes de déclinaison. L'implantation d'une tige de fer fautive a malheureusement détruit le centre. Il devait être pourvu d'un style droit ou polaire placé sur la médiane, un peu au dessus de l'hyperbole d'été. Ce cadran n'était pas assez précis pour déterminer la date du jour, cependant il donnait la phase annuelle dans laquelle on se trouvait par rapport aux équinoxes et aux solstices.



Le cadran M1

Les signes du zodiaque apparaissent dans la bordure des lobes, à chaque extrémité des courbes de dates, dans l'ordre (de haut en bas, de gauche à droite):

Cancer – Cancer(♋);  
 (Lion-♌)–Gémeaux(♊);  
 Vierge(♍)–Taureau(♉);  
 Balance(♎)–Bélier(♈);  
 Scorpion(♏)–Poisson(♓);  
 Sagittaire(♐)–Verseau(♑);  
 Capricorne–Capricorne(♑)  
 très allongé.

Sur le croquis ci-contre, on ne voit que les extrémités des courbes. C'est

pour cette raison qu'elles apparaissent comme des demi-droites. En fait, en poussant le contraste du cliché, on arrive à voir les hyperboles près du centre, surtout dans la partie basse.

En réalisant les relevés, C Arnaud a remarqué les deux motifs pointillés situés de part et d'autre de M1 et qui font penser à des constellations. Compte tenu de leur configuration, il pourrait s'agir des Pléiades à droite et de Hercule à gauche, ces deux constellations étant opposées sur la voûte céleste. Dans la bordure nous déchiffrons difficilement certains mots : en haut à gauche: « ...**(indicat) ub.....que phaebus** » puis à droite : « **(dc.....cud) ????nic** » en bas à gauche : « **Quant coeli l(un)rare domum Titan** ». Puis à droite : « **.... Verticalem Bore ???** »

On peut noter que les inscriptions primitives étaient gravées en noir. Elles ont probablement été recouvertes plus tard par la couche de peinture, peut-être dans un but de protection.

Ce cadran, qui est d'un type classique, devait comporter un style polaire oblique. La connaissance des cotes des courbes permet de déterminer la position et la taille de ce style triangulaire qui devait avoir une hauteur d'environ 2 cm.

Il est vraiment dommage que l'on ait détruit le centre de ce cadran pour y encastrier une tige de fer rouillée sans comprendre.

Début 2008, un nouvel examen de M1 révèle deux nouveaux éléments:

- 4 points symétriques par rapport au centre
- 9 segments parallèles à la médiane et symétriques

Si les quatre points n'ont pas (encore) trouvé une explication, il est apparu que les segments de droite parallèles à la médiane devaient être en relation avec les maisons célestes astrologiques. En effet, le texte de la bordure inférieure renferme bien « ...domum...verticalem... » ce qui suggère que ces segments indiquent les maisons célestes.



L'étude de ces lignes s'est faite en mesurant leur distance par rapport au plan méridien sur le dessin pris sur place et en les comparant à une progression en tg M, caractéristique des maisons célestes sur un cadran horizontal.

En effet, les maisons célestes sont définies en découpant le premier vertical en secteurs égaux de 30° et l'on sait par ailleurs que le style droit devait avoir une hauteur voisine de 2 cm. Cela nous indique que les deux lignes proches de la médiane correspondent probablement à M = 30° et M = 60°. Les résultats sont symétriques par rapport au plan méridien :

	Maison X	Maison IX	Maison VIII	4 <sup>ème</sup> segment (Maison VII)	5 <sup>ème</sup> segment (Maison VII)
Mesure	0mm	28mm	80mm	130mm	249mm
Angle M	0°	30°	60°	70°	80°
Tg M	0	0.577	1.732	2.747	5.671
calcul	0	27	80	127	261

L'entrée dans la maison X commence lors du passage du soleil au méridien, tandis que les lignes extrêmes, qui correspondent à l'entrée dans les maisons VII et XII, sont rejetées à l'infini et ne peuvent donc apparaître sur le cadran. C'est probablement la raison pour laquelle l'auteur a tracé deux lignes à l'intérieur de la maison VII en les prenant distantes de 10°.

La précision de ce cadran ne permet pas de lever le doute entre un système de maisons célestes selon Regiomontanus ou selon Campanus de Novare. En effet, la latitude de Saint-Julien étant de 43°,38 environ, le coefficient multiplicateur entre les deux systèmes est  $\cos\varphi = 0,726$ , ce qui ne s'écarte pas suffisamment de l'unité.

### 6-2 le motif M3 :

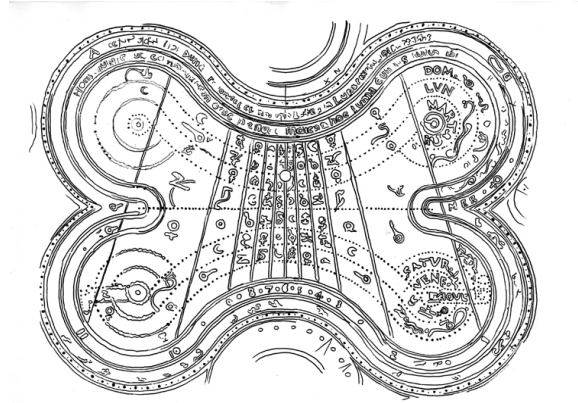
Ce grand motif est clairement un cadran à « heures planétaires » ou « heures temporaires » qui divisent le jour en 12 heures. Voici une preuve supplémentaire que la table était horizontale car on lit ces heures temporaires de la droite vers la gauche. Elles sont numérotées dans ce sens: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 car les deux heures extrêmes du jour sont rejetées à l'infini.

La ligne 6h correspond à notre ligne de midi. Il est intéressant de noter que seules les lignes des heures temporaires sont tracées sur ce cadran, pas d'heures babyloniennes ou italiennes comme c'est souvent le cas.

Le plus intéressant est certainement le tableau astrologique des « Maîtres du jour » ou « Régents de l'heure ». En effet cette particularité se rencontre assez rarement (cf le cadran de Prutz au Tyrol, l'église de Sainte Catherine d'Oppenheim en Allemagne, ou encore celui de la Trinité des Monts à Rome fait par E.Maignan) et elle est significative de la destination de ce cadran.



M3



Ce tableau est constitué des lignes horaires avec les 7 arcs diurnes symbolisés par les courbes en pointillés. Les noms latins des jours de la semaine apparaissent à droite. Dans chaque case figure un signe astrologique correspondant à la planète maîtresse. L'ordre des signes est inversé par rapport aux tableaux verticaux classiques puisque la table est horizontale.

Dans le tableau ci-dessous, nous indiquons les signes visibles, tandis que les autres, très dégradés, sont déduits par cohérence et mis entre crochets.

Le dessin précédent à droite de la photo, calqué sur place en janvier 2008 confirme bien ce tableau.

b	[d]	[e]	[a]	[f]	[g]	h	b	d	e	DOM...S
f	g	h	[b]	[d]	[e]	a	f	g	h	LUN[I].S
d	e	a	f	[g]	[h]	b	[d]	e	a	MARTIS
g	h	b	[d]	e	[a]	[f]	g	[h]	[b]	MER[CURI]
e	a	f	g	[h]	[b]	[d]	e	a	f	IOVIS
[h]	b	[d]	[e]	a	[f]	g	[h]	b	[d]	VEN[ERI]S
[a]	f	g	h	b	[d]	[e]	a	f	[g]	SATURN[I]

11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Cette table montre des signes astrologiques planétaires connus (Soleil a, Venus e, Mercure d, Lune b, Saturne h, Jupiter g et Mars f), ce qui indique clairement sa destination. (*attention, le jeu de caractères utilisé peut sembler différent, comme par exemple le croissant de lune qui est ici inversé par rapport à celui du cadran*)

Les jours de la semaine, en latin, apparaissent à droite dans l'enroulement circulaire des lignes, ce qui a pour effet d'inverser les noms dans le lobe inférieur.

La première ligne inférieure est dédiée au jeudi, mais comme elle ne s'enroule pas comme les autres, l'auteur a indiqué « JOVIS » ou « IOVIS » dans un « doigt » horizontal replié vers le haut à droite. L'inscription située dans le « doigt » de gauche tourné vers le bas contient un « Z ». Nous n'avons pu déterminer ni la destination, ni la signification de la ligne correspondante.

On peut voir le signe **d** sur la gauche et par symétrie on devine à droite un signe qui devrait être **g**.

Pour le mercredi, on peut lire « MER » au milieu du rebroussement de l'entourage à droite. Cette indication est suivie du signe **d** correspondant bien à l'heure 0.

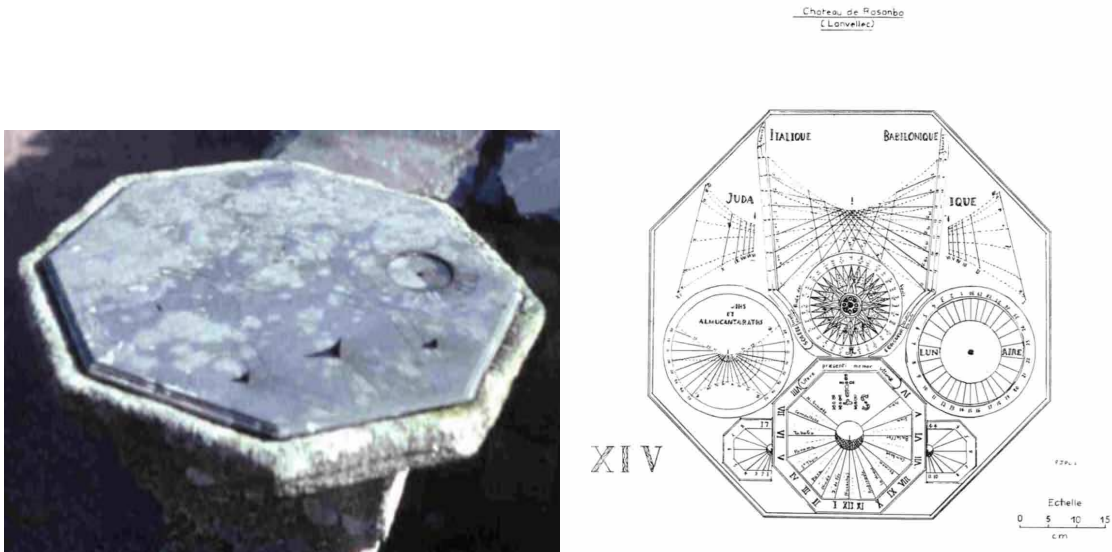
D'une façon symétrique, le signe **f** est visible à gauche et correspond à la 12<sup>ème</sup> heure. Grâce aux calculs effectués sur d'autres cadrans de la table, notamment D3, G4, D4, G6, D6 et M5, on peut supposer avec une bonne certitude que ce cadran horizontal a été tracé pour la latitude de Saint-Julien et en le recalculant il apparaît que les lignes d'heures temporaires correspondent à un style droit qui ne devait pas dépasser 40 mm.



La numérotation des lignes horaires indiquée ci-dessus (11,10...2,1) se trouve dans la première ligne de la bordure inférieure, tandis que les deux lignes supérieures renferment des textes assez longs. Nous croyons pouvoir lire en haut dans la première bordure : « **Aipectu(r)-de -- --- --- - dum---Luna ...ur** ». Puis juste au dessous, dans la deuxième bordure : « **Horis (quiqire)-u...-.....-...- in--x- et incra indicat hoc luma cuinidis (--)(--)** ». Il faudrait compléter ces textes qui donnent vraisemblablement des indications sur l'emploi du cadran correspondant.

### 6-3 le cadran M5 :

Nous croyions au début qu'il s'agissait d'un cadran d'heures sidérales comportant deux séries de 6 courbes qui sont naturellement tangentes aux arcs diurnes des solstices. Ce cadran aurait permis de connaître la position des astres confirmant la vocation astrologique de l'ensemble. Il n'existe en France, à notre connaissance, qu'un autre cadran d'heures sidérales au Lycée Louis-le-Grand à Paris. On peut noter aussi qu'un tel cadran n'apparaît pas sur la table gnomonique du château de Rosanbo à Lanvellec en Bretagne, table datée 1744, qui présente des analogies avec celle de Saint-Julien et dont on ne possède plus que le cliché et un croquis de JP. Cornec. Cette table de Rosanbo est un octogone en schiste de 70 cm de diamètre. Elle possède aussi plusieurs cadrans : un italique, un babylonique, un judaïque, un correcteur lunaire, un cadran d'heures temporaires, un de hauteur et d'azimut, ainsi qu'une rose des vents. Les clichés de cette table de Rosanbo permettent de s'imaginer ce que devait être celle de Saint-Julien.



La table du Château de Rosanbo en Bretagne (photo :JP Cornec)

Denis Savoie a beaucoup travaillé sur les cadrans astrologiques et nous a suggéré qu'il pouvait s'agir d'un cadran astrologique d'ascendants . (Voir son article « Lignes d'ascendant, maisons célestes et heures planétaires en gnomonique » Cadran Info n° 17.) Dans la bordure du lobe inférieur gauche on voit le signe de la Vierge, puis on devine celui du Bélier, et la troisième ligne se termine sur le signe du Taureau. La quatrième semble marquée par le signe des Gémeaux.

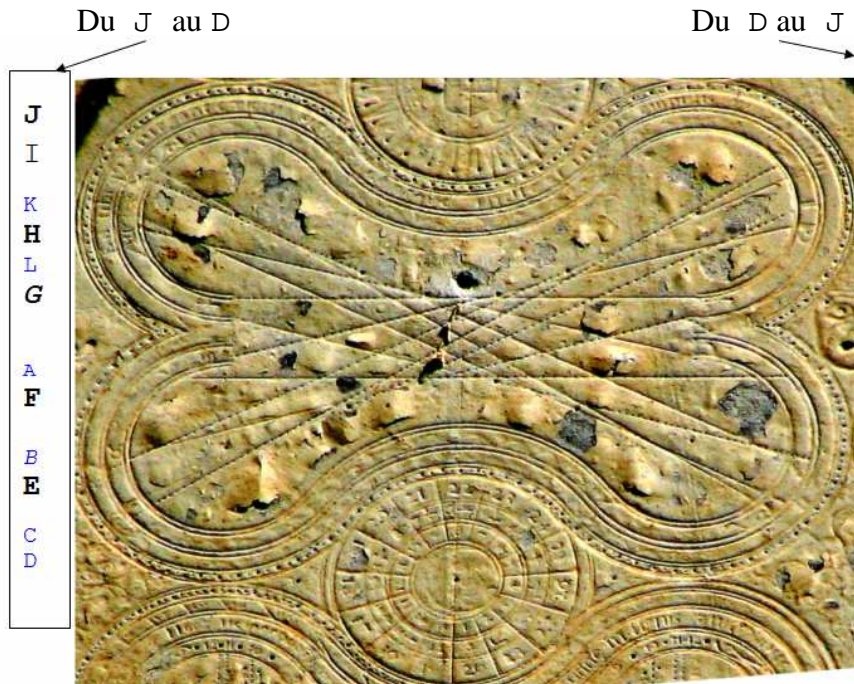
Dans le lobe supérieur, on devine de haut en bas ce qui pourrait être les signes du Capricorne, du Cancer, des Poissons puis du Verseau.

L'analyse a confirmé qu'il s'agissait bien d'un cadran astrologique d'ascendants . Dans les bordures, nous sommes parvenus à reconstituer les signes zodiacaux classiques aux extrémités des lignes d'ascendants. Sur le cliché ci-après sont indiqués latéralement et dans le prolongement de chaque ligne, les signes reconstitués qui figurent dans la bordure intérieure.

D'habitude, ce type de cadran est subdivisé en deux parties afin de mieux distinguer les lignes d'ascendant allant du solstice d'hiver à celui d'été puis celles allant en sens inverse. Ici, il s'agit encore d'un cadran horizontal ou l'on a tracé toutes les lignes sur le même cadran. En noir apparaissent les signes de la période considérée, et en bleu ceux de l'autre période qui peuvent être lus dans la bordure opposée. On remarque les deux lignes parallèles du Bélier et de la Balance, puis de chaque côté les lignes d'ascendants à pente croissante jusqu'au solstice supérieur puis à pente décroissante. L'ordre des signes est celui du zodiaque.

Il est donc clair que la lecture de ce cadran demandait une certaine maîtrise, notamment pour éviter une erreur de ligne.

Après avoir agrandi la partie centrale de ce cadran en redressant la perspective de façon à obtenir un angle presque droit entre la médiane et les deux lignes parallèles, nous



avons calculé la position théorique des points Q et W, ( Q : intersection équatoriale-médiane et W : centre du cercle diviseur) en fonction de la distance des deux parallèles des solstices et de la latitude  $\varphi$ . Ces points permettent de tracer l'éventail horaire du lieu.

Le soleil étant à l'équinoxe ( $\delta = 0^\circ$ ), on calcule des heures

Dimensions de M5 avec bordures: hauteur  $\approx 22\text{cm}$  ; largeur  $\approx 35\text{cm}$

d'intersection de chaque ligne d'ascendant avec l'équatoriale du lieu.

En mesurant ces heures solaires (HS Equ) d'intersection sur le cliché pour trois latitudes : Paris ( $48^\circ 84'$ ) ; Saint-Julien ( $43^\circ 4'$ ) et Perpignan ( $42^\circ 7'$ ), on obtient alors les résultats résumés dans le tableau suivant :

Ligne	HS/Eq Paris	Lecture Paris	HS/Eq StJul.	Lect St Julien	HS/Eq Perp.	Lect. Perpignan
$\vargamma$ -Bélier	6H	6H	6H	6H	6H	6H
$\vartheta$ -Taureau	6H57	6H45	7H07	6H55	7H08	6H55
$\text{II}$ - Gémeaux	8H12	7H55	8H30	8H30	8H32	8H40
$\varrho$ -Cancer	10H01	9H40	10H23	10H20	10H25	10H30
$\varrho$ -Lion	12H29	12H	12H47	12H40	12H49	13H
$\text{M}$ -Vierge	15H14	16H	15H24	15H30	15H25	16H10

Avec cette méthode, moins la ligne d'ascendant est inclinée sur l'équatoriale et plus on a de précision. De plus, le tableau montre que l'on a une assez bonne sensibilité sur la latitude puisque  $0,7^\circ$  d'écart donne une différence de 40 minutes en été. On peut atteindre assez facilement une précision de 15 minutes sur la lecture de la ligne de la Vierge, ce qui se traduit par une précision de l'ordre de  $0,3^\circ$  sur la latitude, voire mieux.

Le résultat semble clair : **M5 a été construit pour une latitude comprise entre 43°,1 et 43°,7** . Ceci est à rapprocher du cadran circulaire D3 qui a aussi été construit pour cette gamme de latitudes. De là à conclure que cette table a bien été faite pour Saint-Julien (ou Aix-en-Provence), il n’y a qu’un pas !

Grâce aux dessins réalisés fin 2007 sur place et aux clichés les plus récents, on peut commencer à traduire certains mots (sans malheureusement comprendre complètement les phrases) du texte latin de la bordure supérieure :

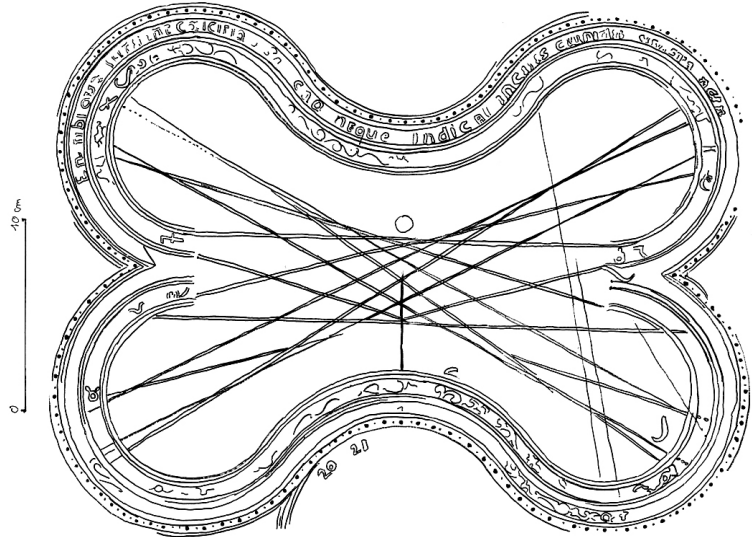
« **En tibi quae...pursant ca icina signa c ?os . neque indicat incitis cuinidis (x) ????** notu» les caractères notés « ? » sont illisibles et ceux entre parenthèses sont supputés.

Voici une aide pour les courageux qui sont tentés par la traduction :

**En tibi** = Et voici, pour toi...Voici pour toi... **Signa...cad...** = signes tombants...déclinants...descendants(verbe **Cado/Cadere** :**Sol Cadens** = soleil couchant). **neque** = et ne pas ...et afin de ne pas. **indicat** = il indique. **incitis**(de **incitus**) = rapide (brièvement). **cuinidi...** = (**cuinidi** est la même chose que **quinidi**) se rapprochant (?) de **quinideni** = tous les 15 jours...par tranche de 15 jours. (Hypothèse peut-être hardie !)

Il pourrait s’agir ici d’une sorte de mode d’emploi.

Toujours grâce au dessin ci-contre, il a paru nécessaire de refaire le même exercice . Les résultats qui sont consignés dans le tableau ci-après sont moins marqués que sur les précédentes mesures, notamment pour le Lion, le dessin reproduit semble moins précis que le cliché redressé. Toutefois, sur les lignes de la Vierge et des Poissons, on peut encore attribuer l’avantage à Saint-Julien.



Nous conservons donc la même conclusion : cette table a été conçue pour une latitude voisine de Saint-Julien.

Ligne	HS/Eq Paris	Lecture Paris	HS/Eq StJul.	Lect St Julien	HS/Eq Perp.	Lect. Perpignan
♈-Bélier	6H	6H	6H	6H	6H	6H
♉-Taureau	6H57	6H50	7H07	7H10	7H08	7H10
♊-Gémeaux	8H12	8H	8H30	8H35	8H32	8H45
♋-Cancer	10H01	10H05	10H23	10H30	10H25	10H50
♌-Lion	12H29	12H30	12H47	13H10	12H49	13H15
♍-Vierge	15H14	15H30	15H24	15H25	15H25	15H20
♎-Poissons	17H02	16H50	16H52	16H50	16H51	17H15

### 6-4 L’indomptable M7 :

Au bout de 2000 ans, la pierre de Rosette décryptée par Champollion était encore bien lisible, alors que quelques siècles ont suffi pour dégrader en grande partie cette table de Saint-Julien. C’est la raison pour laquelle la compréhension du motif M7 s’est avérée la plus difficile, bien qu’il puisse apparaître comme l’un des mieux conservés de cette table. Les difficultés rencontrées pour en comprendre le sens ont ainsi justifié son nom

Les premières étapes, fondées sur des lectures hasardeuses, se sont donc surtout soldées par beaucoup d'interrogations et de mystères à éclaircir sur ce motif.

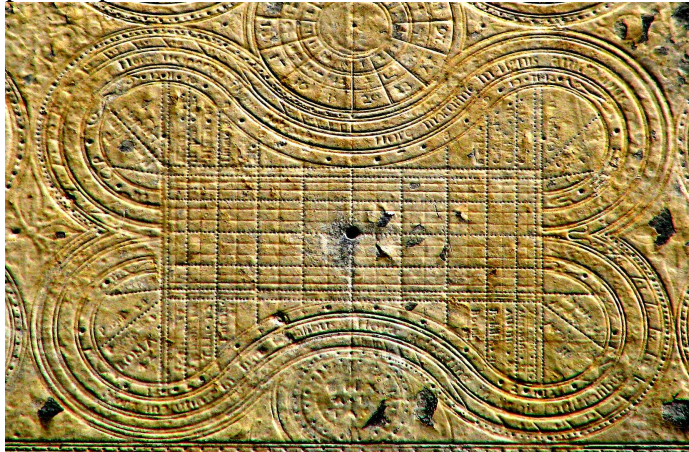
#### 6-4-1 Les premières observations de 2006 et 2007:

Ce motif se présente comme un quadrillage percé d'un gros trou central et inscrit dans un grand trèfle à quatre lobes.

L'intérieur des cases rectangulaires ne comporte aucune indication, et les dimensions des rectangles décroissent vers les extrémités.

Le motif, avec ses bordures lobées, est inscrit dans un rectangle de 37 x 27 cm environ. Le quadrillage symétrique par rapport au centre est formé de 6 lignes et 12 colonnes délimitées par des pointillés.

Les deux lignes extrêmes sont subdivisées en deux parties égales, et les autres en trois parties par des traits continus.



l'abaque M7

Les colonnes extrêmes, situées entre les graduations 11 et 12, ainsi que les deux lignes extrêmes sont beaucoup plus étroites que les autres ; elles ne semblent pas renfermer d'informations.

Dans la bordure intérieure, on distingue deux numérotations symétriques de part et d'autre des segments verticaux 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

12, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 12

Dans la même bordure sont tracés symétriquement les signes du

zodiaque stylisés :

A droite en descendant: Cancer, Gémeaux, Taureau, Bélier, Poissons, Verseau et Capricorne A gauche en montant : Cancer, Lion, Vierge, Balance, Scorpion, Sagittaire et Capricorne. La Balance et le Bélier sont sur la ligne médiane. (nous verrons plus loin que le sens de lecture ci-dessus était erroné)

La bordure est formée de trois bandeaux lobés parallèles et continus qui entourent le quadrillage central. Les bandeaux externe et interne renferment une série de chiffres, tandis que le bandeau médian contient quatre inscriptions.

Ces quatre inscriptions commencent toutes par le mot «**Hora** » et finissent par la terminaison « ...**libus** ».

*Nous nous questionnons alors: Pour quelle raison aurait-on répété la même phrase quatre fois ? s'agit-il de plusieurs variantes de la même phrase ?*

Dans l'espace compris entre le tableau rectangulaire et la bordure lobée, il y a des cases occupées par des inscriptions inclinées dans les angles et verticales ailleurs.

Celle du lobe inférieur gauche lue à la lunette et confirmée sur un cliché récent est « **ROMA** », elle apparaît aussi sur D7. Dans les quatre lobes, les cases allongées où apparaissent des textes verticaux sont difficiles à lire. La case située entre les graduations 2 et 3 en bas à droite est la seule où l'on peut distinguer des caractères : AUmi B.hil....mais il pourrait aussi bien s'agir de Babylone !

*Autres questions : Ce motif comportait-il un style droit au centre ? Mais à quoi pouvait bien servir ce style ?*

Comme les lignes verticales font penser à celles des Maisons Célestes de l'astrologie, nous avons regardé de ce côté, car certains cadrans anciens utilisent ces lignes avec un style

droit, et ceux-ci sont justement positionnés sous le cadran des lignes d'ascendants comme on le voit dans les ouvrages de A.Kircher (1602 – 1680)...

Après avoir fait une rotation du cliché pour avoir une ligne de midi verticale, nous mesurons donc les positions des autres verticales par rapport à cette ligne (l'effet de perspective horizontale est ici très faible) :

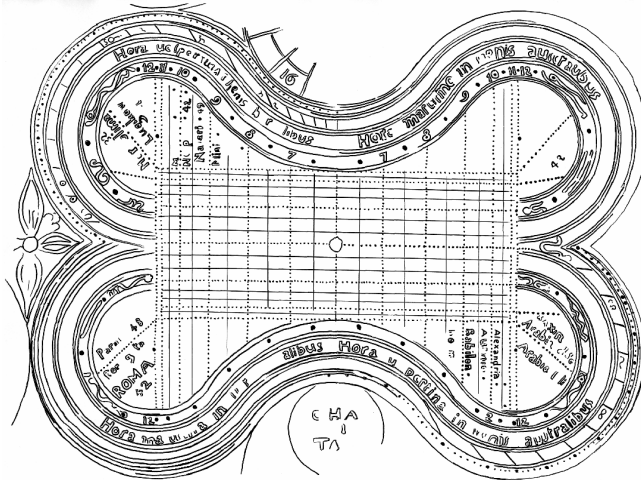
Verticale	7	8	9	10	11	12
Mesure en mm	15	29	41	50	55.6	58
Angle M	15	30	45	60	75	90
$\text{Cos}(\pi/2 - M)$	0.258	0.5	0.707	0.86	0.96	1
Cote théorique	15	29	41	50	56	58

Cette analyse montre que la progression des colonnes représenterait une projection orthogonale sur la plan horizontal de lignes de Maisons qui s'étageraient régulièrement de 15° en 15° dans le premier vertical. Cependant, il n'existe pas de maisons astrologiques définies de cette sorte et les deux lignes de maisons situées dans le plan horizontal devraient être rejetées à l'infini tandis que l'espacement des autres devrait croître à partir du centre et non pas décroître.

Ces résultats montrent qu'il s'agit de la projection d'un éventail horaire de 15° en 15°. *Mais quel est l'appareil planté au centre qui permettrait ce genre de projection ? De quoi s'agit-il exactement ?*

#### 6-4-2 Les observations de 2008 :

C'est ici que nous sommes au tournant de cette analyse qui a fait une avancée significative grâce au croquis relevé sur place reproduit ci-dessous :



Cette fois nous nous acharnons sur la compréhension des textes latins périphériques qui vont être la clé d'accès aux mystères de M7. Après maintes lectures et hypothèses, notre ténacité est finalement récompensée :

Nous décryptons dans le bandeau supérieur :

A gauche : « **HORA VESPERTINA IN SIGNIS BOREALIBUS** »

A droite : « **HORA MATUTINA IN SIGNIS AUSTRALIBUS** »

Et dans le bandeau inférieur : A gauche : « **HORA MATUTINA IN SIGNIS BOREALIBUS** ». A droite : « **HORA VESPERTINA IN SIGNIS AUSTRALIBUS** »

*Encore nous faut-il interpréter le sens de ces messages !*

#### 6-4-3 Analyse de M7 :

Comme on baignait toujours dans l'astrologie, nous avons bien cru un moment que nous étions en présence d'un abaque donnant les signes d'ascendants en fonction des heures pour d'autres lieux que Saint-Julien (ou Aix-en-Provence).

Nous avons même essayé d'imaginer un astucieux instrument qui tournait au centre et qui pointait sur le bon signe astrologique lorsque son orientation était guidée par les villes figurant sur la périphérie. En effet, nous avons fait ensemble une découverte supplémentaire :

Les divers trous distribués dans chaque case périphérique n'étaient pas le fruit du hasard mais constituaient autant de repères pour un instrument rotatif.

Tous les calculs dans les signes d'ascendants s'avérant négatifs, nos réflexions nous ont vite ramené dans le droit chemin et tout devint subitement clair, un dimanche matin ! :

Nous étions en présence d'un abaque permettant d'obtenir sans calcul les valeurs extrêmes d'arcs diurnes pour les latitudes comprises entre l'équateur et les deux cercles polaires.

Le quadrillage se réfère à deux axes perpendiculaires qui sont définis de la façon suivante :

Tout d'abord, un axe des ordonnées (y), à échelle linéaire en degrés, orienté vers le haut. Sur cet axe on lit à gauche en descendant les déclinaisons depuis le solstice d'été jusqu'au solstice d'hiver, et, à droite en montant, les déclinaisons depuis le solstice d'hiver jusqu'au solstice d'été. Le tableau ci-après rappelle les valeurs de déclinaisons avec les signes correspondants.

Eté	Signe	date	déclinaison	date	Signe	Eté
↓	Cancer (♋)	21/6	+ 23°,44	21/6	Cancer (♋)	↑
	Lion (♌)	23/7	+ 20°,15	21/5	Gémeaux (♊)	
	Vierge (♍)	23/8	+ 11°,47	20/4	Taureau (♉)	
	Balance (♎)	23/9	0°	20/3	Bélier (♈)	
	Scorpion (♏)	23/10	- 11°,47	19/2	Poisson (♐)	
	Sagittaire (♐)	22/11	- 20°,15	20/1	Verseau (♑)	
	Capricorne (♑)	23/12	- 23°,44	23/12	Capricorne (♑)	
Hiver						Hiver

Il résulte de cette disposition que les signes ayant la même déclinaison sont situés sur la même horizontale, chaque quadrant étant consacré à une saison. On a ainsi à gauche en descendant l'été et l'automne et à droite en montant l'hiver et le printemps. Dans le phylactère indiquant les heures dans chaque lobe, les obliques en pointillés joignent les lignes de déclinaison aux signes correspondants, très stylisés.

Ensuite, deux axes des x opposés et gradués en heures solaires  $h = 12 - H/15$ , H étant l'angle horaire du soleil. Le bandeau supérieur indique les heures du matin (6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12), et le bandeau inférieur les heures de l'après midi (12, 1, 2, 3, 4, 5 et 6).

Cette graduation provient du fait que l'arc semi-diurne est donné par l'équation :

$$\cos Ho = - \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Où Ho est l'angle horaire semi-diurne,  $\varphi$  la latitude du lieu et  $\delta$  la déclinaison solaire. On voit donc que pour une déclinaison donnée, on a:  $\operatorname{tg} \varphi = - (1/\operatorname{tg} \delta) \cdot \cos Ho$

L'auteur avait donc remarqué qu'en prenant deux axes des abscisses gradués non linéairement sur l'abaque les heures des levers et couchers du soleil étaient données par des droites passant par le centre en fonction de  $\varphi$  pour chaque latitude  $\varphi$ . En réalité, l'équation ci-dessus montre que ce ne sont pas rigoureusement des droites mais l'erreur est inférieure à 1% pour des déclinaisons solaires inférieures à 25°, ce qui est toujours le cas.

Bien entendu, cet auteur marque les heures au lieu des angles Ho, ce qui donne la progression 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 1, 2, 3, 4, 5, 6

Ceci est conforme aux mesures faites sur le motif avec des lignes qui se resserrent vers les extrémités.

Le segment vertical médian 6-6 correspond à la durée du jour de 12 heures lorsque le soleil est dans le Bélier ou la Balance à l'équateur, et aux extrémités la durée nulle à la latitude du cercle polaire ( $\varphi \cong 66^\circ 56'$ ). Avec cette disposition des axes, les angles de latitude sont comptés à partir de la ligne de 6 heures, ce qui donne directement la durée du jour pour une latitude donnée en traçant une droite passant par le centre.

On observe dans les bandeaux externes indiquant « vespertina » deux graduations angulaires de 0 à 90° graduées de 5° en 5° à partir des lignes de 6 heures. Ces deux graduations permettent de tracer la droite relative à une latitude donnée, soit pour les latitudes boréales (borealibus), soit dans les latitudes australes (australibus).

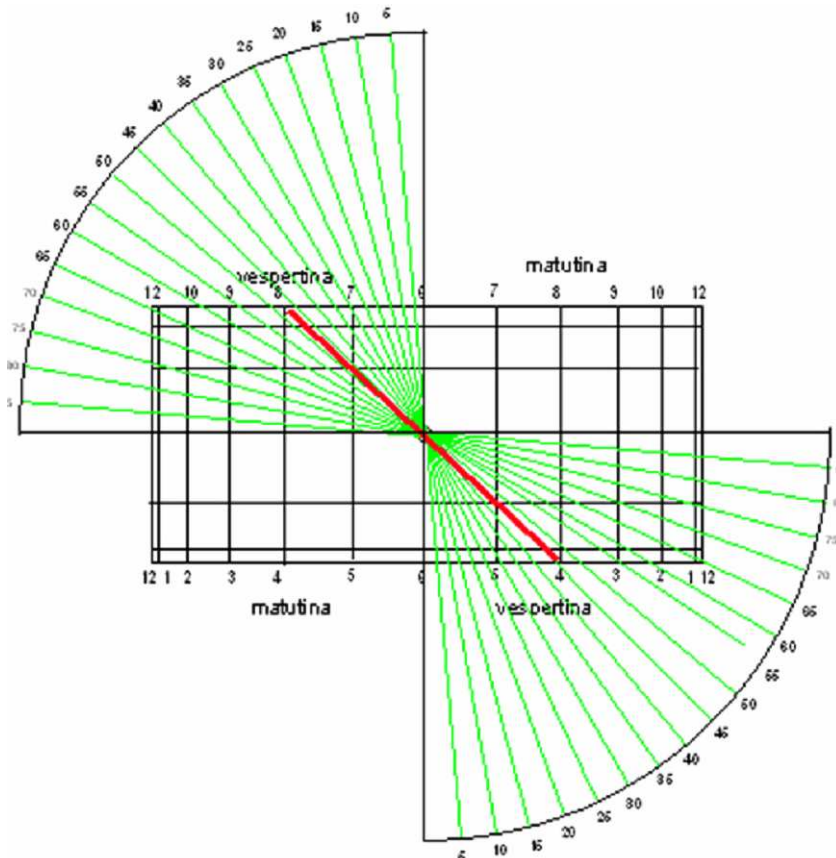
C'est ainsi que nous sommes amenés à calculer le tableau ci-dessous qui donne les valeurs numériques trouvées pour la déclinaison maximale de  $\pm 23^{\circ},44$  (Cancer-Capricorne) qui correspond aux deux bords du rectangle parallèles aux abscisses, ce tableau précise le principe de construction de l'abaque qui va suivre.

H	$h = 12 - H/15$	$\text{tg } \varphi$	Latitude $\varphi$
90°	6	0	0°
75°	5 - 7	0,597	30°,83
60°	4 - 8	1,153	49°
45°	3 - 9	1,63	58°,47
30°	2 - 10	1,997	63°,4
15°	1 - 11	2,228	65°,82
0°	12	2,306	66°,56

#### 6-4-4 Principe de construction de l'abaque :

Le croquis ci-après illustre la construction, avec les deux arcs des latitudes gradués de 5 à 85°. A titre d'exemple, on a figuré en rouge la droite de latitude 49° qui coupe les axes du Cancer et du Capricorne respectivement à 8 heures du matin et 4 heures de l'après midi.

On remarque que les mots « matutina » et « vespertina » sont inversés du côté « boréal » par rapport aux axes des heures, tandis qu'ils sont corrects du côté « austral ». Cette particularité sera clarifiée dans le mode d'emploi.



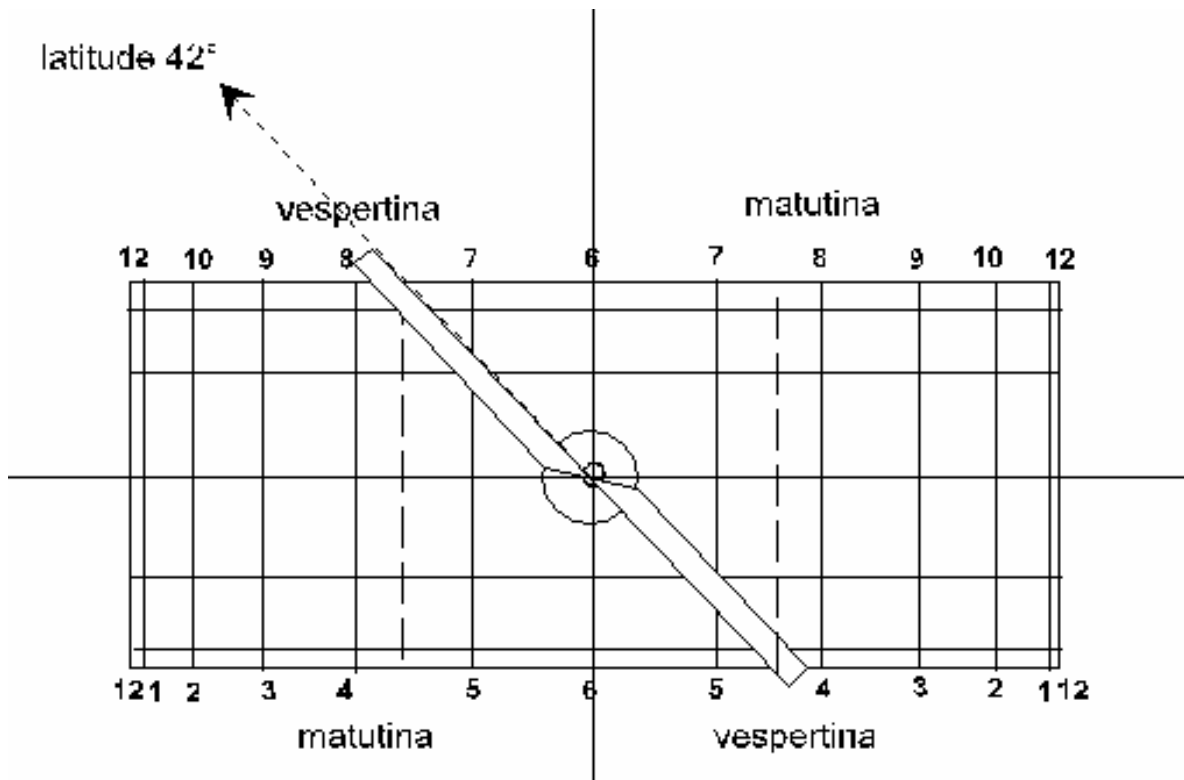
Construction de l'abaque

En abscisse, les heures graduées à partir de la ligne de 6 heures au centre, et en ordonnée les déclinaisons des signes astrologiques. Le quadrillage est limité par les lignes de 12 heures et par les lignes de déclinaison des solstices.

#### 6-4-6 M7 – Mode d’emploi

Pour la mise en œuvre de l’abaque il faut évidemment définir le type d’alidade utilisé par l’opérateur. Comme cette alidade n’a pas été retrouvée, on peut imaginer de nombreuses variantes, cependant nous allons illustrer le mode d’emploi à l’aide de deux possibilités.

1 – une alidade simple : une règle symétrique rotative en son centre. La figure ci-après montre une telle alidade enfilée sur l’axe central de l’abaque



Pour cet exemple, nous avons pris la latitude de Rome ( $42^\circ$ ) dont le nom figure dans le lobe d’automne.

La latitude boréale étant réglée, l’alidade traverse les lobes d’été et d’hiver. Dans le signe du Capricorne (Hiver), l’alidade passe dans le bon quadrant à droite et on lit directement sur la ligne de latitude  $42^\circ$  l’heure du lever : 7H31 et celle du coucher: 16H28.

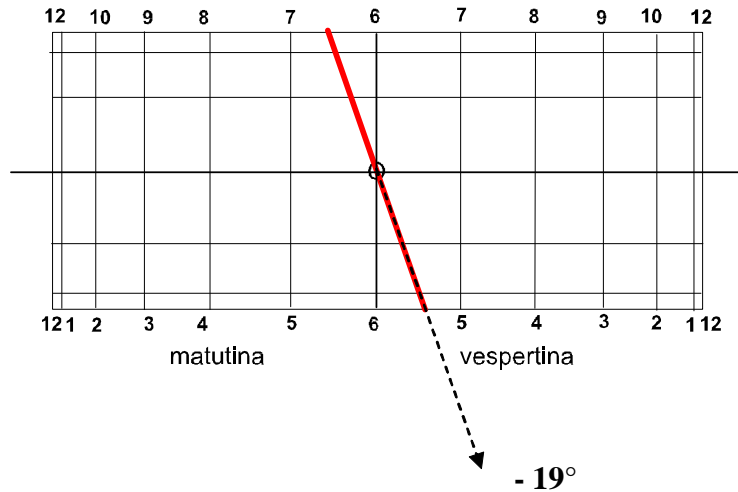
Dans le signe du Cancer (été) , l’alidade passe toujours dans le bon quadrant mais comme nous sommes dans la partie de gauche « borealibus » il faut lire les heures « matutina » en bas et « vespertina » en haut, donc sur les axes opposés en utilisant les lignes verticales tiretées: Heure du lever : 4H28 (matutina) et celle du coucher : 19h31( vespertina).

Dans les latitudes boréales, lorsque l’on se trouve dans la partie de gauche de l’abaque, il faut donc inverser les axes, ce qui justifie l’inversion matutina-vespertina.

Par exemple, dans le signe des Poissons (Hiver), on lit directement les heures du lever : 6H42 env. et du coucher à 17H17. En effet, l’alidade est bien située dans le quadrant d’hiver. Par contre, dans le signe du Taureau (Printemps), l’alidade ne passe pas dans ce quadrant. Donc il faut lire sur l’axe opposé , ce qui donne 18H42 (vespertina) pour le coucher et 5H17 (matutina) pour le lever.



Ci-contre, un autre exemple avec Tananarive (Madagascar). Comme nous avons une latitude australe de  $-19^\circ$  la lecture est directe sur les axes : lever à 6H34 et coucher à 17H25 le 21 juin. Les quatre indications figurant en abscisse servent donc à dire dans quelle phase de la journée il faut lire l'heure sur l'axe opposé. On voit donc que si l'on connaît la latitude d'un lieu, il est possible de déterminer les heures des levers et couchers du soleil en utilisant cette alidade très simple. A l'aide de cette méthode nous pouvons dresser le tableau ci-dessous qui est en accord avec les calculs pour la latitude de Rome :

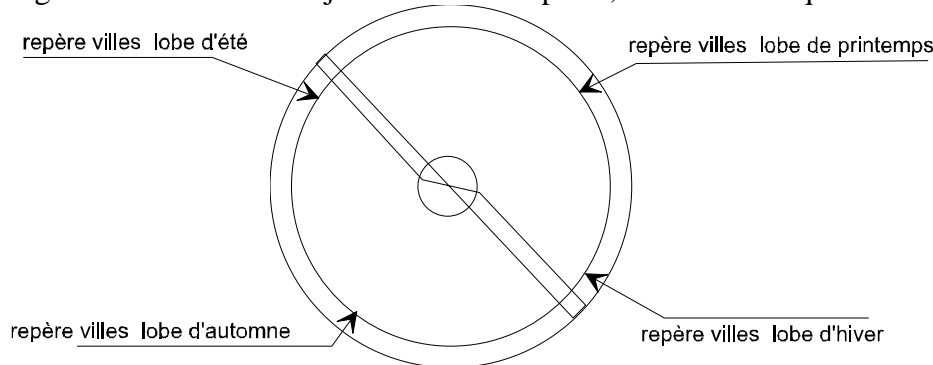


Signe	lever	coucher	Signe
Cancer (♋)	4H28	19H31	Cancer (♋)
Lion (♌)	4H42	19H17	Gémeaux (♊)
Vierge (♍)	5H17	18H42	Taureau (♉)
Balance (♎)	6H	18H	Bélier (♈)
Scorpion (♏)	6H42	17H17	Poisson (♓)
Sagittaire (♐)	7H18	16H42	Verseau (♒)
Capricorne (♑)	7H31	16H28	Capricorne (♑)

2 – une alidade plus évoluée

Ce qui précède suppose que l'opérateur connaisse les latitudes des points considérés et tourne l'alidade selon la graduation des angles située dans les quadrants d'automne et d'hiver. Pour éviter la mémorisation des latitudes, le concepteur de l'abaque a donc naturellement pensé à noter des villes connues du globe avec leur latitude et des points de repère permettant de positionner son alidade automatiquement. C'est pour cette raison que la plupart des cases périphériques renferment trois éléments : le nom de la ville, sa latitude et un point de repère.

Deux cas sont alors possibles : un cas relativement simple qui consiste à ajouter à la règle rotative un cercle ajouré avec des repères, comme l'indique le schéma ci-après :



Avec ce type d'alidade, le mode opératoire est assez simple, car il suffit de mettre en coïncidence un repère de l'alidade avec celui de la ville considérée.

Ensuite, comme l'alidade est positionnée dans les quadrants d'été et d'hiver sur l'angle correspondant à la latitude de la ville, il suffit de lire sur l'abaque de la même façon que précédemment.

Mais ceci suppose que les villes indiquées soient réparties sur la périphérie dans le sens anti-horaire (trigonométrique) afin que l'alidade tourne dans le bon sens. L'alidade comporte en principe quatre repères, un pour chaque lobe, afin de tenir compte du décalage

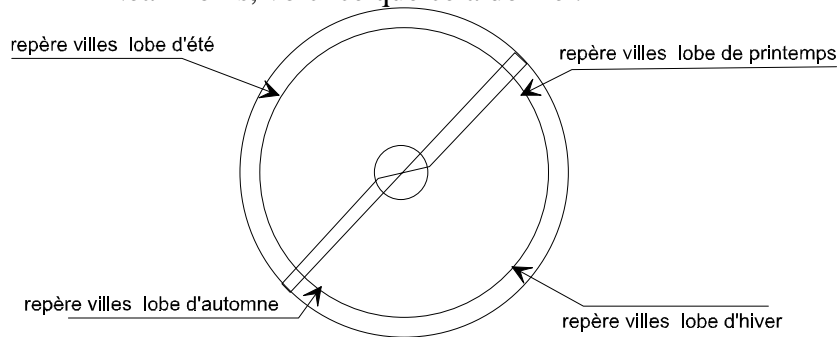
angulaire engendré par le lobe considéré. Sur le croquis ci-dessus, ces repères ont des positions quelconques car ce système n'impose pas d'avoir des repères symétriques sur l'alidade, cependant, on constate qu'ils le sont presque sur M7 en relevant leurs angles par rapport à la médiane :

Repère	angle
Été	+ 60°
Automne	-60°
Hiver	+55°
Printemps	- 60°

*Question : ce léger écart sur l'hiver a-t-il été voulu par l'auteur ? (d'ailleurs, comme on l'a vu, ceci n'a pas d'importance sur les résultats)*

**Mais** vous avez sûrement remarqué que les villes repérées sur l'abaque ont des latitudes qui croissent dans le sens horaire (aiguilles d'une montre), c'est-à-dire en sens inverse de notre hypothèse. Pour utiliser les repères il faut donc retourner l'alidade afin d'obtenir une inclinaison décroissante lorsque la latitude augmente. Nous pouvons nous demander pour quelle raison l'auteur a choisi ce sens, qui l'obligeait à retourner son alidade. C'est peut-être tout simplement pour différencier les deux modes de fonctionnement...

Néanmoins, voici ce que cela donne :



Son mode d'emploi est similaire à celui déjà décrit, en lisant dans les deux quadrants d'automne et de printemps, au lieu de ceux d'été et d'hiver.

Mais ce n'est pas tout ! car cette alidade utilisée en sens inverse

peut nous renseigner sur la latitude des villes dont les noms sont illisibles, et ainsi nous permettre de les supputer. A l'heure où nous écrivons ces lignes, tous les noms de villes et leur latitude n'ont pu être trouvés, mais les résultats suivants ont été obtenus : (les indications entre parenthèse sont incertaines).

Lobe d'automne :

Ville	latitude	repère
T(ulan) où T(o)nai?	32°	?
T(a)bli?	33°	En haut de la case
? rhal	36°	Au centre de la case
(P?Ple)?	37°	Sur ligne 10H
(Pierg ?ta?) ROMA	42°	Sur ligne 12H
Pari(gi)	48°	Dans la bordure à gauche du P

Candidat possible : Tripoli (33°)

Lobe d'été :

Ville	latitude	repère
Hierusalema	32°	Sous le m, sur le pointillé
Bagdad	33°	Sur la ligne 12H
(Hr ?ia) ??	41°	Dans la case
Napoli	41° ou 42°	Dans la case
(Hubim) où (Turin)?	45°	Dans la case
Hi ?m?	45°	Dans la case
?	48°	Dans la case

Remarque : l'orthographe Hierusalem était utilisée vers les années 1578 (cf. carte de Palestine de Gérard de Jode).

Lobe d'hiver :

Ville	latitude	repère
(Aden) Arabia	13°	Dans la case
Arabia M	21°	Sur la ligne 12h- c'est probablement la Mecque
?	29°	Dans la case
Alexandria	30°	Dans la case, après le « a »
Au?ni(n) ?	31°	Dans la case
Babilon	32°	Dans la case, après le « n »
Borm...?	33°	Sur ligne 3H30

Remarque : l'orthographe particulière de Babilon peut donner une indication sur la date de réalisation de la table.

Autres candidats possibles : Borujen où Borujerd (Iran-33°), mais le nom commençant par Bo...ne devrait pas dépasser 5 lettres.

Lobe de Printemps :

Cette partie est très peu lisible et suppose que le nombre 42 lu par C.Arnaud soit correct, le repère étant pris au dessus du 2 .

Ville	latitude	repère
(...chir)?	20°	En haut de la case
C...?	20°	En haut de la case
(C....ri)?	21°	En haut de la case
(Hanoi) ?	22°	En haut de la case
(Chypre) ?	35°	Sur la ligne de 12H
(C...mon...ro)	(42°)	Au dessus du 2

Comme le point de repère 42° n'est pas précis, on peut citer d'autres candidats : 20° : Bombay ; 42° : Cité du Vatican

Remarque : *un abaque très voisin de celui de M7 figure dans le livre de P de Sainte Marie-Magdelaine de 1653, mais il n'y a aucun texte associé à cette figure II de la planche 58.*

### 6-5 Le cadran D4 :

C'est un cadran d'heures italiques horizontal à style droit. Après avoir recalculé ce cadran pour le lieu, il se confirme être un cadran horizontal (et non vertical). En effet, les lignes italiques sont bien graduées en croissant dans le sens horaire avec la ligne 12 heures horizontale. Ce qui conduit à la progression : 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23. Les lignes marquées 9 à 13 font partie du lobe supérieur droit, les autres du lobe inférieur. Lorsque l'on suppose que le cadran est vertical, la ligne 23 est nettement fautive car elle est oblique. Par contre, en reprenant le calcul pour un cadran horizontal situé à Saint-Julien, cette ligne devient quasiment parallèle à la médiane et correspond bien à celle du cadran.

Le bandeau supérieur comprend une inscription : A gauche : « **soli ab occasu** ». Ce qui n'a rien d'étonnant pour un cadran d'heures italiques, puis on devine quelque chose du genre « (on interax ?at) », ensuite: « **horas umbra lumis civitas quas tibi pandit apex** ». Le mot souligné est à confirmer car on peut lire aussi unitas. Ce qui peut se traduire par : « Tu vois ici les heures, que te montre l'ombre de la pointe (= du gnomon), depuis le coucher du Soleil ». Avec civitas = cité, l'indication pourrait être référée à des villes du monde ; mais la restitution de cette phrase reste incertaine.

### 6-6 Le cadran G4 :

C'est un cadran d'heures babyloniennes qui est le symétrique de D4. Une preuve de plus, s'il en fallait, que l'ensemble doit fonctionner horizontalement. La graduation est donc

correcte avec la progression suivante dans le sens horaire : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. L'inscription dans le bandeau est illisible, excepté le mot « babinnis » à gauche. Remarque : Ces heures Babyloniques et Italiques étaient très utilisées par les astrologues du XVI<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle.

**6-7 Le cadran D6 :**

C'est un cadran d'azimut. Il comprend 13 lignes de part et d'autre de la médiane, donc 27 lignes en tout. Il y a donc 12 secteurs égaux gradués symétriquement. En montant de chaque côté dans les deux lobes supérieurs à partir de 0, on lit donc : 10, 20 et 30 . La graduation 40 ne figurant pas puisqu'elle se situe au niveau du texte. Et en descendant : 0,10 puis ,20,30,40,50,60,70,80 symétriquement dans les lobes inférieurs.

L'horizontale correspond à la graduation 0 des deux cotés. L'éventail horaire correspond donc à une division de 10° en 10°, le premier vertical étant l'origine à 0° et la ligne médiane Sud-Nord à 90°.

Le trou central est assez caractéristique : il est lisse et entouré d'une couronne circulaire un peu usée. Ce trou pouvait donc servir à maintenir un axe perpendiculaire à la table et supportant une alidade rotative pour mesurer l'azimut d'un astre.

L'inscription dans le bandeau supérieur est : « **Hic quantum a nullum desunt vertice titan** » . La restitution proposée étant: « **Hic quantum ad nullum desunt vertices titani** » c'est à dire « Ici, écarts d'azimuts du Soleil (le Titan) à partir du zéro par rapport au premier vertical », ce qui correspond bien à notre analyse.

**6-8 Le motif G6 :**

Ce motif qui est dans une position symétrique à D6. Il comporte des cercles concentriques qui sont des cercles de hauteur (Almucantarats - cf table de Rosanbo en Bretagne). Ce qui est sûr, c'est que le trou central est usiné et comporte un lamage. C'est le seul trou de la table de ce type.

Ce trou lamé a donc pu supporter un axe épaulé rotatif supportant un instrument servant à mesurer la hauteur d'un astre. Ainsi, ce motif est le complément de D6 : Hauteur et Azimut servant à déterminer la position d'un astre en coordonnées horizontales locales.

Pour avoir une explication des diamètres des cercles, nous avons effectué des mesures sur cliché après avoir réalisé une rotation et une correction de perspective verticale de façon à obtenir des cercles. Ainsi, on mesure la progression des diamètres suivants :

Graduations	?	?	?	?	1	2	3	4	10
Diamètre(mm)	12	19.5	26.5	32	39	47	61	81	121.5
r=10*d/dmax	1	1.62	2.2	2.7	3.2	3.9	5	6.75	10
Angle z pour tgz ~ r	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	65°

En normalisant l'échelle des diamètres pour obtenir le rapport r, le tableau montre une progression de distance zénithale en tg z qui se rapproche le plus de r.

Quand on sait que la culmination du Soleil à Saint-Julien varie de z = 19°,7 en Juin à z = 67°,3 en hiver, on peut raisonnablement supposer que les cercles de G6 correspondent bien à des mesures de la hauteur h. (avec z = distance zénithale ou 90°- h)

*Il reste à déterminer quel genre d'appareil posé sur un pied rotatif était planté au centre pour faire ces mesures.*

En rapprochant ce cadran de celui du musée de Vannes qui présente des ressemblances tout en cumulant les Almucantarats et les Azimuts. On remarque que les cercles vont de 5° en 5° et coïncident avec l'ombre d'un style droit, ce qui paraît assez simple.

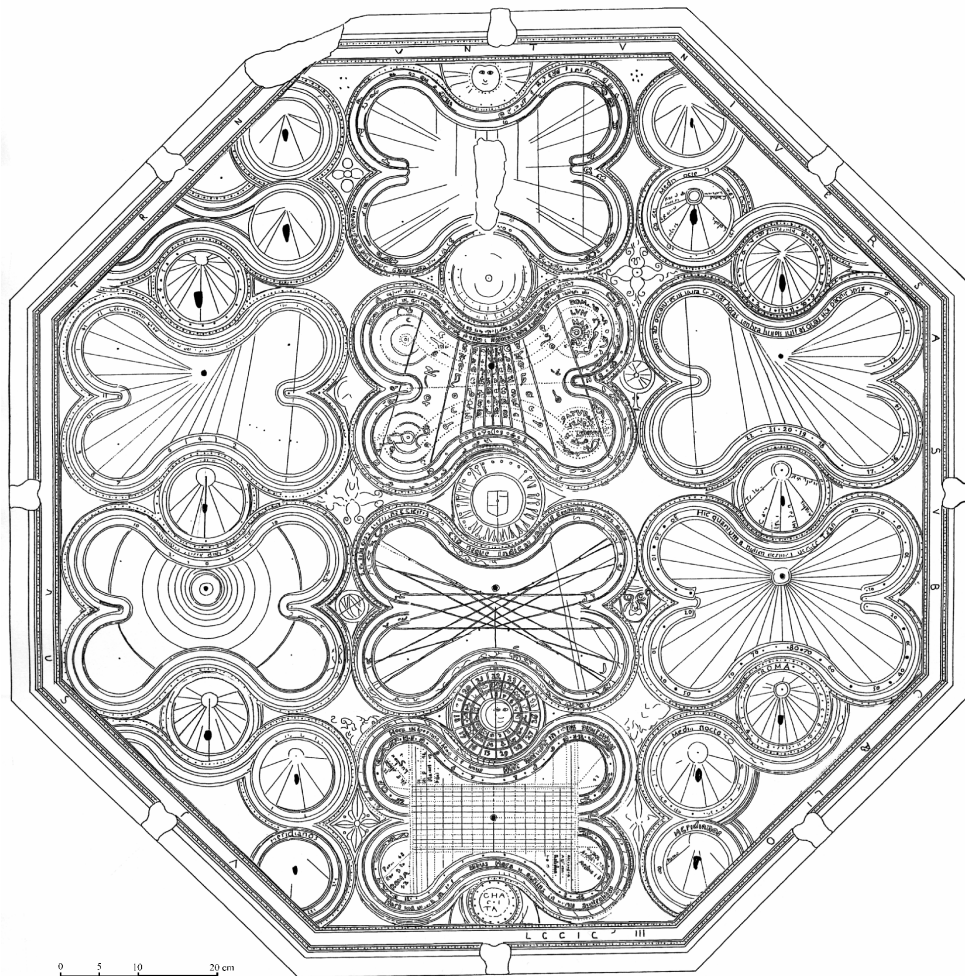
Après un retour sur les mesures en s'attachant à avoir une meilleure précision vers le centre des cercles, nous obtenons le tableau suivant :

Diamètre(mm)	17	21	26.5	31	38	47	61	81	121.5
$r=10*d/d_{max}$	1,4	1,73	2,2	2,7	3,1	3,8	5	6,75	10
Angle z (graduations probables)	50	45	40	35	30	25	20	15	10
$10.tg10°.ctg z$	1,47	1,76	2,1	2,5	3	3,8	4,9	6,6	10

Il devient clair que ce cadran fonctionnait simplement avec un style droit, dont l'ombre portée donnait le rayon des cercles de hauteur tracés entre 10° et 50° de 5° en 5°.

Les inscriptions du bandeau sont illisibles, même sur le cliché le plus récent.

Avant de terminer, contemplons ce dessin d'ensemble remarquable de la table de Saint-Julien, entièrement reconstituée à la main par C.Arnaud. En effet, ce dessin donne une bonne idée des performances réalisées, non seulement par l'équipe de l'AHPT sur place, mais aussi par quelques membres passionnés de la Commission des Cadrans Solaires de la Société Astronomique de France.



Au point où nous en sommes dans cette étude, nous avons donc fini par comprendre les principes de construction de cette table, mais il reste encore bien des choses à préciser et d'autres à découvrir, notamment la réponse à trois grandes questions :

- Pourquoi et quand a-t-on fixé cette table sur ce mur de bastide à Saint-Julien ?
- A qui, commanditaire ou établissement, était-elle primitivement destinée ?
- Qui était ce Minime érudit, mathématicien, astronome, astrologue, gnomoniste, et peut-être, aussi, habile graveur, auteur de cette merveille ?





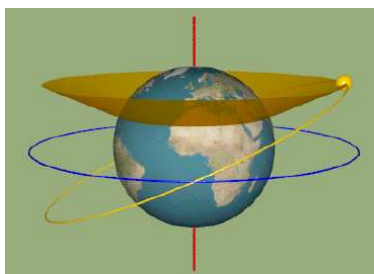
# Etudes sur les arcs diurnes et la position du soleil

## présentation des études de Alexandre Vial

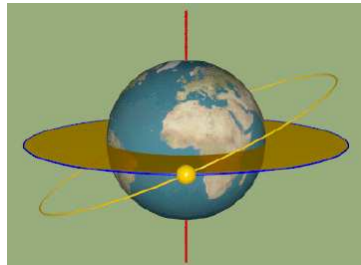
Alexandre Vial a réalisé deux études: les "lignes de déclinaison sur un cadran solaire plan" et "les idées reçues sur la position du soleil". Nous les avons jointes en annexe à ce numéro de Cadran Info (version numérique) et inscrites dans l'offre des études et/ou documents mis à disposition des membres de la C.C.S. Vous trouverez ci-après une synthèse.

### Lignes de déclinaison d'un cadran plan

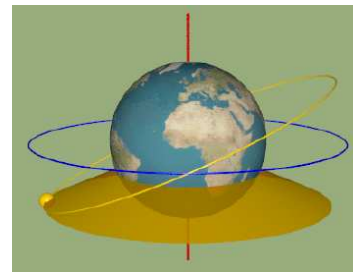
Ici, les lignes de déclinaisons ou arcs diurnes, chemin parcouru par l'ombre de l'extrémité d'un style ou le point lumineux projeté par un œilleton en une journée, sont déterminées d'une manière générale.



Solstice d'été



Équinoxe de printemps



Solstice d'hiver

On sait que ces lignes sont des coniques, puisqu'elles correspondent à l'intersection d'un plan avec un cône. Nous exposons tout d'abord le principe du calcul, avant de décrire le cas du cadran horizontal et de l'étendre au cas particulier du cadran horizontal à l'équateur puis du cadran incliné. Nous étudions ensuite le cadran vertical et le cadran vertical déclinant.

Enfin, nous arrivons au cas le plus général, à savoir le cadran déclinant incliné. Toutes ces situations et les lignes de déclinaisons associées sont finalement résumées dans trois tableaux.

	Horizontal	Horizontal incliné ( $i$ )
Hyperbole	$\cos^2 \delta_s - \sin^2 \phi > 0$	$\cos^2 \delta_s - \sin^2(\phi - i) > 0$
Parabole	$\cos^2 \delta_s - \sin^2 \phi = 0$	$\cos^2 \delta_s - \sin^2(\phi - i) = 0$
Ellipse	$\cos^2 \delta_s - \sin^2 \phi < 0$	$\cos^2 \delta_s - \sin^2(\phi - i) < 0$
Cercle	$\phi = \pm \pi/2$	$i = \phi - \pi/2$
Droite	$\delta_s = 0$	$\delta_s = 0$

TABLE 1 – Lignes de déclinaison d'un cadran horizontal et horizontal incliné.

	Vertical	Vertical déclinant ( $\Delta$ )
Hyperbole	$\cos^2 \delta_s - \cos^2 \phi > 0$	$\cos^2 \delta_s - \cos^2 \phi \cos^2 \Delta > 0$
Parabole	$\cos^2 \delta_s - \cos^2 \phi = 0$	$\cos^2 \delta_s - \cos^2 \phi \cos^2 \Delta = 0$
Ellipse	$\cos^2 \delta_s - \cos^2 \phi < 0$	$\cos^2 \delta_s - \cos^2 \phi \cos^2 \Delta < 0$
Cercle	$\phi = 0$	$\phi = 0, \Delta = 0(+\pi)$
Droite	$\delta_s = 0$	$\delta_s = 0$

TABLE 2 – Lignes de déclinaison d'un cadran vertical et vertical déclinant.

	Déclinant incliné
Hyperbole	$\zeta^2 + \cos^2 \phi \sin^2 \Delta - \sin^2 \delta_s > 0$
Parabole	$\zeta^2 + \cos^2 \phi \sin^2 \Delta - \sin^2 \delta_s = 0$
Ellipse	$\zeta^2 + \cos^2 \phi \sin^2 \Delta - \sin^2 \delta_s < 0$
Cercle	$\Delta = 0, i = \phi - \pi/2$
Droite	$\delta_s = 0$

TABLE 3 – Lignes de déclinaison d'un cadran déclinant incliné, avec  $\zeta = \cos \phi \cos \Delta \cos i + \sin \phi \sin i$ .

Une étude des tableaux 1 à 3 montre qu'il est relativement aisé de déterminer toutes les conditions à partir du seul cas du cadran vertical en effectuant des transformations minimales.

On peut dire que :

– dans tous les cas, la nature de la ligne de déclinaison est donnée par le signe du terme test :  $\cos^2 \delta_s - (\vec{a} \cdot \vec{x}_{DI})^2$  c'est-à-dire par la comparaison de la longueur  $L_s \cos \delta_s$  avec la mesure algébrique du style droit:  $\overline{HB'} = \overline{OB'} \cdot \vec{x}_{DI}$ .

– l'angle de rotation  $\theta$  permettant d'éliminer les termes croisés yDIzDI est tel que:

$$\tan \theta = \frac{\text{composante de la sous-styloire sur la ligne horizontale}}{\text{composante de la sous-styloire sur la ligne de plus grande pente}}$$

Cette rotation correspond dans tous les cas à rendre l'axe (Oy') parallèle à la droite des équinoxes et par conséquent, à le rendre perpendiculaire à la sous-styloire.

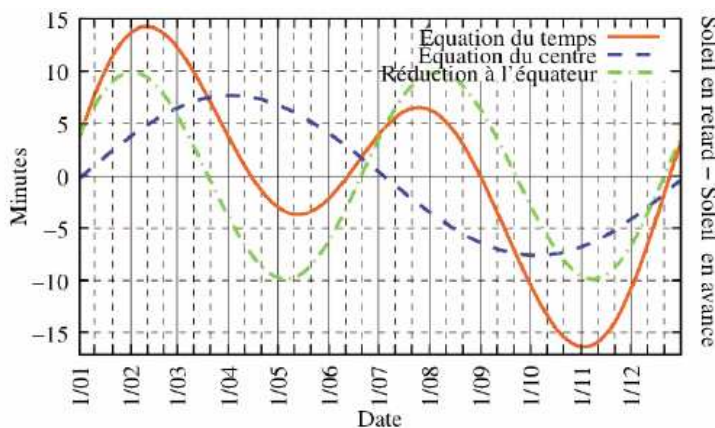
⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe:

L'intégralité de l'étude se trouve dans le dossier "Vial.A", sous le titre "vial\_ccs\_2print". Document en pdf de 15 pages, accompagné des présentations animées en MP4: "ecliptique\_365j" et "ecliptique\_preconique" et de la présentation faite lors de notre réunion du 25 octobre 2008: "ccs\_25102008.pdf".

### Quelques idées reçues sur la position du soleil

A partir de l'ellipticité de la trajectoire de la Terre et de l'obliquité de son axe de rotation on détermine l'équation du temps, qui combinée avec la position du Soleil dans le repère local horizontal permet la détermination des azimuts ainsi que les variations des heures de lever du Soleil à différentes latitudes. On établit ainsi quelques vérités sur la position du Soleil à différents moments de la journée.

### L'Equation du temps



Du fait de l'ellipticité de la trajectoire de la Terre et de l'inclinaison de son axe de rotation par rapport au plan de l'écliptique, deux corrections doivent être introduites pour calculer la position du soleil par rapport au cas idéal d'un mouvement circulaire dans le plan de l'équateur. La somme de ces deux corrections appelée *Équation du temps*, donne l'écart de temps

(en minutes) entre le temps moyen et le temps vrai. L'équation du temps s'annule quatre fois par an, aux environs du 16 avril, 13 juin, 2 septembre et 25 décembre. Elle atteint son minimum (- 16 minutes 25 secondes) le 3 novembre et son maximum (14 minutes 14 secondes) le 11 février (calculs pour l'année 2006).

La première étude de cette équation (au sens du XVIII<sup>ème</sup> siècle, c'est-à-dire correction) est due à l'astronome anglais John FLAMSTEED en 1672.

Une seconde conséquence de l'équation du temps, décrite dans la section suivante, est que les heures de lever et de coucher du Soleil ne sont pas uniquement régies par la déclinaison du Soleil.

## Le soleil, le temps et les points cardinaux

### Le jour le plus court, le soleil se lève-t-il le plus tard?

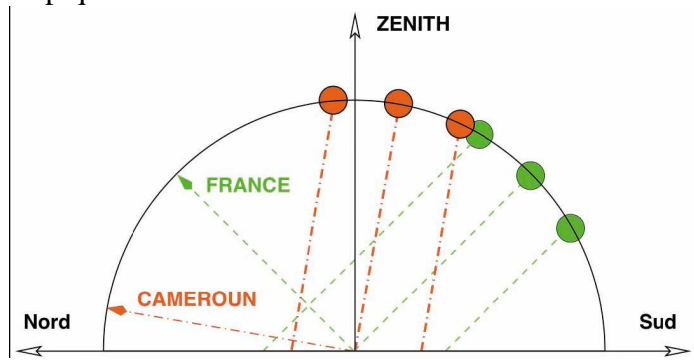
Suivant la latitude, la contribution de l'équation du temps est variable par rapport à la contribution de la déclinaison. La différence la plus visible concerne en fait la date pour laquelle la variation s'annule. La variation de l'heure de lever s'annule lorsque l'heure de lever est minimale ou maximale. En l'absence de l'équation du temps, le jour le plus court sera celui où le Soleil se lève le plus tard et se couche le plus tôt. Mais du fait de l'équation du temps, la date du lever le plus tardif est légèrement décalée par rapport au solstice d'hiver.

Pour résumer la situation, on peut dire que le lever le plus tardif a lieu plus tard que le solstice d'hiver, le lever le plus matinal a lieu avant le solstice d'été, le coucher le plus tardif a lieu plus tard que le solstice d'été et le coucher le plus précoce a lieu avant le solstice d'hiver. Par conséquent au début de l'hiver en France, même si les jours rallongent, le Soleil continue pendant quelques jours à se lever plus tard.

### Le soleil perd-il le Nord?

En France métropolitaine, nous avons l'habitude d'avoir le Soleil au Sud lorsqu'il atteint son zénith. Nous sommes généralement également convaincus que dans l'hémisphère sud, le Soleil sera au Nord à son point le plus haut. Pourtant, tout n'est pas aussi simple.

Dans l'hémisphère Nord, pour une latitude supérieure à la déclinaison maximale  $\epsilon$ , on vérifie  $0 < h < \pi/2$ , et si l'on se place face au Sud, le Soleil sera toujours visible. À la limite, il pourra être très exactement à la verticale le jour du solstice d'été si l'on se situe sur le tropique du Cancer.



Position du soleil à midi vrai pour les solstices et un équinoxe à Paris et Yaoundé

Au solstice d'été, à Yaoundé, le soleil a « dépassé » la verticale.

Au contraire, dans l'hémisphère sud, pour des latitudes comprises entre celles du tropique du Capricorne et le cercle polaire, le soleil ne sera visible que si l'on est face au Nord ( $\pi/2 < h < \pi$ ).

Le cas de figure le plus intéressant se présente dans la zone comprise entre les tropiques. En effet, il est alors possible que le Soleil indique soit le Sud, soit le Nord, selon sa déclinaison. Voir ci-contre.

## Le paradoxe de l'équinoxe

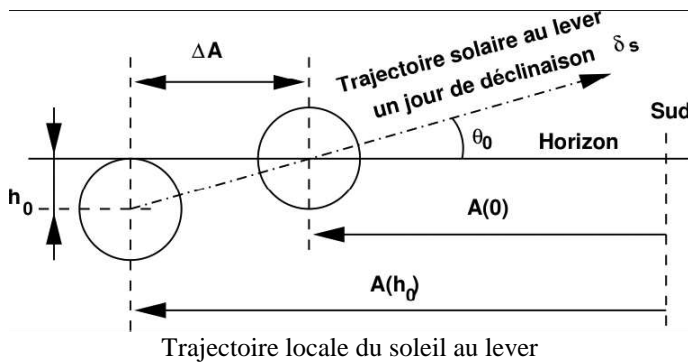
Par définition, les jours d'équinoxe, le jour et la nuit ont la même durée. Or la consultation d'un simple calendrier des postes nous indique qu'il n'en est rien, la durée du jour dépasse douze heures d'une dizaine de minutes à Paris. Pourtant dans la formule donnant la durée du jour entre le lever et le coucher du soleil, on trouve bien  $D_{\text{jour}} = 12 \text{ h}$ . La



différence provient du fait qu'imposer  $h = 0^\circ$  ne signifie pas que le Soleil va apparaître ou a disparu à l'horizon, mais que le centre du Soleil se trouve à l'horizon. Or pour déterminer l'heure de lever ou de coucher du Soleil, on se réfère au sommet du disque solaire, qui peut être visible même si le centre du Soleil est sous l'horizon (du fait du diamètre angulaire du Soleil, ainsi que de la réfraction atmosphérique). Pour cette raison, la détermination des heures de lever et de coucher se fait en tenant compte d'une valeur de  $h$  valant  $h_0 = -0,83^\circ$ . On obtient alors une nouvelle formule pour déterminer l'angle horaire de lever ou de coucher du Soleil.

Pour une latitude de  $48^\circ 51'$  et une déclinaison nulle, le Soleil apparaît environ cinq minutes plus tôt que ce que donne le calcul avec  $h = 0^\circ$ . Au total, on gagne donc dix minutes, ce qui correspond bien aux indications du calendrier.

On peut alors mettre en doute le résultat obtenu dans la partie 1, à savoir que les jours d'équinoxe, le Soleil se lève exactement à l'Est et se couche exactement à l'Ouest. En effet,



ceci n'est vrai que pour le centre du Soleil. On peut estimer l'erreur commise sur l'azimut du Soleil au lever et au coucher en considérant désormais le sommet du Soleil. Lorsque ce dernier apparaît à l'horizon, le centre du Soleil a pour hauteur  $h_0$  et son azimut est décalé d'une quantité  $\Delta A$  par rapport à la valeur déterminée avec l'équation permettant d'obtenir l'azimut du soleil

lorsqu'il se lève et lorsqu'il se couche.

**Pour conclure:**

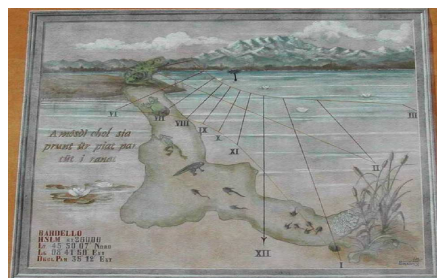
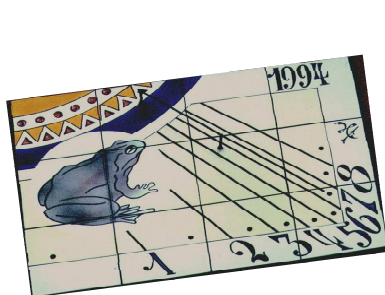
L'étude complète d'Alexandre Vial, nous montre, en s'appuyant sur de nombreuses formules que la trajectoire du Soleil dans le ciel n'est pas aussi régulière que ce que l'on s'imagine généralement : midi vrai n'est pas atteint tous les jours à la même heure, dans l'hémisphère nord le Soleil n'indique pas forcément le Sud à son point le plus haut, le Soleil ne se lève à l'Est et ne se couche à l'Ouest que lors des équinoxes, pour lesquelles le jour dure plus longtemps que la nuit. Enfin, le jour le plus court, le Soleil ne se lève pas le plus tard, ni ne se couche le plus tôt.

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe:

Dans le dossier "Vial.A", l'intégralité de l'étude publiée dans le volume 101, octobre 2007 de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie sous le titre "08970959". Document en pdf de 22 pages.



**Grenouilles et cadrans solaires** (sélection de Serge Grégori)





# INFORMATIONS DIVERSES



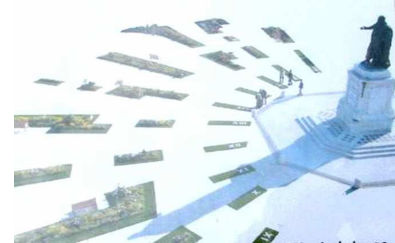
## Les dernières réalisations:



### - Information de **Aubry Gérard:**

- **Un cadran éphémère sur la place Stanislas à Nancy.**

Du 27 septembre au 2 novembre 2008, l'ombre de la statue de Stanislas Leszczynski trônant au centre de la place qui porte son nom, a indiqué l'heure en parcourant les bandes de gazon chiffrées implantées au sol.



### - De **Dallet Pierre Joseph :**

- **Un Cadran boussole avec un équatorial portatif et une montre précise**



<< Nous calculons :

° Le temps de passage (TP) du jour (Solarium le fait, page 9 / planètes) La formule est  $TP = 12 + Lg + EQ + Fuseaux$ . (Exemple, à Paris,  $lg -2^{\circ}20,23'$  le 16 juin 2008 :  $TP = 12h -9mn 21s + 47s + 2h = 13h 51mn 26s$  )

° Nous plaçons le point du disque portant cette heure (TP) sur la ligne méridienne de la planchette support, en tournant manuellement le disque.

° Nous orientons le cadran de manière à lui faire indiquer l'heure de notre montre (Temps légal français). Nous obtenons le

NORD immédiatement. Le support du cadran équatorial doit reposer sur un plan horizontal.

Pour un Cadran boussole avec deux cadrans couplés, nous utiliserons de préférence des cadrans procurant l'angle horaire. L'angle horaire est compté sur l'équateur céleste positivement vers le couchant. Il est compté à partir du méridien supérieur. On le mesure en "heure" : 1 "heure" =  $15^{\circ}$ , ou en degrés. Les solutions de cadrans boussoles les plus connues sont de fixer sur une planchette un cadran à style polaire et un cadran analemmatique ou une araignée d'azimut ou un cadran de projection stéréographique.

Bien orientés les deux cadrans procurent la même heure. On tourne manuellement l'ensemble de manière à obtenir la même heure sur les deux cadrans. Les méridiennes indiquent le NORD. Il est aussi possible le matin et le soir d'obtenir l'heure vraie par un cadran de berger et de trouver le NORD à l'aide du cadran à style polaire. La déclinaison gnomonique de ce cadran étant toujours égale à l'azimut du soleil il ne peut pas être fixé sur la planchette>>>.

### - Informations de **Theubet Joseph**

- **Azimut ou direction ?**

Le texte ci-dessous est extrait de la « *Mécanique Sentimentale* » de **René Béguin**- Genève 2006



Voici un appareil simplifié qui montrera clairement la différence entre la direction du Soleil et son azimut. Un moyen non mathématique consiste à suivre le Soleil en relevant sa direction sur un méridien mobile et en observant ce qui se passe sur le trigone des signes, puis en faisant la même opération sur l'azimut et la hauteur du Soleil.

Première constatation : on voit que durant la journée le point sans ombre sur le plan mobile de l'AZ varie de  $0^{\circ}$  au lever, passe au maximum puis termine à  $0^{\circ}$  au couchant.

Pendant la même journée, le point sans ombre du méridien mobile reste sur la même position dans le trigone des signes. Sans insister sur le fait que les valeurs de l'AZ ne sont pas les mêmes

que celles de AH, on voit que le cadran équatorial est égal à l'AZ aux deux Pôles de la Terre. A l'équateur, l'AZ ne bouge pas jusqu'à MIDI et d'un seul coup varie de 180°. (© Photo J. Theubet)

**- De Tognetti Roger**

**• Deux nouveaux cadrans à Poussan, près de Sete dans l'Hérault**

C'est à la retraite que M. Tognetti a été pris de la "folle passion" de la gnomonique: <<Je n'y connaissais absolument rien et c'est incidemment que je m'y suis attelé. Les livres de Denis Savoie m'ont apportés a peu près tout ce que je devais savoir, et après, bien sûr de nombreux tâtonnements,j'ai réalisé pour mon village ces 2 pièces.



Les démonstrations effectuées en public quand a la précision de la lecture de l'heure du cadran analemmatique m'ont valu de nombreuses félicitations. Ce cadran a été conçu pour pouvoir lire l'heure avec une précision de la minute.



L'épaisseur de l'ombre d'un

trépied positionné en fonction de la date du jour a été calculée pour recouvrir entièrement les marques. Le tailleur de pierre a utilisé des matériaux tel : la sidolite bleue pierre semi précieuse de Bolivie... l'ardoise noire des Pyrénées...et du marbre blanc de Carrare en Italie. Toutes les inscriptions sont incrustées donc ineffaçables. La municipalité a couvert les dépenses. Mon travail été entièrement bénévole....pour mon village et le plaisir de réaliser>>.

**- De Trouis Michel:**

**• Restauration d'un cadran**

<<Voici un cadran sur bois que j'avais fait en 1998 et qui en 10 ans était devenu illisible faute d'entretien régulier; (indispensable je pense sur ce type de support).

Après un toilettage complet (ponçage, curetage gravure, peinture et vernis) il a retrouvé son air du premier jour.

Il se trouve à Castelnaudary dans un jardin privé Chemin de la Consulte (juste après la propriété "La Consulte").

Sur la photo, un témoin de justesse avec un "veilleur radio controlled">>>.



**Informations en continu :**

Depuis 2007, des informations par mails sont adressées aux membres de la commission des cadrans solaires, en fonction de l'actualité gnomonique. Chaque courriel est identifié par le titre : « SAF\_CCS\_Informations N° x ». Afin de ne pas pénaliser les membres non informatisé ou ceux qui le sont mais ne reçoivent pas correctement les messages, nous reprenons ci-dessous la liste des informations diffusées à partir de la dernière publication dans Cadran Info N° 18.

■ = information encore valable. ● = information périmée, juste pour mémoire

	2008
■ Sommaire de la revue The Compendium 15-3, septembre 2008 de la NASS	N40 08 05/09
■ Sommaire de la revue "Le Gnomoniste" Vol XV,n°3 septembre 2008" de la CCSQ	N41 08 06/09
● Classification des cadrans solaires dans Solarium pour préparer réunion du 26 octobre	N 42 08 25/09
■ Publications diverses: catalogue N° 143 de "Rogers Turner Books" <a href="mailto:anthonyjturner@9online.fr">anthonyjturner@9online.fr</a> : 25 livres de gnomoniques disponibles. compilation d'articles/ photos de Reinhold Kriegler : <a href="http://www.ta-dip.de">www.ta-dip.de</a>	N43 08 03/10
■ Vient de sortir: Cadrans solaires du Queyras: Balade à l'heure du soleil. <a href="mailto:editionsduqueyras@orange.fr">editionsduqueyras@orange.fr</a>	N44 08 03/10
■ Nouveaux cadrans (1200 photos de cadrans solaires. 300 n'étaient pas répertoriés dans l'inventaire 2007. Ils sont repérés par un *). Site de Philippe et Isabelle LEFEVRE: <a href="http://phil.lefevre.free.fr">http://phil.lefevre.free.fr</a>	N45 08 05/10
■ Site du Club Chavillois d'Astronomie: <a href="http://astronomie.chaville.free.fr">http://astronomie.chaville.free.fr</a>	N46 08 07/10
● Symposium à l'UNESCO: "Le rôle de l'astronomie dans la société et la culture" du 19 au 23 janvier 2009	N47 08 4/11
■ Les cadrans solaires du languedoc sur TF1: <a href="http://tf1.lci.fr/infos/jt/0,.4090182.00-les-cadrans-solaires-du-languedoc-.html">http://tf1.lci.fr/infos/jt/0,.4090182.00-les-cadrans-solaires-du-languedoc-.html</a>	N48 08 05/11
■ Envoi du CR de la réunion de la CCS (25 et 26 octobre 2008)	N49 08 12/11
■ Photos de magnifiques cadrans: <a href="http://picasaweb.google.fr/mkief68/CSALLEMAGNEJUILLET2008?authkey=sRD8qU3H0ps#">http://picasaweb.google.fr/mkief68/CSALLEMAGNEJUILLET2008?authkey=sRD8qU3H0ps#</a>	N50 08 14/11
■ Sommaires de: De Zonnewyzerkring bulletin 08.3 septembre 2008, Deutsche Gesellschaft Chronometrie N°114 et La Busca de paper N° 61	N51 08 14/11
■ Reportage photos de la réunion du 25 octobre	N52 08 14/11
■ Un site de photos de cadrans: <a href="http://pagesperso-orange.fr/promenade-photo">http://pagesperso-orange.fr/promenade-photo</a>	N53 08 22/11
■ Sommaire : Gnomonica Italiana (Anno V, N° 16 - novembre 2008)	N54 08 24/11
● Recherche guides pour symposium (21 janvier 2008)	N55 08 06/12
■ Lancement "Bourse d'échanges" d'informations/documentations gnomoniques	N56 08 10/12
■ Sommaire du bulletin de la BSS de décembre 2008	N57 08 10/12
■ Communication de la liste des Liste des membres màj à début décembre 2008	N57b 0813/12
■ Nouveau site de Riccardo Anselmi <a href="http://Sundials.anselmi.vda.it">http://Sundials.anselmi.vda.it</a> ; MàJ du site de Reinhold Kriegler: <a href="http://www.ta-dip.de/162,0,milo-nosek,index,0.html">http://www.ta-dip.de/162,0,milo-nosek,index,0.html</a> ; les cadrans du mois de Joël Robic: <a href="http://pagesperso-orange.fr/cadrans.solaires/">http://pagesperso-orange.fr/cadrans.solaires/</a>	N58 08 17/12
■ Statistiques de "l'inventaire 2008" des cadrans solaires	N59 08 19/12
■ Envoi du calendrier du gnomoniste (avec les voeux pour la nouvelle année)	N60 08 23/12
	2009
■ Informations sur "AMA 2009", l'Année Mondiale de l'Astronomie.	N01 09 08/01
■ Un cadran solaire de La Societat Catalana de Gnomonica est en route vers le pôle Sud	N02 09 11/01
■ Sommaire des revues: ARBEITSGRUPPE SONNENUHREN im Osterreichischen Astronomischen Verein Gnomonicae Societas Austriaca (GSA) N° 36 décembre 2008; Bulletins de l'Association Nationale des Collectionneurs et Amateurs d'HORLOGERIE ANCIENNE ET d'ART, Articles concernant la gnomonique: N° 112 été et N° 113 Hiver; SCAPHE N°1 Centre Mediterrani del rellotge de sol N° 1 Hiver 2008; Deutsche Gesellschaft für Chronometrie, Mitteilungen N° 115, Herbst 2008; ZONNETIJDINGEN (Les 4 bulletins édités en 2008 par l'association flamande "Zonnewijzerkring Vlaanderen")	N03 09 24/01
■ Programme Astro-gnomonique 2009 de l'Association de l'Indre	N04 09 24/01
■ Le cadran solaire de La Societat Catalana de Gnomonica a atteint le pôle Sud + sommaire de la Busca Número 62 Hivern 2008-2009	N05 09 27/01
■ Sommaire "Le gnomoniste volume XV n° 4 de décembre 2008" de la CCSQ avec adresse de téléchargement.	N06 09 27/01
● Invitation de l'ARCA à la rencontre gnomonique les 7,8,9,10 mai 2009 à Majorque.	N07 09 27/01
■ Prochaines réunions de la CCS à Chaville (mai) et au Palais de la Découverte; Bulletins d'Horlogerie Ancienne et d'Art : N° 111 Horloge et cadran solaire de l'hôtel de ville de Wissembourg et Cadran solaire de l'église de Beaufort sur Gervanne, N° 110 Cadran de Noyers, N° 109 Horloge et cadran solaire de Mollans sur Ouvèze;	N08 09 10/02

"l'Astronomie n° 13" de février: "l'Apolytère" par Yves Opizzo.	
■ Sommaires: "Le gnomoniste volume XVI n° 1 de Mars 2009" de la CCSQ avec adresse de téléchargement et "bulletin de la BSS Volume 21 (i), mars 2009"	N09 09 02/03
■ Sommaire de la revue "The Compendium", Mars 2009 de la NASS	N10 09 18/03

☞ Pour tout renseignement, s'adresser à Ph. Sauvageot.



## Gnomonique du Monde

### - Sommaires des dernières revues ou bulletins:

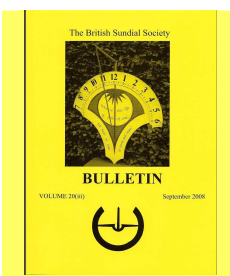


#### **Arbeitsgruppe sonnenuhren im Österreichischen Astronomischen Verein N°36 Décembre 2008** (papier) de la **GNOMONICAE SOCIETAS**

##### **AUSTRIACA GSA**

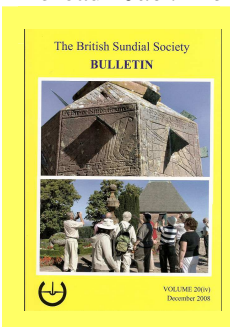
Editorial, Anschriften, Termine ; Eine Sonnenuhr von Foster mit Schattenumkehr, R. *Wieland* ; Sonnenuhr am Titelbild, A. *Prattes* ; Joanna Migdal, verheh. Lady White, England, *W Hofmann* ; Jahrestagung 2009 der AG Sonnenuhren der DGC, *H. Grenzhauer* ; Nachtrag zur Lichtleitersonnenuhr von Hans Kolar, *W Hofmann* ; Karl Schwarzinger zum 80. Geburtstag, *P Husty* ; Die GSA unter neuer Leitung, vorgestellt: *P Husty* ; Bericht über die Jahrestagung der GSA 2008 in Eugendorf bei Salzburg, *P Husty* ; Zum Nachdenken (zwei Aufgaben), Aufgabe aus Rundschreiben 35 und ihre Lösung, *F Vrabc* ; Beilagen: Tabellen der Zeitgleichung und der Sonnendeklination 2009 ; Index der Gnomonikartikel im Sternboten

o o o o o



#### **VOLUME 20(iii) - Septembre 2008** (papier) de la **BRITISH SUNDIAL SOCIETY**

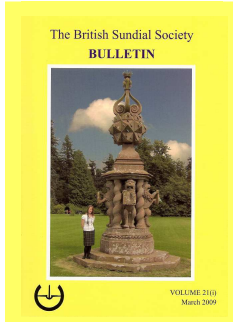
Editorial ; An Early Meridian Line in a Former Stately Home, Hampshire - *Douglas Bateman* ; Watts' Dial ; The Belmont Sundial - *Christopher Daniel* ; Sundial at the Mountbatten School, Romsey - *Andrew James* ; English Scratch (Mass) Dials: The Ravages of Time - *Chris H K Williams* ; Shadowy Secrets, Part 4: The Art and Artifice of the Gnomon - *John Moir* ; Photo Competition 2007 ; Over Three Hundred Years in the Sun: Thoughts of an Old Double Horizontal Dial - *Irene Brightmer* ; John Marke's Double Horizontal Dials - *John Davis* ; Readers' Letters - *Brightmer* ; The Dillington Double-Horizontal Dial and John Marke - *Frank Coe* ; Liverpool Road Railway Station, Manchester - *Roger Bowling* ; An Analysis of the Vertical Equiangular Sundial - *Graham Aldred and Celia James* ; New Dials - *Jones & Stephenson* ; Astrolabes, Part 5 - Other astrolabe related instruments - *Tony Ashmore* 136. Some Hertfordshire Sundials - *Ian R Butson* ; Readers' Letters (cont.) - *Wood & Wilson* ; BSS Accounts 2007 ; New Dials (cont.) - *Douglas Hunt* ; A Happy Ending: The Preston Gubbals Sundial - *Andrew James* 148. Sundials in Armenia - *Julian Lush* ; Readers' Letters (cont.) - *Wilson* ; A Visit to Belgium by Two Innocents Abroad - *Jack Bromily and Jim Marginson*



#### **VOLUME 20(iv) - Décembre 2008** (papier)

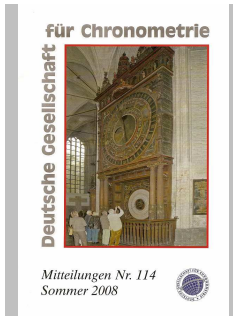
Editorial ; The Universal East and West Polar Dial - Mike Cowham 157. BSS Newbury Meeting-27 September 2008 - *John Davis* ; New Dial - *Boldyrev* ; Analemmatic Dials-Design Data - *Ken Head* ; Postcard Potpourri 10: Wimborne Minster, Dorset - *Peter Ransom* ; The Malvern Pillar Dial - *Tony Wood* ; The Life Cycle of English Mass (Scratch) Dials - *Chris H K Williams* 166. Timbouctou Sine Quadrant - *Malcolm Barrifield* ; Book Reviews - *Les méridiennes du monde et leur histoire* by *Andrée Gotteland* - *Walker, Brightmer* ; Diallist's Alphabet - *Tony Belk* ; Polar Dials at any Declination - *Tony Belk* ; A Sundial at the Bodleian Library in Oxford - *Anthony Capon* ; Liverpool Road Station Sundial, Manchester-a second view - *John Wall* ; "Meet me in St Louis" at the 14th NASS Conference, 7-10 August 2008-a UK visitor's impressions - *Mike Isaacs* 184. The Logarithmic Spiral as the Basis of a Polar South Sundial - *OrtYvin Feustel* ; John Blagrave - *JD* ; Joanna Migdal: Professional Artist, Professional Sundial Maker - a visit

report by *Douglas Bateman* ; **BSS Sundial Safari to the Alsace, 6-10 September 2008** - *Cowham, Jenkins, Aldred, Bateman, Scrnryer, Petrie, Nicholson* ; Henry Gyles - *JD* ; An Early Meridian Line in a Former Stately Home, Hampshire-Additional Information - *Douglas Bateman* ; A Puzzle at Rave 11 0, Italy - *Nicola Severino and John Davis*.



**VOLUME 21(i) - Mars 2009 (papier)**

A North-facing Polarization Sundial of Varying Hue - *Allan Mills* ; Gerard Désargues - *JD* ; New Dials - *French, Dmitriev, Dillon* ; A Moondial for the Northern Hemisphere - *Michael Lee* ; Reader's Letter - *Kenn* ; An Electronic Polarization Sundial and Photometer - *Allan Mills* 16. The Mass Dials of Continental Europe - *Chris H.K. Williams* ; Construction of my Lawn Analemmatic Sundial - *Ken Head* ; SIS Invitation Lecture (report) - *John Davis* ; Sundials of St Petersburg - *Valery Dmitriev* ; Is that a dial? Barcheston, Warwickshire - *Jill Wilson and Tony Wood* ; A Russian Analemmatic Dial - *Aleksandr Boldyrev* ; An Unusual Equation of Time Display - *John Davis* ; Dial Dealings - *Mike Cowham* ; Postcard Potpourri **III**: All Saints' Church, Hillesden, Bucks - *Peter Ransom* ; Book Review - *Shaw* ; The Sundial at Glamis Castle - *David Gauld* ; Jane Austen and a "Small Astronomical Instrument" - *John Baxandall* ; Graveyard and other Memorial Sundials - *John Wall* ; Sundial Alarm - *Tony Moss*.

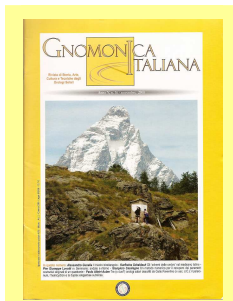


**MITTEILUNGEN N° 114 sommer 2008 (papier) de la DEUTSCHE GESELLSCHAFT für CHRONOMETRIE**

Article concernant les cadrans solaires: Die wiederentdeckten sonnenuhren von Estepona/Spainien

**MITTEILUNGEN N° 115 Herbst 2008 (papier)**

Article concernant les cadrans solaires: Eine universelle Formel zur Berechnung der Poloschattenlänge bei Vertikal und Horizontaluhren par Diplomphysiker Dr. Walter Zimmermann



**GNOMONICA ITALIANA N° 16 novembre 2008 (papier) de la COORDINAMENTO GNOMONICO ITALIANO - CGI**

Il triedro trirettangolo (Alessandro Gunella) ; Recensioni (Gianni Ferreri) ; Gli "schemi delle ombre" nel medioevo latino (Karlheinz Schaldach) ; Itinerari gnomonici (Pier Giuseppe Lovotti) ; XV seminario di gnomonica (Enrico Del Favero) ; Un metodo numerico per il recupero dei parametri costruttivi originali di un quadrante (Gianpiero Casalegno) ; Antiche pagine, redazione ; I quiz (Alberto Nicelli) ; Restauri (Mario Arnaldi) ; Antichi strumenti (Silvio Magnani) ; Tre (o due?) orologi solari descritti da Cetio Faventino (III sec.d.C): Il pelecinum, l'hermicyclion e la duplex elegantiae subtilitas (Paolo Albéri-Auber) ; Rassegna Stampa (Alessandro Gunella) ; Effemeridi (Paolo Albéri-Auber)



**LE GNOMONISTE Volume XV- 3 Septembre 2008 (A télécharger sur le site: [http://cadrans\\_solaires.scg.ulaval.ca/](http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/)) de la COMMISSION DES CADRANS SOLAIRES DU QUEBEC**

Liminaire (L: XV,3) par André E. Bouchard (*yc les relations entre nos 2 sociétés*) ; De la résolution du triangle sphérique de position par Yvon Massé ; Deux inaugurations de cadrans solaires par Y. Melançon et J.S. Dion ; *La douceur d'un été en Bretagne* par André E. Bouchard ; *Photo-reportage de cadrans solaires de Nantes* par Joël Robic ; Correspondance ; Le cadran qui n'a plus d'ombre par Mélanie Desmeules ; Journées de la culture ; John Harrison... 250 ans plus tard par Michel Marchand ; Revue des Bulletins de gnomonique par d'autres sociétés nationales (*yc notre bulletin Cadran Info N°17*)

**LE GNOMONISTE Volume XV- 4 Décembre 2008**

Liminaire (L: XV,4) par André E. Bouchard ; La quinzième rencontre annuelle de la CCSQ par Mélanie Desmeules ; Photos-reportage de la visite dans le Port de Québec ; Correspondance ; Une exposition de méridiennes dans des cathédrales par André E. Bouchard ; Les cathédrales, ces observatoires du soleil par Geneviève Massé ; Une



maquette et un cadran pour Saint-Germain par André Beaulieu ; Le secret de Hergé par Michel Marchand ; Le cadran du Fort-Ste-Marie (1690) de Montréal par André E. Bouchard ; Nouvelles en vrac.

**LE GNOMONISTE Volume XVI- 1 Mars 2009**

Liminaire (L: XVI,1) par André E. Bouchard ; Le cadran des Soeurs de la charité d'Ottawa par Roger Bailey ; Correspondance par D.Ross G. Massé L. Martel et N. Lavigne ; Quelques chemins de ma mémoire commémorative (hommages à Newton et à Darwin) par André E. Bouchard ; **De la résolution du triangle sphérique de position par l'analemme à différents cadrans de hauteur par Yvon Massé** ; Des nouvelles de

l'étranger par nos collègues gnomonistes ; Deux nouveaux cadrans dans le répertoire par C. Crevier et D. Saucier.



**"The Compendium vol 15-3 Septembre 2008" (sur CD) de la NORH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY**

Avec en couverture le cadran de marée de J. ROBIC et des références aux études de P.GAGNAIRE et de A. FERREIRA concernant les cadrans de Zarbula dans la partie "Connection" du CD.

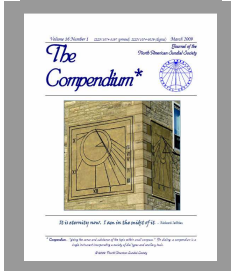
Sundials for Starters: An Analemmatic Sundial *Robert L. Kellogg* ; **A Tide Dial Joël Robic** ; An Unusual Graphical Method To Make A Vertical Dial *Alessandro Gunella* ; Quiz: Ancient Sundial Location *Ortwin Feustel* ; A Forgotten Sundial Designed by *Thomas Jefferson Snyder / Woodhouse* ; The Sundial At Jefferson Barracks In St. Louis *Snyder / Schuermann* ; A 125th Anniversary ; Bifilar Origins *Fred Sawyer* ; A Note On The Spherical Gnomon Sundial *Hal Brandmaier* ; Illumination Of Vertical Sundials *Herbert O. Ramp* ; Digital Bonus : Bifilar Origins & Connections *Fred Sawyer* ; Quiz Answer: Location Lost *Rolf Wieland et al.* ; A Shadow Meter *Brian Albinson* ; A Triple Combo Sundial *Mac Oglesby* ; The Tove's Nest



**"The Compendium vol 15-3 Décembre 2008 (sur CD)**

Sundials for Starters – Azimuth Of Sunrise *Robert L. Kellogg*; Lines For Unequal Hours Are Not Straight *Alessandro Gunella Sheldon Moore's Sundial Business Conn. Historical Society*; A Triple Horizontal Sundial For California *John Davis*; Gnomonics In A Japanese Jr. High School Entrance Exam *Barry Duell*; Sightings... In Carnegie *Steven R. Woodbury*; A Shadow Plane Hours-Until-Sunset Dial *Mac Oglesby*; Slope Of The Summer Solstice Curve At Large Hour Angles *Ortwin Feustel*; Quiz Answer: Ancient Sundial Location Posed by *Ortwin Feustel*; A Glimpse

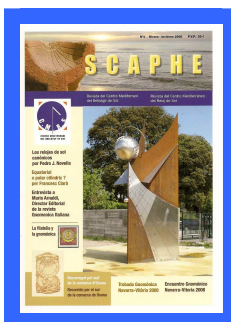
Of Alsace *Fred Sawyer*; Quiz: Nicole's Reflections *Fred Sawyer*; The Tove's Nest; Digital Bonus



**"The Compendium vol 16-1 Mars 2009 (sur CD)**

Sundials for Starters: The Sundial Registry *Robert L. Kellogg* ; Sidereal Time For The Homogeneous Analemmatic Sundial *Hendrik J. Hollander* ; A Vertical Declining Cast Concrete Sundial *Mac Oglesby* ; Indian Circles – Again *Alessandro Gunella* ; A Simple Trick For Reading Analemmatic Dials *Bill Gottesman* ; The New Time – A Poem Trilogy (1896) *Anonymous* ; Quiz Answer: Nicole's Reflections *Fred Sawyer* ; Quiz: Bob's Design Parameters *Ortwin Feustel* ; Ecliptical Planetary Hours *Fer J. de Vries* ; Sisters Of Charity Of Ottawa Sundials *Bailey & Seguin* ; The Vertical Sundial

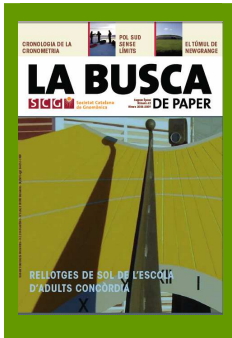
Of The Leimonos Monastery *Efstratios, et al.* ; Digital Bonus ; A Derivation Of Formulae For Elevation And Azimuth *Herbert O. Ramp* ; Patron Saint Hildevert *Fred Sawyer* ; The Tove's Nest ; A Projected Bury St. Edmunds EOT Curve *Kevin Karney Cover*



**SCAPHE N° 1 (sur papier) du CENTRE MEDITERRANI DEL RELLOTGE DE SOL**

Les relojes de sol canonicos por *Pedro J. Novella*; Equatorial o polar cilindric? Per *Francesc Clara*; Entrevista a *Mario Arnaldi* Director editorial de la revista *Gnomonica Italiana*; la filatelia y la gnomonica; recorrido por el sur de la comara de *Osona*; Trobara *Gnomonica Navarra-Vitoria 2008*.

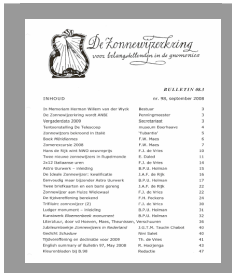




**La BUSCA de PAPER N° 62 Hiver 2008-2009 (CD et papier) de la SOCIETAT CATALAN DE GNOMONICA**

Editorial ; Correus dels Socis ; Relotges de sol de l'escola d'adults Concòrdia, per C. Lladó ; Equació del temps i Analemes (I), per J.M. Casals ; Per a navegants ; Restauració dels rellotges de sol del Castell de Vacarisses ; Rellotge de sol de refracció del Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, per R. Soler ; D'Interès ; Una cronologia de la cronometria, per E. Farré ; La dona sense ombra, per J. Girbau ; El túmul de Newgrange, per A. Pérez Verde ; Rellotges restaurats ; De la ressenya al Google Earth, per I. Vilà ; Pol Sud Sense Límits ; Textos en castellà ; Anys de la Busca de Paper

o o o o o



**De Zonnewijzerkring bulletin N° 98, 08.3 septembre 2008 (papier) de la Zonnewijzerkring (Amsterdam)**

In memoriam Herman Willem der Wyck - *Bestuur*; De zonnewijzerkring wordt ANBI – *Penningmeester*; Vergaderdata 2009 - *secretariaat*; Tentoonstelling de telescoop – *museum Boerhaave*; Zonnewijzers bekroond in Italië – *Tubantia*; Boek Méridiennes *FW Maes*; Zomerexcursie 2008 - *FW Maes*; Hans de Rijk wint NWO oeuvreprijs – *FJ de Vries*; Twee nieuwe zonnewijzers in Rupelmonde – *E. Daled*; 2x12 Italiaanse uren - *FJ de Vries*; Astro uurwerk, inleiding - *BPU. Holman*; De ideale zonnewijzer,

kwalificatie -*JAF de Rijk*; Eenvoudig maar bijzonder astro uurwerk -*BPU. Holman*; Twee briefkaarten en een bami goreng -*JAF de Rijk*; Zonnewijzer aan Huize Wielewaal -*FJ de Vries*; De tijdvereffening berekend – *FH. Fockens*; Trifilaire zonnewijzer -*FJ de Vries*; Ludger monument, inleiding - *BPU. Holman*; Kunstwerk blomenbeek monument - *BPU. Holman*; Literatuur, door vd Hoeven, Maes, Theunissen – *Verschuuren*; Jubileumboekje Zonnewijzers in Nederland – *JGTM. Taudin Chabor*; Gedicht schaduw - *Nini Saler*; Tijdvereffening en declinatie voor 2009 – *R.Hooijenga*; Kleurenbladen bij B98 – *Redactie*.

o o o o o



**"Zonnetijdingen": Les 4 bulletins (papier) qui ont été édités en 2008 par l'association flamande "Zonnewijzerkring Vlaanderen".**

N° 1 : Voorwoord ; De horizontale zonnewijzer van pater Dreesen ; Vijf soorten tijd in een uurwerk ; Zonnewijzers uit het Rijksmuseum ; De nieuwe zonnewijzer van de Sint-Martinuskerk ; Een Italiaanse zonnewijzer in Libie ; Wordpuzzel: zonnewijzers in Hasselt ; Kringleven

N°2 : Voorwoord ; Twee nieuwe zonnewijzers in Rupelmonde ; Optische vezels in een didactische zonnewijzer ; Zonnewijzers in het Rijksmuseum (deel 2) ; De dagelijkse zonnebaan: schijn en werkelijkheid ; Kringleven

N° 3 : Voorwoord ; Zonnewijzer resultaat van zorgvuldige studie ; Zonnewijzers van het Rijksmuseum (deel 3); Uiterste uren zonnenschijn op een willekeurig zonnewijzervlak (deel 1) ; Een zonnewijzer op een vulkaan ; Zonnewijzers in het Werelderfgoed ; Hetjaar van de Kroaten ; Kringleven

N°4 : Voorwoord ; Zonnewijzertentoonstelling in Genk ; De dubbele polaire zonnewijzer in Ronse ; Een combinatie van equatoriale en verticale zonnewijzer ; Uiterste uren zonnenschijn op een willekeurig zonnewijzervlak (deel 2) ; Een zonnewijzer waarin de mens betrokken wordt ; Kringleven

Toutes les revues publiées sur papier sont scannées. Les articles qui vous intéressent peuvent vous être adressés au même titre que ceux sur support numérique .

☞ Pour se procurer des articles, s'adresser à Ph. Sauvageot.

- ° Si vous avez une adresse mail et l'ADSL, les dossiers peuvent vous être envoyés gratuitement par courriel (maxi 2/3 pages). Pour un nombre de pages plus important l'envoi se fera sur CD (prix d'un CD vierge + frais d'expédition).
- ° Si vous n'êtes pas informatisé, une photocopie peut être réalisée. Prix de la feuille au tarif de la SAF + frais d'envoi suivant poids.



## - Informations des sociétés gnomoniques:

° **Eric Daled** de l'association flamande "**Zonnewijzerkring Vlaanderen**" signale que le site web du groupe de travail "Gnomonica" [www.gnomonica.be](http://www.gnomonica.be) a été mis à jour avec la coopération du "Zonnewijzerkring Vlaanderen".

On peut y trouver maintenant 370 photos de cadrans solaires de Belgique: 18 à Bruxelles, 230 en Flandre et 122 en Wallonie. Il y a aussi une répartition par type de cadran. <<Nous serions bien heureux de recevoir les réactions éventuelles de nos collègues français>>.

° **Conxita Bou** de la **Societat Catalana de Gnomonica** nous a informé: <<Depuis environ un an, la *Societat Catalana de Gnomònica* a travaillé activement sur le projet SUSIE (Sundial on the Southernmost Ices on Earth). Il est né de l'intention de placer un cadran solaire qui pourrait montrer le temps pour la première fois dans l'histoire, au Pôle Sud géographique. En d'autres termes, nous voulions mettre en réalité la volonté de calculer et de concevoir un cadran solaire pour la latitude la plus austral de notre planète, et que Xavier Valbuena, membre de notre société en était le transporteur.



<<Le 20 Janvier, à 21:20 heures de Barcelone, l'expédition *Pôle Sud Sans Limites Obra Social "la Caixa"* a atteint son objectif. Le chef de la base américaine a remercié le geste et leur a fait signer un document commémoratif de l'acte de livraison avec le nom du cadran solaire et le nom des auteurs. A partir de ce document, le personnel de la base fera une plaque de métal, en couleur qui elle sera placée à coté du cadran. Le cadran sera gardé à l'intérieur de cette grande station, en raison des fréquents tourmentes de neige, mais il pourra aussi être éventuellement utilisé à l'extérieur>>.

° **Yukio Ono** de l'association "**Japan Sundial Society**" nous offre cette image de Ukiyoe par Utamaro, Edo-era. Il s'agit <<d'une demoiselle issue d'une scène routinière mentionnant un cadran solaire d'heures et d'unité de temps>>

° **Enrico Del Favero** nous a offert le compte rendu du **XVème séminaire de la gnomonique d'Italie** (30/31 Mai et 1<sup>er</sup> juin 2008) **ATTI** en CD et en brochure de 235 pages. La sezione quadranti solari dell'unione astrofili italiani a été organisée par l'Associazione "Le meridiane" di Monclassico avec la collaboration d'Enri Del Favero et Claudio Garetti del Gruppo Milanese



Quadranti solari et la participation de la Coordinamento Gnomonico Italiano. Au programme:  
**Agnelli Giacomo** : Giochi di luce - per l'illuminazione diretta dei sole sugli emblemi del Cristo Risorto - in un tempio moderno recentemente costruito a Padergnone (Rodengo-Saiano BS) ; **Agnelli Giacomo** : Considerazioni sul ripristino della meridiana di Padre Rosina ; **Agnes Luciano** : Astrolabi per misurare cielo e terra ; **Alberi-Auber Paolo** : Un orologio solare sfelico "a foro sommitale" scavato recentissimamente in Istria (cr/hr), aggiorna -

menti; **Alberi-Auber Paolo** : Gnomonica egizia: gli strumenti "a copertura d'ombra". L'analisi gnomonica del papiro di Tanis (1<sup>o</sup> sec. DC) ; **Arnaldi Mario** : Cinque orologi solari medievali del Fermano ; **Barbolini Stefano-Garfalo** : La meridiana di Palazzo Pitti ; **Brinch Giovanni** : Piazza Carlo

Maria Carafa - Grammichele (Catania). Détermination avec méthode géodétique du méridien local ; *Casalegno Gianpiero* : Un logiciel pour le projet et la simulation d'horloges solaires ; *Caviglia Francesco* : Un approcchio agli orologi solari bifilari ; *Cintio Alberto* : Monclássico (TN): Un paese a vocazione sol are ; *Cominotti Claudio* : Il tempo del sole ; *De Donà Giuseppe* : Un orologio solare sulla rampa del garage ; *Del Favero Enrico* : Il Congresso internazionale della Società Catalana di Gnomonica ; *Ferrari Gianni* : Détermination dell'istante dell'equinozio in una meridiana a camera oscura ; *Ferrari Gianni* : L' orologio romano conosciuto come "Prosciutto di Portici" ; *Ferro Milone Francesco* : Specchi e Antipolarità ; *Flora Francesco* : Le meridiane e gli impianti per energia solare ; *Forlati Paolo* : Ruota della Fortuna O Astrolabio gigante? *Ghia Luigi Massimo* : Rassegna di progetti gnomonici simulati (orologi a riflessione) ; *Gunella Alessandro* : Un orologio solare rimosso dalla coscienza degli gnomonisti: l'astrolabio ; *Lanciano Nicoletta - Bellocchi Emanuelle- Berardo Mariangela*: Località ordinate per longitude e latitudine sulle meridiane catottriche dei Maignan a Roma ; *Lovotti Pier Giuseppe* : L'orologio solare orizzontale a tempo medio di Hollander ; *Lovotti Pier Giuseppe* : L' orientamento delle pievi medievali della Lunigiana storica ; *Magnani Silvio* : Eliocronometro a riflessione ; *Mesturini Giorgio - Bonini Giancarlo* : La nuova meridiana a camera oscura di Perinaldo ; *Mussi Danilo* : Le meridiane della Judicaria ; *Paltrinieri Giovanni* : La scoperta a Bologna di una meridiana cinquecentesca attribuita a Egnazio Danti ; *Rattotti Roberto* : Intagliare il tempo ; *Rouxel Bernard* : **Una meridiana trifilare** ; *Stocco Elsa* : Gnomonica a scuola ; *Tasselli Tonino - Ghia Luigi* : Un orologio "panoramico" ; *Tavernini Giuseppe* : Gli orologi solari del monastero "Clarisse San Damiano" di Borgo Val Sugana (Trento) ; *Vivaldo Luciano* : Orologi solari in Val d'Isarco e Val Pusteria in provincia di Bolzano ; *Zuccalà Giuseppe* : Simulazione ed animazione software del "miracolo" dell'orologio di Achaz ; *Zuccalà Giuseppe* : Simulazione ed animazione software dei movimenti del sole nel cielo zodiacale



## ° Autres informations

### - Offre de "visite astronomique" à Strasbourg:



En complément à son article publié dans ce présent Cadran Info, M. Guy Brelivet, , lecteur de notre revue propose, sur rendez-vous: << d'accompagner des personnes sur un trajet touristique à Strasbourg (durée 2 heures) à travers la petite France et montrer 4 cadrans de la rue; 7 de la cathédrale qui sont accessibles, la méridienne de Schwilgué, l'origine du rayon vert. A charge des visiteurs de monter 300 marches pour découvrir les cadrans de la terrasse, le mouvement de l'horloge astronomique à 12h15.

Prendre contacte avec G.Brelivet: 1 rue Emile Picard, 67 380 LINGOLSHEIM ([gbrelivet@yahoo.fr](mailto:gbrelivet@yahoo.fr)).

### - Encore un cadran de cassé...

M. Tony Mazziotti nous informe que fin d'année 2008, la mairie lui a fait part de la chute du cadran solaire de St-Etienne-des-Ouilières. Il était installé sur le Plateau Sportif, depuis de nombreuses années. <<D'après ce que j'ai constaté, il ne peut s'agir que d'un acte délibéré de vandalisme "gratuit">>.

### - La commission des Cadrans solaires au Symposium

Un symposium organisé par l'UAI et l'UNESCO sur "Le rôle de l'astronomie dans la société et la culture" s'est tenue au siège de l'UNESCO à Paris du 19 au 23 janvier 2009 (notre invitation par Info courriel N47 et N55\_2008).

David Valls-Gabaudde nous a permis de présenter des cadrans solaires de Paris le mercredi 21 après midi. Un groupe de 45 personnes a visité la méridienne de l'observatoire de Paris guidé par les scientifiques de l'établissement. Un autre groupe d'environ 70 personnes piloté par Alain Ferreira et accompagné de Madame Gotteland et de Philippe



Sauvageot ont animé un circuit parisien passant par: Le lycée Henri IV, le lycée Louis Legrand, La Sorbonne, Le musée de Cluny, l'Hôtel de la Monnaie et l'institut de France.



▲ Lycée Henri IV  
Lycée Louis Legrand ▶



▲ Auditorium Marcel Dupré

Cette journée s'est terminée par un concert de musique "Astronomique" interprété à l'orgue et au piano par le Dr Dominique Proust, scientifique, astrophysicien et musicien.

### - C'est mieux le matin...

La gnomonique et notre commission ont été mis à l'honneur en février dans une des émissions "C'est mieux le matin" diffusée sur FR3 Midi-Pyrénées/Languedoc Roussillon.



Des informations sur les cadrans de la région ont été fournies par Ph Sauvageot, des cadrans de poche furent prêtés par le musée Paul Dupuy de Toulouse et Didier Benoit a présenté sa quête du patrimoine gnomonique régional, la restauration des cadrans de la cathédrale d'Albi ainsi que des explications sur la conception et la réalisation des cadrans. L'adresse de notre site a été communiquée.

### - Equinoxe du Printemps

Cette année, le printemps astronomique a débuté le 20 mars à 11h 44m UT (Paris). Quelques visiteurs et/ou passionnés d'astronomie ont voulu vérifier sur la méridienne de l'église Saint Sulpice à Paris la justesse du moment. Il s'est avéré d'après Alain Ferreira, que le rendez-vous était raté.

Que ce passe-t-il? «Saint Sulpice s'affaisse? Paris s'écroule? le vitrail descend? Le Monnier a manqué de précision?» se demande Alain.



### - A vendre

M. Maurice Kieffer nous informe que l'Hôtel des ambassadeurs de Hollande, rue Vieille du Temple à Paris 4, est à vendre pour 35 millions d'euros. Si un membre de la commission souhaite profiter de cette occasion, il pourra contempler à loisir les 7 cadrans solaires ornant la cour. Réalisés par le père Sébastien (mathématicien et membre de l'académie des sciences), ils dateraient d'environ 1680.

☛ Si vous participez ou avez la connaissance de manifestations gnomoniques dans votre région, si vous avez des informations gnomoniques diverses: ayez le réflexe de communiquer l'information. Merci.



## Des livres et des revues

### - Bibliothèque gnomonique virtuelle:

Nouveaux livres numériques (titres précédents dans cadran info n° 17 et 18)

**FRANCOEUR: ANNALES DE MATHEMATIQUES pures et appliquées;** Gnomonique : sur la méthode universelle pour tracer toutes sortes de cadrans solaires à toutes latitudes (1818-1819) pages 91 à 97.

*Présentation: dossier PDF comprenant le titre de l'ouvrage et les pages 91 à 97 (640Ko)*

**RAYET M.G: ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE.** Les Cadrans solaires coniques. Cinquième série 1875; pages 52 à 96.

*Présentation: dossier PDF comprenant le titre de l'ouvrage et les pages 52 à 96 pages (992Ko)*

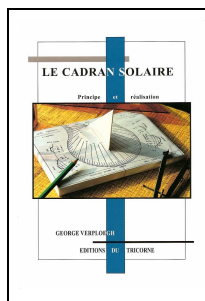
**ALEXANDRE Jacques (R.P. Dom) : TRAITE GENERAL des HORLOGES.** A PARIS chez Leonce Laget 75 rue de Rennes 1978, fac-simile offset de l'édition publiée en 1734.

*Présentation: dossier PDF comprenant l'ensemble des 290 pages de l'ouvrage en 8 parties (total 2,93 Mo)*

Merci à Fred Sawyer et à Gérard Aubry pour ces nouveaux titres

☛ Appel à tous les chercheurs et explorateurs d'internet pour apporter de nouveaux titres

### - Nouvelles publications:



#### ■ LE CADRAN SOLAIRE principe et réalisation

Livre au format A4 de 85 pages. L'auteur George Verploegh docteur en sciences, propose après une courte présentation des cadrans solaires, leur construction principalement géométrique. Au sommaire: l'ombre et le temps dans les siècles, le mécanisme du cadran solaire, la préparation du dessin d'un cadran, le cadran équatorial, le cadran plein Sud puis d'orientation générale. De nombreux schémas.

Editions du Tricorne, 14, rue Lissignol, 1201 Genève (en vente en librairie)



#### ■ REVUE D'HISTOIRE DES SCIENCES Tome 61-1 janvier/juin 2008

Le dossier de la revue porte sur Grandjean de Fouchy. 15 spécialistes décrivent en une vingtaine de pages, les différents travaux et facettes de cet astronome. En outre Mme Suzanne Débarbat : "Fouchy et ses travaux en astronomie" et Denis Savoie "L'aspect gnomonique de l'œuvre de Fouchy, la méridienne de temps moyen".

Abonnements et vente au numéro:

Armand Colin-service abonnemenr, 5, rue, Laromiguière 75240 Paris cedex 05.

Tél: 08 20 06 50 95, étranger: 01 40 46 49 89



### Articles à paraître dans le prochain Cadran Info

Merci aux auteurs ci-dessous pour leurs articles en réserve de publication:

- \* **Baillet Gérard:** Un cadran cylindrique "par transparence".
- \* **Bassinot Edouard:** Présentation du dossier "Le temps solaire"
- \* **Fort Jean:** Les montres - cadrans solaires
- \* **Gagnaire Paul:** La mystérieuse devise du cadran de Jumièges
- \* **Gotteland Andrée:** Dossier l'Astronomie et les peuples anciens
- \* **Robic Joël:** Un serre ou veranda/cadran solaire
- \* **Savoie Denis:** Le cadran sur le barrage EDF
- \* **Ugon Michel:** Le secret de saint Romain, 2ème partie: la statue.

Les informations du présent bulletin sont arrêtées au 8 avril 2009.