

N° 20 Octobre 2009

[www.astrosurf.com/saf/](http://www.astrosurf.com/saf/)

➤ Site SAF COMMISSION DES CADRANS SOLAIRES

Revue de la Commission des cadrans solaires

## Notre dossier

# Le cadran solaire du barrage de Castillon

- Les 10 ans de Cadran Info
- Les cadrans anciens du Tarn, équinoxe sur le cadran de l'Hôtel Dieu de Troyes
- Un cadran cylindrique sans style, la théorie du cadran à chapeau, analemmatique circulaire à style fixe, trajectoire du soleil sur une serre
- Les ellipses de Bianchini, la devise mystérieuse de Port-Jumièges, les Phéniciens et l'astronomie
- 37 cadrans-6 abaqués-4 tables, Les secrets du cadran de Saint-Romain (2ème partie), La table de Sarzeau
- Faites les vous-mêmes: cadran avec une roue de brouette, peinture d'un cadran sur crépi
- Comment dit-on cadran canonial?, cadran de B. Kart
- Informations diverses, nouvelles réalisations, sociétés étrangères, livres, sites internet...





## Sommaire du N° 20

<a href="#">Cadran-Info</a>		Sauvageot Philippoe	4
<a href="#">Cadrans anciens du Tarn</a>		Benoit Didier	7
<a href="#">Cadran cylindrique sans style</a>		Baillet Gérard	9
<a href="#">Les Phéniciens</a>		Gotteland Andrée	18
<a href="#">Cadran de l'Hôtel Dieu de Troyes</a>		Garino Claude	22
<a href="#">Cadran de Kart à Montagnieu</a>		Gagnaire Paul	24
<a href="#">Les ellipses de Bianchini</a>		Gagnaire Paul	38
<a href="#">Devise mystérieuse à Port-Jumièges</a>		Gagnaire Paul	43
<a href="#">Les marqueurs du midi</a>		Kriegler Reinhold	47
<a href="#">La serre solaire</a>		Robic Joël	53
<a href="#">Le Cadran solaire barrage de Castillon</a>		Savoie Denis	56
<a href="#">Comment dit-on cadran canonial?</a>		Schneider Denis	78
<a href="#">Faites les vous-mêmes: "Décoration peinte sur crépi" et "avec une roue de brouette"</a>		<i>Theubet Joseph / Visentin Ennia/ Dallet Pierre Joseph</i>	84
<a href="#">37 cadrans, 6 abagues, 4 tables</a>		Ugon Michel	92
<a href="#">Le secret de Saint-Romain (2° partie)</a>		Ugon Michel	95
<a href="#">La table de Serzeau</a>		Ugon Michel	101
<a href="#">La théorie du cadran "chapeau"</a>		Vial Alexandre	110
<a href="#">Analemme circulaire à style fixe</a>		Vercasson Michel	113
<a href="#">Informations diverses</a> Dernières réalisations, Informations en continu, Gnomonique du Monde, Autres informations, Reportages, Des livres et des revues, Articles à paraître.		E. Bassinot, D. Benoit, P. Bohu, P.J. Dallet, A. Ferreira, J. Fort, M. Gauthier, M. Kieffer, Y. Massé, M. Monnerie, V. Moruzzi, Ph. Sauvageot ; D. Savoie, Sociétés étrangères:	118

Version 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 réalisé par Denis Savoie sur le barrage hydraulique EDF de Castillon.

Photo D. Collin

# 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 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 scans 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

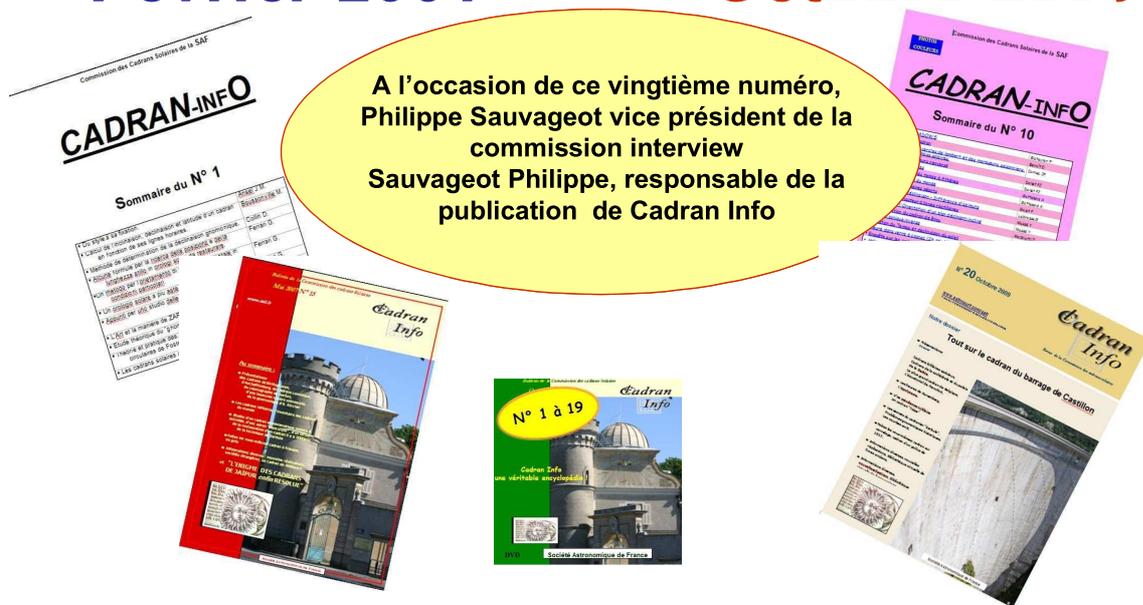


N°1

Février 2001

N°20

Octobre 2009



**- Ph. Sauvageot vice président:**

*La première question qui vient à l'esprit est: comment l'idée de Cadran Info est-elle née?*

**- Sauvageot Ph responsable de Cadran Info:**

*Il me semblait dommage que les présentations faites lors des réunions de notre commission ne soient mémorisées que par un compte rendu synthétique aussi bien rédigé soit il. Que d'informations, que de connaissances perdues pour les membres ne pouvant participer aux réunions. Je fis donc la proposition de lancer un bulletin regroupant les études présentées en séance et je proposai le nom de: "Cadran-Info".*

*Lors de la préparation de cette interview, j'ai découvert que certains étaient animés de la même idée. Jean Michel Ansel m'a même communiqué deux courriers qu'il avait adressés proposant la création de "La lettre du gnomoniste", pour répondre à un souci d'information et de relation entre les membres.*

**- Ph. Sauvageot :**

*Comment se présentaient les premiers numéros de Cadran-info?*

**- Sauvageot Ph :**

*Le premier numéro de cadran Info était une simple compilation d'étudess. Il fut publié en février 2000. Je pensai à l'origine que seuls les membres de la commission écriraient des articles.*

*En fait, pour le premier numéro, il y eut 6 articles écrits par des membres de la commission et 4 articles (non traduits) de G. Ferrari de la Gnomonica Italiana.*

**La crainte du manque d'articles**

*Ce premier bulletin devint trop lourd pour un envoi postal à un prix raisonnable et il fallut le scinder en deux. De fait, chaque semestre je suis toujours dans la crainte du manque d'articles ou à l'inverse, de ne pouvoir tout publier.*

**- Ph. Sauvageot:**

*Comment Cadran info a-t-il évolué?*

**- Sauvageot Ph :**

*De la simple compilation papier, je suis passé à une informatisation complète. Tous les textes sont remis au format et à la mise en page que l'on connaît, et... les articles étrangers sont traduits.*

*Afin de satisfaire les lecteurs papier et les lecteurs sur numérique, l'offre se fait sur les deux types de support. Les 5 premiers numéros, initialement sur papier, ont été scannés par M. G Aubry.*

*L'évolution la plus marquante a été celle de la couverture. Le sommaire en première de couverture s'est transformé en une "accroche" verticale avec photo de l'observatoire de Juvisy<sup>1</sup> (exception faite pour ce numéro 20).*

*Un logo a été également défini<sup>2</sup>, on le retrouve en entête des articles.*

*Les évolutions suivantes ont été faite sur les conseils d'Alain Fortin, le créateur de notre site WEB, a qui je dois beaucoup. La largeur des bandes de textes a été modifiée tout d'abord en largeur (N° 17>N°18) puis en hauteur (N° 20). Le terme de "bulletin" a laissé place à celui de "revue".*

**De la simple compilation papier, Cadran-Info est passé à une formalisation standard**

**- Sauvageot Ph :**

*Quelle est la diffusion de la revue?*

**- Sauvageot :**

*Les commandes passées par les membres, l'envoi aux autres sociétés de gnomonique (15) et l'impact de la "pub" réalisée dans l'Astronomie vendu en kiosque, fait que la gravure sur CD, les tirages couleurs et les photocopies en N&B représentent près d'une centaine d'exemplaires. J'avoue que ces périodes surtout celle d'octobre avec l'inventaire sont "très lourdes".*

**Une centaine d'exemplaires**

*Je connais parfaitement les faiblesses de mon imprimante : (bourrage, feuille non alignée, problème de cartouche, attente interminable...)*

**- Sauvageot philippe :**

*Merci pour toutes ses explications et maintenant je vous laisse conclure*

**- Sauvageot Ph :**

*Alors j'évoquerai:*

*- **Mon rêve:** celui de voir Cadran Info sur un beau papier glacé, bien relié. Les coûts proposés actuellement sont prohibitifs, mais je ne désespère pas.*

*- **Mon émerveillement** devant la variété et la qualité des articles. Car il ne faut pas oublier que cadran Info est le fruit de tous les auteurs qui m'envoient leurs études, leurs informations.*

<sup>1</sup> Cadran Info N° 13

<sup>2</sup> Cadran Info N° 13 page 104

**L'ensemble des Cadran-Info est une véritable encyclopédie**

*Cela démontre un esprit de partage des connaissances, un souci de transmettre et un sens de l'échange entre tous les passionnés du monde.*

*Merci à tous pour Cadran Info et pour la convivialité durant nos réunions. Comme j'aime à le dire, l'ensemble des "Cadran Info" représente une véritable encyclopédie, aussi*

*j'ai adressé à tous nos membres la liste des 310 articles parus depuis le numéro 1, avec classement par thème, auteur, contenu....*

*Ce sommaire est sous forme papier pour les non informatisés et sous forme d'outil Excel permettant tout type de recherche pour les informatisés.*

**Merci à tous.  
Toutes les suggestions sont les bienvenues**

*Bien cordialement, toujours à votre disposition et bien sûr... toutes les suggestions sont les bienvenues.*

**Présentation de la liste des articles parus dans les numéros 1 à 20:**

ARTICLES PUBLIES DANS <i>CADRAN-INFO</i> du n° 1 (février 2000) au N°									
Liste articles = 1	N° CI mois année	Thème	Type d'information	Auteur	Titre de l'article	Contenu	nb de pages	annexe	
1	.01 CI 00	Style	Pratique	ANSEL Jean Michel	Du style à sa fixation	Fixation d'un style	2	Non	
1	.01 CI 00	Orientation cadran	Pratique + Formules	BOUSSONVILLE Michel	Calcul de l'inclinaison, déclinaison et latitude d'un cadran en fonction de ses lignes horaires	Retrouver la latitude et l'orientation d'un cadran à partir du tracé de ses lignes horaires	11	Non	
1	.01 CI 00	Orientation cadran	Pratique + Formules	COLLIN Dominique	Méthode de détermination de la déclinaison gnomonique	Méthode de détermination de la déclinaison d'un cadran. Développement de la méthode de la Planchette.	19	Non	
1	.01 CI 00	Style	Pratique + Formules	FERRARI Gianni	Alcune formule per la ricerca della posizione e della lunghezza dello stilo in orologi solari da restaurare	Formules pour retrouver la position et la longueur d'un style pour un cadran à restaurer	6	Non	
1	.01 CI 00	Orientation cadran	Pratique + Formules	FERRARI Gianni	Un metodo per l'orientamento di un piano orizzontale in condizioni particolari	Méthode pour déterminer l'axe d'orientation d'un plan horizontal sans connaître la position du point d'ombre et déterminer les coordonnées de celui-ci	3	Non	
1	.01 CI 00	Cadran solaire à styles multiples	Description	FERRARI Gianni	Un orologio solare a piu aste	Cadran solaire à styles multiples	8	Non	
1	.01 CI 00	Cadran islamique	Pratique + Formules	FERRARI Gianni SEVERINO Nicola	Appunti per uno studio delle meridiane islamiche	Etudes des méridiennes islamiques	6	Non	
1	.01 CI 00	Zarbula	Description	GAGNAIRE Paul	L'art et la manière de Zarbula (L'équerre et l'oiseau)	Méthode de traçage du cadranier Zarbula	10	Non	
1	.01 CI 00	Style	Pratique + Formules	PAKHOMOFF Jean	Etude théorique du gnomon inadapté	Redéfinir la position d'un style mal calculé ou à restaurer	5	Non	
1	.01 CI 00	Cadran analemmatique	Pratique + géométrie	PAKHOMOFF Jean	Théorie et pratique des cadrans analemmatiques circulaires de Foster et	Méthode de géométrie de traçage		Non	

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

Le sommaire sous Excel des articles parus dans Cadran Info N°1 à 20 permettant des recherches par N°, thème, types d'informations, auteurs et titres des articles.



## Anciens cadrans solaires du Tarn

Par Didier Benoit

*Didier Benoit poursuit sa quête des cadrans solaires du département du Tarn. Voici quelques exemples de cadrans anciens ou disparus.*



VILLEFRANCHE d'ALBIGEOIS 81430

Lieu dit « Cambieu ».

Lat: 43° 53' 52'' N Longi : 2° 19' 51'' E

Cadran horizontal. REF SAF : à référencer.

Cadran solaire vue chez le père Roustit au 52 rue Rinaldi à Albi (maison de retraite)

Cadran solaire horizontal gravé sur une ardoise qui provient de la maison familiale de l'abbé André Roustit, anciennement maison Dalmond (ancêtres de l'abbé Roustit), au lieu dit « Cambieu ». Le cadran est daté de 1756.

A cette époque le hameau de Cambieu faisait partie du village d'Ambialet. La famille Dalmond est portée dans les registres comme une famille terrienne aisée.

Style polaire en fer absent. Chiffre romains des heures : (IV V)\* VI VII (VIII) IX X XI XII I II (III) III V VI VII VIII\*\*. Lignes des demi-heures fléchées. Devise latine : Sic vita fugit, dum stare videtur (Ainsi passe la vie, alors qu'elle apparaît stable). Millésime. 1756.

Au dos la signature Dalmond avec deux dates : 1756 et 1789.

Dimension de l'ardoise : 250 mm pour son côté le plus large x 210 mm. Epaisseur 15mm. Trois trous de fixations du cadran sur son support sont visibles. Ils correspondent aux parties cassées de l'ardoise à cause du foisonnement des pointes de scellements.

\* Chiffre occupant des zones coupées de l'ardoise.

\*\* A remarquer le V inversé pour le chiffre romain VIII.



CESTAYROLS église de Lincarque  
Médiathèques de l'architecture et du patrimoine.

Archives photographiques.

Auteur de la photo : ESTEVE Georges.

N° phototype : MH 0079224

Année : avant 1925

Numéro dans base Mérimée Tarn 562

Vestige de cadran solaire vertical plan sur enduit de chaux, situé sur la façade Sud du clocher.



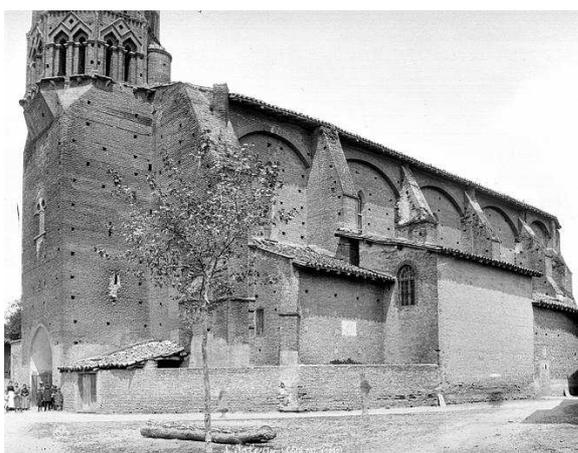
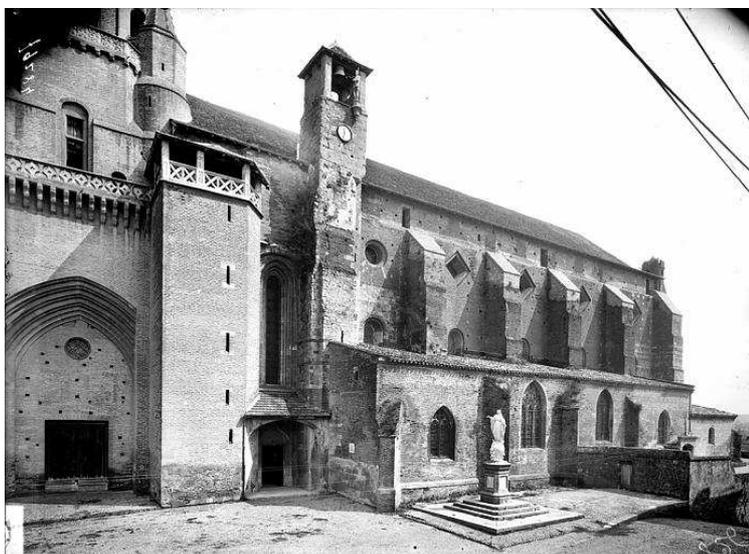
CORDES église Saint Michel  
Médiathèques de l'architecture et du patrimoine.  
Archives photographiques.  
Auteur de la photo : ESTEVE Georges.  
N° phototype : MH 0079105  
Année : avant 1925  
Numéro dans base Mérimée Tarn 562

Sur la façade Sud de l'église Saint Michel, vestige de cadran solaire vertical plan sur enduit de chaux, situé au dessus du deuxième contrefort, entre les deux fenêtres en partant de la porte d'entrée.

Empreinte suspicieuse sur la face est du clocher, peut être un ancien cadran oriental?

LAVAUUR église Saint Alain  
Médiathèques de l'architecture  
et du patrimoine.  
Archives photographiques.  
Auteur de la photo : ESTEVE  
Georges.  
N° phototype : MH 0079284  
Année : avant 1925  
Numéro dans base Mérimée  
Tarn 562

Eglise Saint Alain (ancienne cathédrale), vestige de cadran solaire vertical plan sur enduit de chaux, situé en dessous l'horloge, située elle-même sous le Jacquemard.



LISLE SUR TARN  
Médiathèques de l'architecture et du  
patrimoine.  
Archives photographiques.  
Auteur de la photo : Mieusement, Médéric.  
N° phototype : MH 0001567  
Année : 1880  
Numéro dans base Mérimée Tarn 562

Eglise Saint Martin de LISLE SUR TARN, façade sud, vestige de cadran solaire vertical plan sur enduit de chaux ?





# Cadran cylindrique, sans style

Par Gérard Baillet

*La proposition, par Denis Savoie, d'explorer la possibilité de transformer un barrage en cadran solaire m'a conduit à trouver, ou plutôt à retrouver le principe qui va être exposé dans ce document.*

## 1- Préambule

Bernard Rouxel avait déjà décrit celui-ci, mais je n'avais pas associé sa méthode à la résolution du problème posé.

Je me suis limité à décrire en images les principes géométriques qui conduisent à la solution, et comme vous le constaterez ils ne sont pas d'une grande rigueur mathématique. D'autre part on ne trouvera, volontairement, aucune formule dans les explications<sup>1</sup>.

L'élément le plus important à transmettre est la démarche qui a servi à établir les principes.

Aussi pour étudier un tel cadran on peut faire indifféremment usage de :

- la géométrie descriptive de Monge
  - du calcul géométrique-algébrique cartésien classique
  - de l'usage d'un logiciel qui automatise l'un des deux procédés précédents
- de l'utilisation d'un logiciel prévu pour travailler en graphique 3D.

Pour ma part j'ai retenu le dernier point, j'utilise Pov-Ray un logiciel libre et gratuit qui comporte de nombreuses fonctions très efficaces. Le détail de la méthode employée nécessite la connaissance des fonctions du logiciel, pour donner un exemple, le logiciel source du dessin complet du cadran ne comporte aucune ligne trigonométrique.

Le document contient sous forme d'image et de texte les éléments indispensables à la compréhension de la géométrie du cadran. Ainsi chacun pourra tracer le cadran avec sa méthode préférée.

## 2- Généralités

L'objet de ce document est d'expliquer le principe d'un cadran solaire formé par un cylindre portant des graduations horaires et sans autre style que le bord du cylindre. Nous utiliserons un cylindre ouvert aux extrémités et constitué de matière légèrement translucide. Le papier ordinaire 80g par m<sup>2</sup> convient à la réalisation d'une maquette. Les graduations pourront être indifféremment intérieures ou extérieures.

Nous expliquerons le principe de la graduation puis la méthode de tracé.

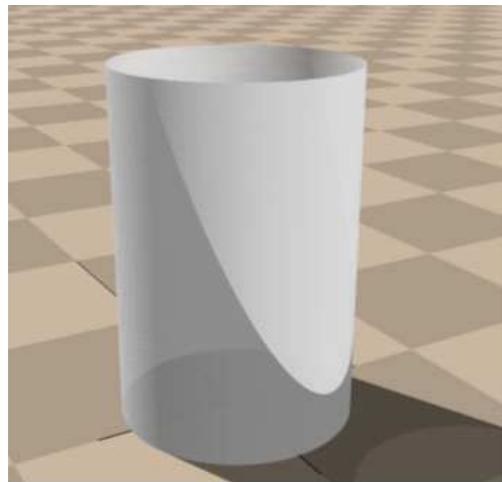


Illustration 1: Vue du cylindre

<sup>1</sup> Pour les formules mathématiques, se reporter à l'article D. SavoieXX dans Cadran-Info N° 19

### 3- Existence de lignes horaires

Est-il possible de tracer des lignes horaires avec un tel dispositif ? La forme de l'ombre ne présente pas de point remarquable, il reste donc à voir si pour une même heure solaire, en faisant varier la déclinaison, il est possible de tracer une courbe enveloppe de la limite ombre-lumière.

#### 3.1 Remarques sommaires sur la courbe enveloppe

La courbe enveloppe d'une famille de courbe a une tangente commune avec chaque courbe de la famille. La courbe enveloppe n'existe que si deux courbes voisines de la famille se coupent, si on prend le cas d'une famille de cercles concentriques, deux cercles proches ne se coupent pas, il n'y a donc pas de courbe enveloppe.

Ces remarques ne sont pas exhaustives, il faut être prudent dans la recherche de courbes enveloppe, surtout en 3D, aussi nous effectuerons des vérifications par simulations des tracés effectués.

#### 3-2 Variation de la déclinaison

Sur l'illustration 2 deux soleils sont simulés à 10 h avec une variation de  $10^\circ$  de déclinaison. On voit que les deux courbes de limite d'ombre se coupent en un point. Il y a donc possibilité d'avoir une enveloppe de ces limites d'ombres.

### 4- Eléments de géométrie

#### 4.1 Plan passant par le point d'intersection

Sur l'illustration 3 on trouve le plan passant par l'intersection (damier gris et blanc) ainsi que le marquage du centre du cercle haut du cylindre par une croix noire (grand coté vers le sud). On voit sur le plan les deux ombres circulaires du sommet du cylindre.

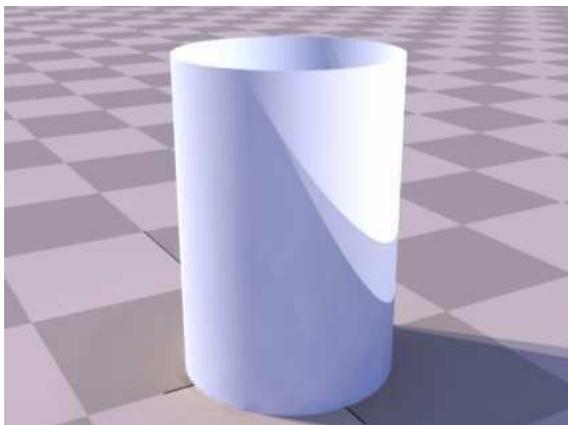


Illustration 2: Vue à 10h et deux déclinaisons

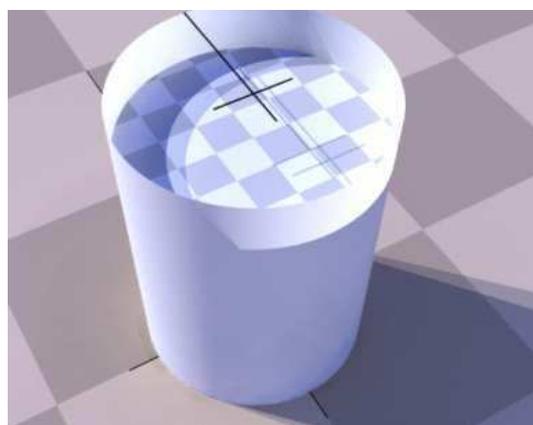


Illustration 3: Vue du plan/intersection

#### 4.2 Marquage des centres des ombres

Sur l'illustration 4 on matérialise les deux cercles d'ombres par deux cercles bleu et rouge, leurs centres sont A et B positionnés sur les ombres de la croix, le point O est au centre du cylindre sur le plan (damier).

Il faut remarquer que les deux cercles se coupent en deux points et qu'un de ces points est situé à l'intersection des deux ombres.

#### 4.3 Eléments de la géométrie

Sur l'illustration 4 on trouve la droite CD (C et D aux intersections des cercles entre eux) perpendiculaire au milieu de AB, C est au point d'intersection des ombres. La droite AB est contenue dans le plan horaire (10h dans le cas de figure) elle est donc parallèle à la ligne d'heure 10h d'un cadran plan et horizontal pour le même lieu.

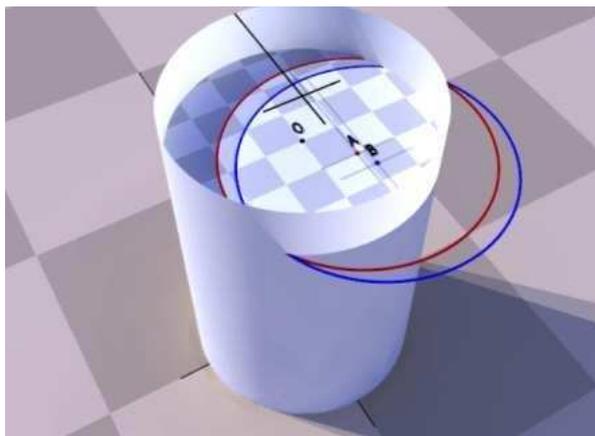


Illustration 4: Marquage des centres

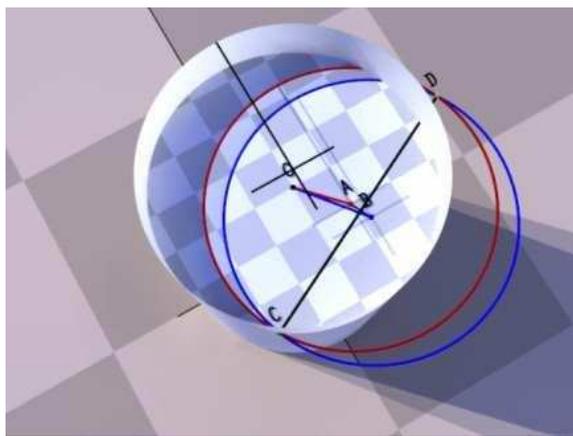


Illustration 5: Eléments de la géométrie

#### 4.4 Les rayons solaires

Par le point C (intersection des deux ombres) je trace les deux rayons Ce et Cf dirigés vers les deux soleils simulés. Les droites Ce et Cf coupent le cercle du haut du cylindre. Ces deux droites concourantes (Ce et Cf) définissent un plan parallèle au plan horaire (10h ici).

#### 4.5 Le plan horaire

Sur l'illustration 7 le disque jaune centré sur C et qui contient les droites Ce et Cf est parallèle au plan horaire (10h ici).

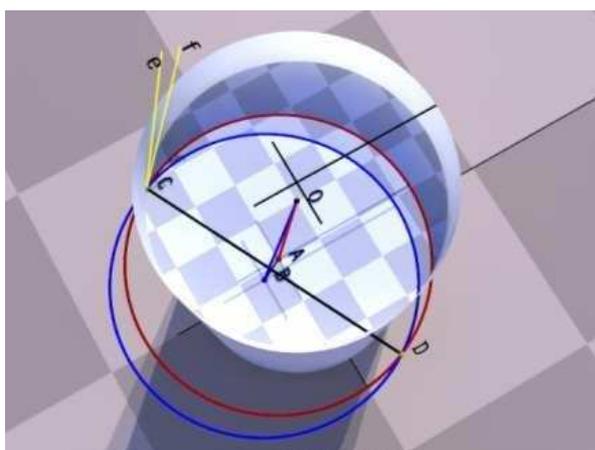


Illustration 6 : Deux rayons solaires

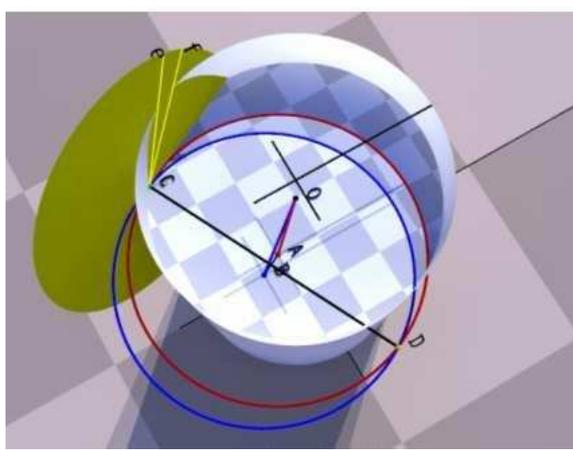


Illustration 7 : Plan horaire

#### 4.6 Discussion sur ces éléments de géométrie

La difficulté à résoudre consiste à trouver à quelle hauteur positionner le plan horizontal qui passe par l'intersection des deux ombres à partir de la connaissance des deux directions du soleil.

La solution est de calculer la distance OC en fonction de la hauteur du plan horizontal, puis en égalant OC au rayon du cylindre de trouver la hauteur du plan. Des précautions doivent être prises dans le calcul :

Les deux cercles doivent se couper pour cela il faut que  $AB < \text{diamètre du cylindre}$ .

Suivant les conditions (heure, déclinaison) il faut choisir soit la distance OC soit la distance OD

Dans le cas du logiciel utilisé pour obtenir les images du document (POPV-RAY) j'effectue une itération en utilisant les fonctions de Pov-Ray pour les déterminations de positions des points et le calcul des longueurs.

## 5- Détermination d'un point de la courbe enveloppe

### 5.1 Principe

L'obtention d'un point de la courbe enveloppe pour une heure et une déclinaison donnée, consiste à confondre ce point avec l'intersection de deux ombres lorsque la différence entre les deux déclinaisons tend vers zéro degré et la déclinaison vers celle définie.

Pour obtenir la courbe enveloppe entière on fait ensuite varier la déclinaison dans la même plage que le soleil au cour d'une année.

### 5.2 Réduction de la différence de déclinaison

Sur le illustration 8 la différence de déclinaison est de  $5^\circ$ .

Sur l'illustration 9 elle est de  $0,01^\circ$ , avec cette valeur les deux ombres sont confondues pour le lecteur mais mathématiquement elles diffèrent permettant ainsi les calculs.

Les deux rayons Ce et Cf sont confondus et il passent par le point k en haut du cylindre. Le plan horaire (disque jaune) passe donc par les deux points k et C, il est aussi tangent au cercle haut du cylindre en k. Le point marqué m est le centre du cercle supérieur du cylindre.

D'autre part la droite (AB)m est parallèle à la droite Ck, ces deux droites sont dirigées vers le soleil à la déclinaison et à l'heure utilisée.

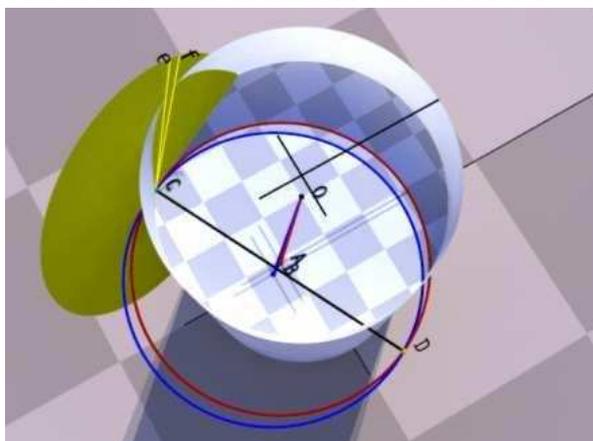


Illustration 8: Dif. de déclinaison  $10^\circ$

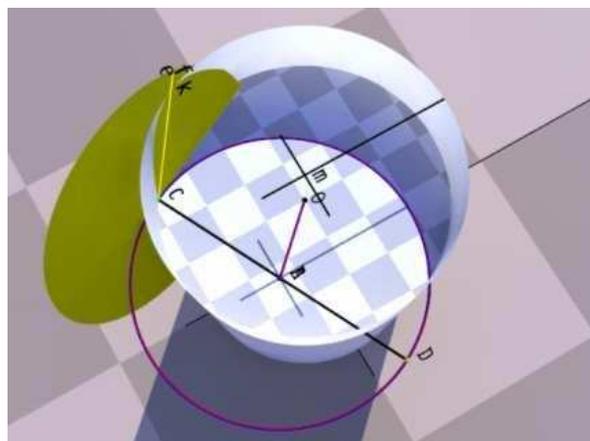


Illustration 9: Dif. de déclinaison  $0,01^\circ$

### 5.3 Détermination du point de l'enveloppe

Sur l'illustration 10 on a :

- La droite mk parallèle DC
- La droite gh est contenue dans le plan horaire (disque jaune), elle passe par le point k, elle est tangente au cercle de centre m (haut du cylindre). Km est perpendiculaire à gh en k.

- La droite gh étant horizontale et contenue dans le plan horaire (10h ici), elle est parallèle à la ligne horaire (10h) d'un cadran solaire horizontal du lieu.

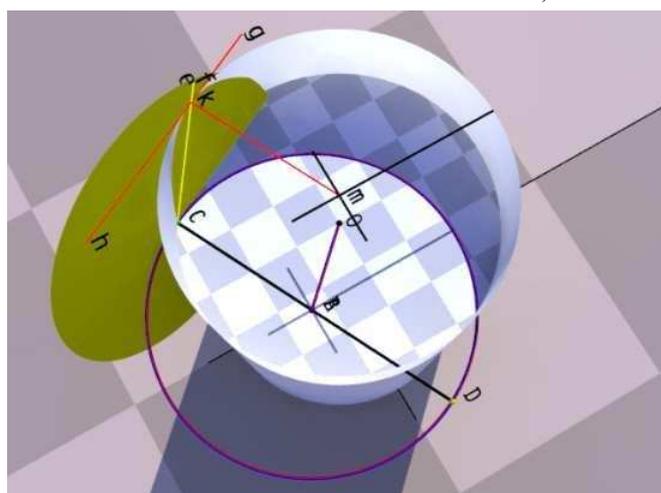


Illustration 10: Détermination du point de l'enveloppe.

**Remarque importante :** La position du point k ne dépend pas de la déclinaison choisie pour faire la figure.

### 5.4 Variation de la déclinaison du soleil

Les illustrations précédentes étaient pour 10h et le solstice d'été, sur l'illustration 11 la vue est pour l'équinoxe (à comparer avec l'illustration 11) la déclinaison sur l'illustration 12 est celle du solstice d'hiver.

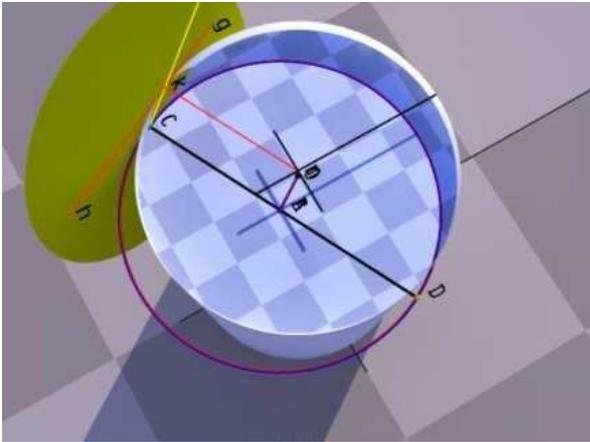


Illustration 11: Vue à l'équinoxe

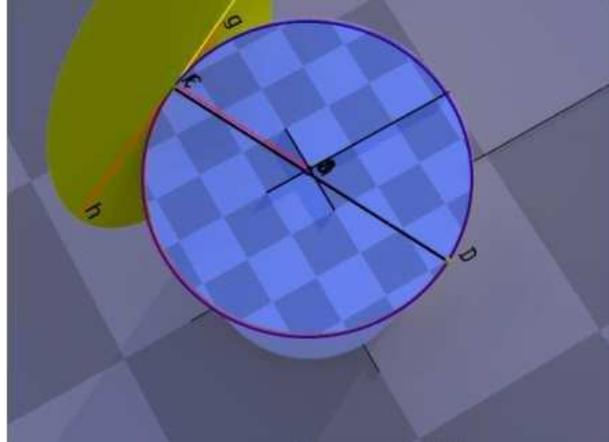


Illustration 12: Vue au solstice d'hiver

## 6- Dessin d'une ligne d'heure

### 6.1 Détermination du point de tangence (k)

À partir de la connaissance de la latitude et de l'heure de la ligne on détermine la direction de la ligne d'heure d'un cadran horizontal du lieu. On trace la droite mk de direction perpendiculaire à la ligne d'heure, la droite horizontale gh, passant par k est parallèle à la ligne d'heure. Voir l'illustration 13.

### 6.2 Les points de la ligne d'heure

A partir du point K on trace des droites parallèles aux directions du soleil dans l'année, pour l'heure solaire définie, et le lieu. Elles sont parallèles au plan horaire et coupent le cylindre. Dans le cas de la figure nous avons tracé vingt droites réparties également (en déclinaison) entre les deux solstices. (illustration 14)

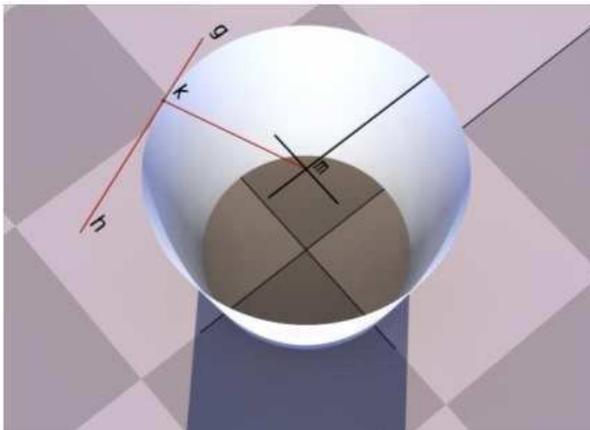


Illustration 13: Détermination du point k

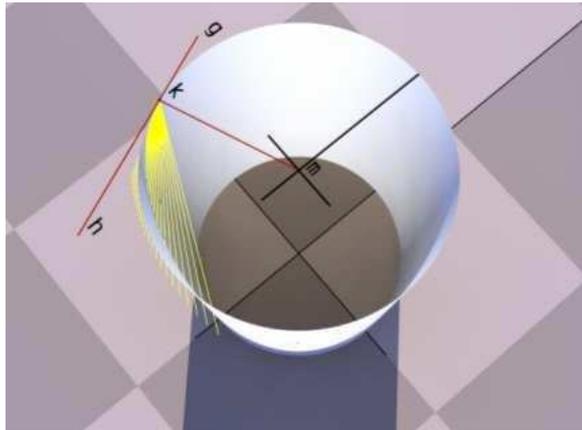


Illustration 14: Points de la ligne d'heure

### 6.3 Dessin de la ligne d'heure

Tous les points d'intersections des droites avec le cylindre sont réunis par une courbe, en noir sur les illustrations 15 & 16.

Sur l'illustration 17 on voit la ligne d'heure en noir, l'image est débarrassée des accessoires nécessaires aux explications. On constate que la limite d'ombre est bien tangente à la ligne d'heure.

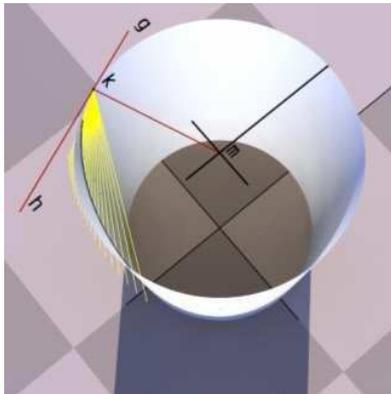


Illustration 15: Dessin de la ligne d'heure



16: Autre vue dessin ligne d'heure



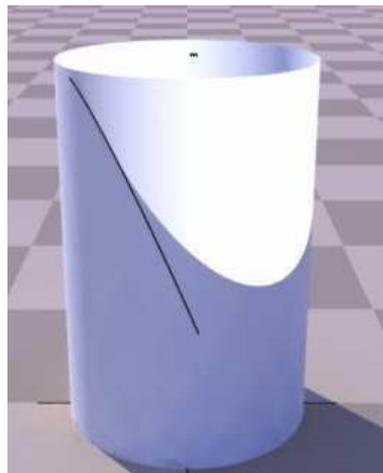
17 : Vue de la ligne d'heure

### 6.4 Vérifications

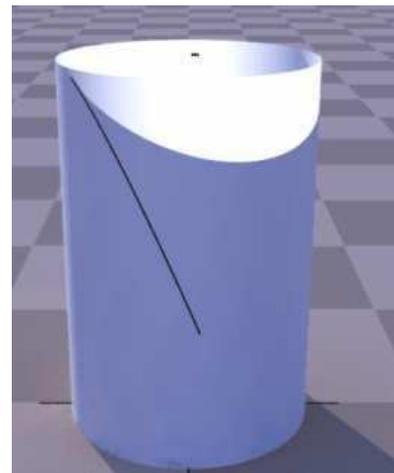
Sur les illustrations 18, 19 et 20 on trouve des vues aux solstices et à l'équinoxe. Pour chaque cas on constate que l'ombre est bien tangente à la ligne d'heure.



Illustration 18: Au solstice d'été



19: Aux équinoxes



20 : Au solstice d'hiver

## 7- Cadran final

Le cadran final simulé et calculé pour 49° de latitude.

A 10h dans la matinée (illustrations 21, 22, 23), puis à 15h (illustrations 24, 25, 26).

Avec le dessin de ce cadran les heures du matin se lisent avec l'ombre à gauche de la ligne d'heure et sur les lignes rouges, tandis que l'après midi l'ombre est à droite de la ligne d'heure bleu.

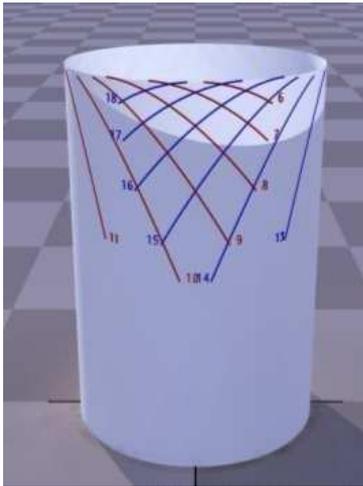
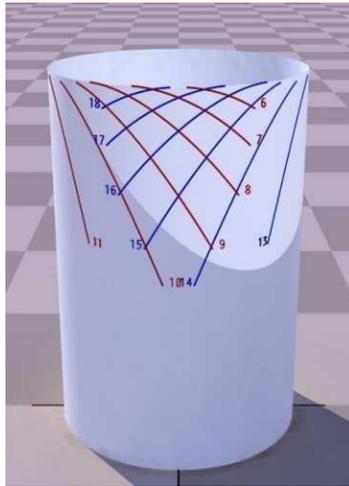
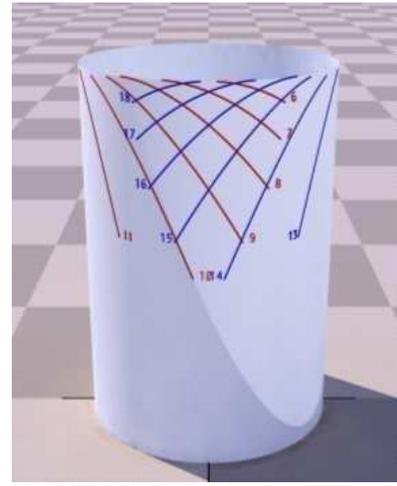


Illustration 23: 10h solstice d'hiver



21: 10h équinoxe



22: 10h solstice d'été

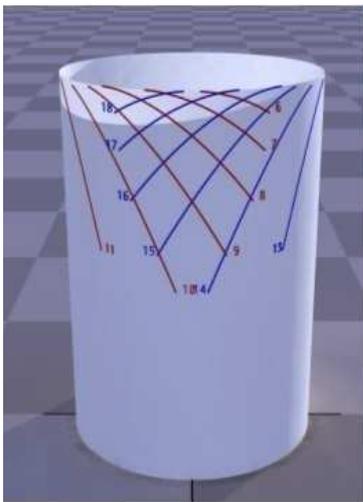
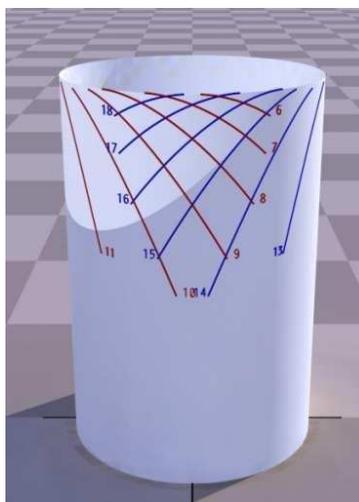
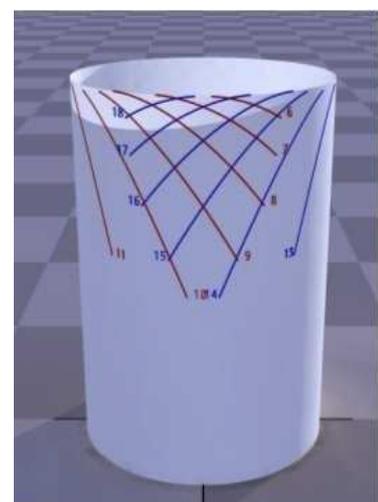


Illustration 24: 15h solstice d'hiver



25: 15h équinoxe



26: 15h solstice d'été

## 8- Autre type de cadran cylindrique

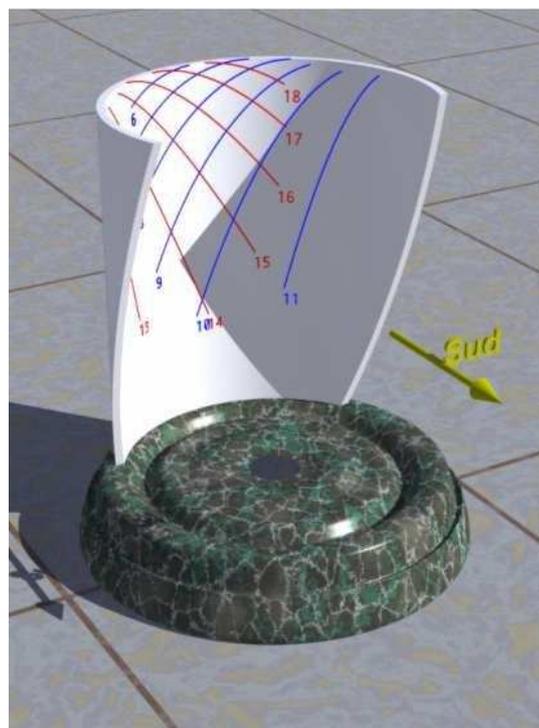
Le cadran ci contre à été imaginé à la demande de Paul Gagnaire, pour l'image il est 17h.

Ici le cadran n'est pas transparent, la seule difficulté consiste à trouver ou à fabriquer une portion de cylindre

Illustration 27: Cadran imaginé pour M. Paul Gagnaire. ▶

## 9- Une curiosité

En faisant varier un coefficient qui change deux valeurs dans le logiciel de simulation on passe progressivement du cadran cylindrique décrit dans ce document au cadran vertical à œilleton classique qui ne serait alors qu'un cas particulier de cette théorie.



Voir les 10 illustrations (illustrations de 28 à 38), il est 15 h solaire.

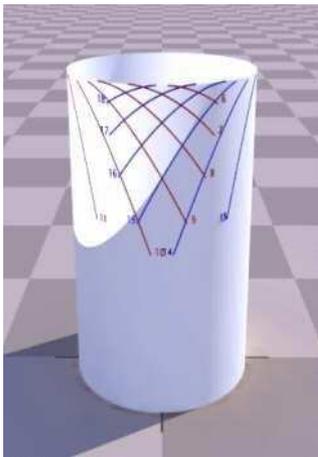


Illustration 28: Vue 0

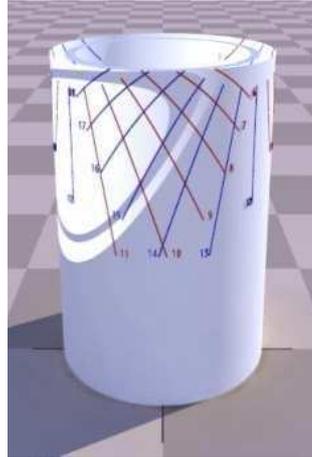


Illustration 29: Vue 1

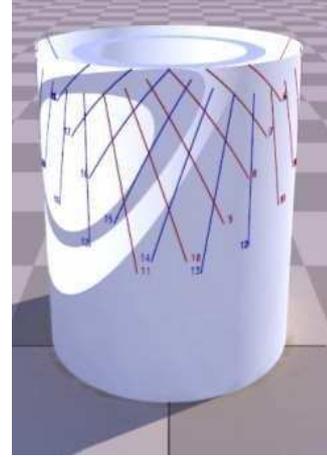


Illustration 30: Vue 2

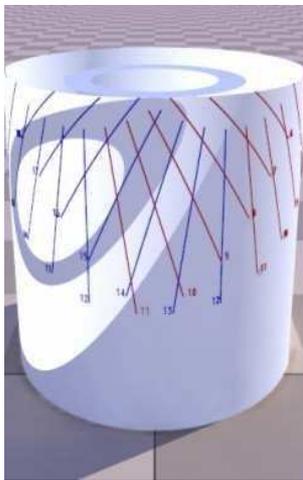


Illustration 31: Vue 3

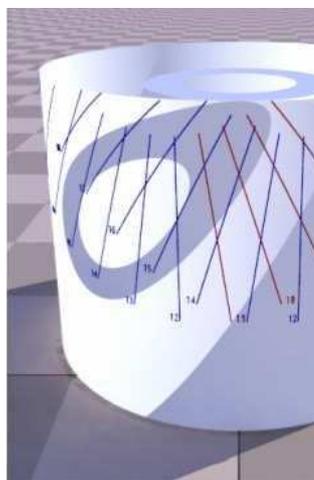


Illustration 32: Vue 4

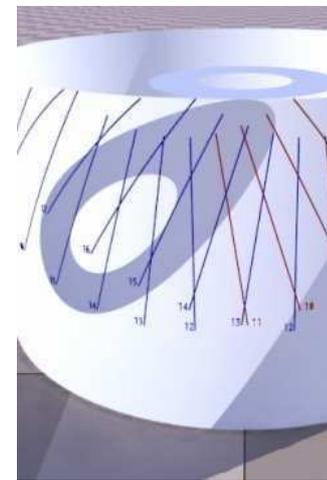


Illustration 33: Vue 5

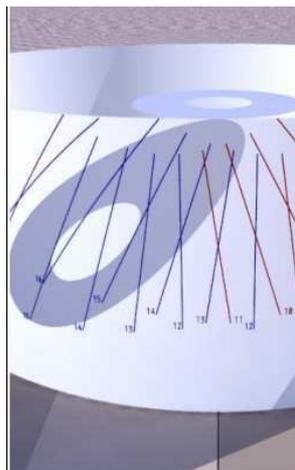


Illustration 34: Vue 6

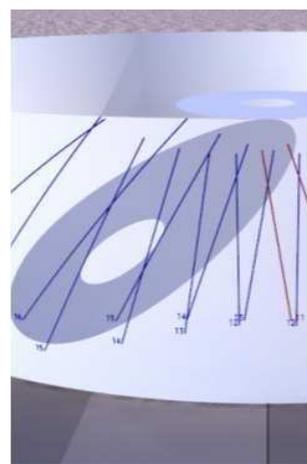


Illustration 35: Vue 7

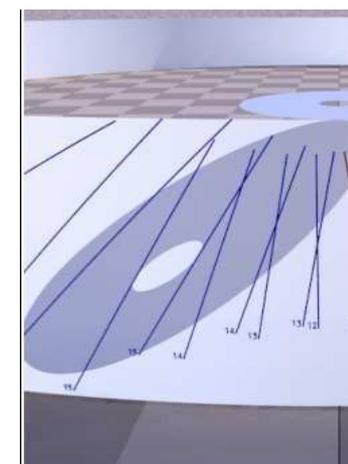


Illustration 36: Vue 8

Sur l'illustration 37, le rayon du cylindre devient infini et le cadran devient un cadran horizontal classique.

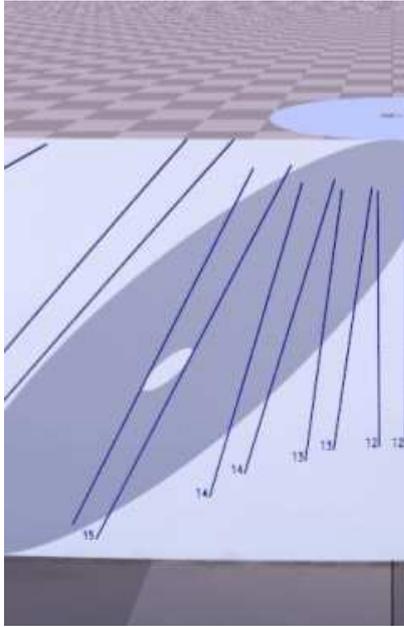


Illustration 37: Vue 9

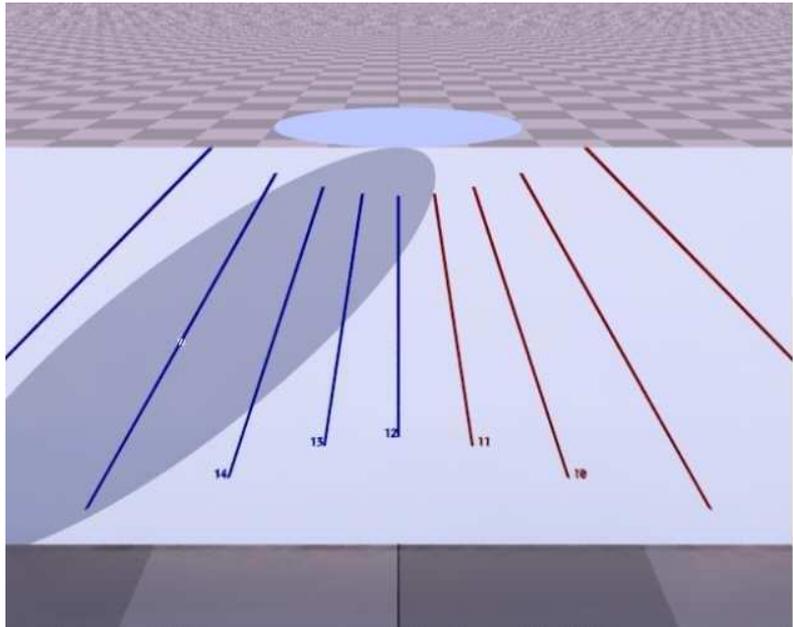


Illustration 38: Vue 10 cadran vertical classique

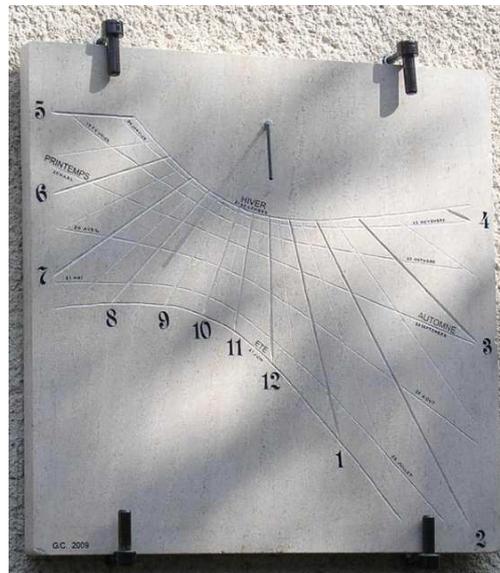
## 10- Conclusions

Ce type de cadran me semble nouveau, je n'ai pas encore vu de cadran utilisant ce principe. Il faudrait peut être revisiter, à la lumière de ce principe, d'autre type de cadran comme l'hélicoïde en utilisant l'ombre du bord et non plus l'ombre rasante assez imprécise.

Un autre point important est l'usage du logiciel 3D pour aider à la découverte du principe et à l'appliquer. Il ne s'agit en aucun cas d'attendre du logiciel des solutions sans l'usage de connaissance en géométrie, algèbre, astronomie élémentaire. Il faut considérer le logiciel comme une aide avec des fonctions nouvelle et une visualisation commode. Si l'art de la géométrie consiste à raisonner juste sur des figures fausses, une figure juste peut rendre évidente une propriété ignorée jusque là.

## Un nouveau cadran...

*... réalisé par Georges Calise  
et installé à LOUPIAC chez  
ses petites filles*





## Phéniciens, dieux et astronomie

Par **Andrée Gotteland**

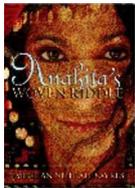
*Les Phéniciens, au 1<sup>er</sup> millénaire av.J.C., dominèrent le Bassin méditerranéen, de Tyr à Carthage. Ce peuple légendaire reste mystérieux. Ils inventèrent l'alphabet dont nous nous servons encore. Ils ont fait le tour de l'Afrique, deux mille ans avant Vasco de Gamma. Partout, dans le monde antique, ils sont présents, avec leurs marins, leurs navires, leurs commerçants, leurs divinités, leurs œuvres d'art, leur pacotille, leur génie des relations et des adaptations. On croit les connaître. Ils n'ont rien dit d'eux-mêmes et sont absents de l'histoire, sinon par leurs malheurs, sur cette côte du Liban.*

### Les Déesses

Régnant sur les mondes terrestre et psychique, ces Déesses, souvent représentées, sous des traits de très grande beauté, ont toujours été parmi les Dieux. Il existe un nombre impressionnant de Déeses féminines, pratiquement autant qu'il existe de peuples différents.



#### - Anahita



Déesse-mère, elle tient, entre autres rôles, ceux de **Gaïa**, de la Mère de toutes choses et de toutes créatures terrestres. Symbolisant le vent, la pluie, la grêle et les tempêtes, son culte a atteint son apogée en Iran. On peut la rapprocher de la Déesse sémitique **Ishtar**, d'origine indo-européenne.

#### - Ghe

C'est la Déesse dont le nom signifie « terre ». Touchant tout ce qui relève de cet élément, de la fertilité et des moissons, elle est l'emblème de la terre mère, **Gaïa**.



#### - Mielikki

Déesse de la forêt, elle est, entre autres, la créatrice des ours. Elle apporte la fertilité, l'abondance et confère le pouvoir et la force.



#### - Tanit



Déesse lunaire, elle agit sur la fertilité, atteint des buts fixes, et procure l'abondance.

#### - Vammatar

Agissant sur la souffrance et la maladie, elle ne doit pas être dérangée inutilement. Il faut l'invoquer seulement lorsque les souffrances sont insupportables.



- **Astarté**



En grec, cette Déesse est la grande figure féminine du Panthéon phénicien.

- **Anat**

Sœur et parèdre de **Baal** à Ougarit, elle s'efface, au I<sup>er</sup> millénaire, au profit d'**Ashtart**. C'est une Déesse des Panthéons Ouest-sémitiques de l'Âge du bronze récent, de la seconde moitié du II<sup>e</sup> millénaire av J.C .



- **Ashtart**

Version phénicienne de l'**Ishtar** babylonienne, elle était le principe femelle, humide, obscur et fécond, antagoniste et complémentaire de **Baal-Hammon**, le principe mâle. Reine des cieux, sa représentation sidérale était l'Étoile du Matin.



## Les Dieux

Les Dieux fonctionnent au milieu d'une assemblée divine indéterminée, évoquée à Byblos, comme « tous les Dieux de Byblos » ou « les Dieux Saints de Byblos ». En dehors de ces cultes officiels aux Dieux destinataires, des dédicaces royales des Dieux guérisseurs ou protecteurs, sont évoquées par des particuliers. À ces Dieux, les Rois offrent des temples.



- **Eshmoun**

C'est le Dieu guérisseur, auquel sont consacrés les plus importants sanctuaires de la cité. D'après la légende, il aurait été un jeune homme originaire de Beyrouth. Il aimait s'adonner aux plaisirs de la chasse.



- **Milqart**



Son nom signifie « Le roi de la ville ». Dans une inscription, retrouvée à Malte, son titre est **Baal de Tyr**. Il est l'héritier des souverains du II<sup>e</sup> millénaire qui, après leur mort, étaient héroïsés et accédaient à un statut divin. Au centre de toute une mythologie, il meurt et renaît.

- **Amon, Osiris, Isis et Bès**

Les noms propres faisant référence à ces Dieux deviennent plus nombreux, à la fin du I<sup>er</sup> millénaire. De petites amulettes égyptisantes, des figurines représentant **Bès**, étaient, sans doute, portées autour du cou, pour attirer la protection divine.

- **El et Baal**



Le nom de ce Dieu vient d'une racine qui signifie « premier ». C'est sous cette forme qu'est formé le mot Dieu, aussi bien en phénicien « 'elim » qu'en hébreu « 'elohim » ou en arabe « 'allah = al-'ilah ». **El** trônait au sommet du Panthéon « ougaritique », mais dans une situation de sage âgé que l'on vient consulter et qui n'intervient guère. Il est très peu invoqué dans le monde phénicien.



À Ougarit, **Baal** est le Dieu des éléments atmosphériques, celui qui assure la pluie fécondante. Il est aussi le maître des orages et des tempêtes et,

par là, le protecteur des marins. Sa demeure est sur la montagne, au-dessus des nuées qu'il chevauche.

## L'Astronomie

Les Phéniciens paraissent avoir été les premiers à organiser le culte des astres. C'étaient des adorateurs plutôt que des observateurs.

### - Soleil

**Phénicie** était célèbre pour le culte du Soleil. Ses prêtres s'appelaient **Abn'-sem**, « Serviteurs du Soleil », nom que les Grecs ont littéralement traduit par « Hélion'iles ». Les chevaux et les chars du Soleil, dont ils ont parlé dans la Bible, étaient les emblèmes de la Phénicie. Les quatre chevaux du Soleil composaient la « tétrade mystique », à la quelle les Phéniciens offraient, des sacrifices. Dans tout le paganisme, les chevaux, symbole de la vitesse, par allusion à la vitesse des rayons solaires, étaient consacrés au Soleil. Il l'était symboliquement, par des chevaux et des chars.

### - Lune

Le culte de la Lune était inséparable de celui du Soleil. Suivant les différentes phases que présente cet astre, on lui attribuait des influences diverses, plus ou moins malfaisantes. Chaque nouvelle Lune était, pour les Phéniciens, comme pour beaucoup d'autres peuples, l'occasion de fêtes solennelles « adomidnies ». Plusieurs Divinités avaient la Lune, dans leurs attributions. Son char était traîné, non par des chevaux, comme celui du Soleil, mais par des bœufs.

### Les Planètes

C'étaient des Divinités, naturellement subordonnées au Soleil, qui leur donnait la lumière, la chaleur, et la vie. Mercure, Vénus et Mars étaient les assesseurs « napéôpo » du Soleil, parce qu'ils transmettaient à la terre les forces, reçues de l'astre radieux.

### - Mercure

Ce Dieu avait un caractère double ou bilatéral. Il était, suivant les circonstances, un bon ou un mauvais génie. On attribuait le même caractère au Soleil et à la Lune.

### - Mars

Nommée « Azoz » ou « puissant », c'était l'astre de **Baal-Khammoun** ou **Hercule de Tyr**. Elle représentait le feu, comme principe destructeur, probablement à cause de sa couleur d'un roux ardent. D'après les astrologues, elle avait une influence malfaisante.

### - Saturne

Cette planète, consacrée aux trois plus anciens et plus grands des Dieux, **El**, **Baal** ou **Kronos**, était la patronne de Béryte et Byblos. Elle était la plus éloignée du Soleil et contenait, dans son orbite, celles de toutes les autres planètes. Passant pour l'astre qui domine le sort de tous les mortels, les Phéniciens ne lui attribuaient aucune influence malfaisante.

### - Vénus

Il y avait à Tartessus, colonie phénicienne, un temple célèbre, élevé en l'honneur de cette planète. C'est sans doute par allusion à ce culte que les Romains l'appelaient « lumière divine » ou « lux divina » ou « porte-lumière » ou « Lucifer ». Sur quelques anciens monuments, on voit le disque de cet astre brillant, placé au sommet de la tête de la Déesse, qui symbolisait le principe vivifiant de la nature.

### Les Étoiles

Savait-on à Tyr et à Sidon que les étoiles du matin et du soir étaient une seule et même planète, Vénus ? On ne saurait émettre que des conjonctures. Les Phéniciens, bien qu'ils

soient de la même race sémitique que les Chaldéens, paraissent avoir été enclins à l'étude de l'astronomie. Faut-il en attribuer la cause à la configuration montagneuses de leur pays ? Les mers, que les hardis commerçants sillonnaient avec leurs navires, devaient, au moment des calmes, se prêter merveilleusement à l'observation des astres. L'étude du ciel étoilé était indispensable au pilote, pour s'orienter, après avoir perdu de vue les côtes.

#### - Petite Ourse

**Aratus** nous apprend que dans leurs longues navigations, les Tyriens se guidaient d'après cette Petite Ourse, appelée « Gynosure » ou « Queue de chien ». Elle était plus voisine du pôle que la Grande Ourse, nommée « liélice », et servait de guide aux Grecs. À l'époque où la puissance maritime des Phéniciens était, il y a trois mille ans, à son apogée, le pôle du monde se trouvait plus rapproché de la Petite Ourse que de la Grande. Il coïncidait sensiblement avec la constellation du Dragon, qui serpente entre les deux Ourses.

### Les Temples

Dans les temples, des obélisques et des pierres dressées permettaient aux habitants de connaître les moments des journées, des mois et des années.

#### - Temple en L



Cette construction religieuse, est baptisée : « Temple en L ». ou « Temple de la Dame de Byblos. Datée du bronze ancien, elle a été fouillée sur le site. Au bronze moyen, elle a été recouverte par un nouveau, appelé « Temple aux obélisques ».

#### - Temple d'Echmoun

Il s'agit d'un temple monumental, destiné au culte d'**Echmoun**, Dieu guérisseur, vénéré à Saïda, à l'époque phénicienne. Le site a fait l'objet de nombreux remaniements et ajouts, entre la fin du VII<sup>e</sup> siècle av.J.-C., jusqu'aux VII<sup>e</sup>-VIII<sup>e</sup> siècles ap.J.C.. □ Il était le Dieu de la fertilité et devint aussi le Dieu de la médecine.



### Bibliographie

- La Méditerranée des Phéniciens de Tyr à Carthage, Institut du monde arabe. L'Express, 2007
- Claude Baurain, Corinne Bonnet, Les Phéniciens, Marins des trois continents, Armand Colin, 1992
- Françoise Briquel-Chatonnet et Éric Gubel, Les Phéniciens aux origines du Liban, Découvertes Gallimard, 1998
- Michel Gras, Pierre Rouillard, Javier Teixidor, L'univers phénicien, Pluriel, Hachette Littératures, 2006
- Ferdinand Hofer, Histoire de l'astronomie depuis ses origines jusqu'à nos jours (1811-1878), 1873
- Victor Duruy, Histoire universelle, publiée par 999 Sociétés de Professeurs et savants, sous la direction de Victor Duruy





## Troyes: 20 mars 2009 à 12h44

Par Claude Garino

*Devant un remarquable cadran solaire, à midi, où gnomonique et astronomie se rejoignent encore plus que d'habitude...*

Un temps magnifique, quasiment un ciel d'azur, pas un nuage sur la préfecture de l'Aube, seulement un petit vent pas gênant pour prendre quelques photos des cadrans solaires de l'Hôtel-Dieu-le-Comte. Placé en hauteur, un cadran légèrement déclinant vers le sud-ouest domine un magnifique agrandissement avec méridienne, courbe en huit, lignes horaires de 10 h 40 à 13 h 30 tracées toutes les 10 ou toutes les 5 minutes et courbes de dates tracées tous les 10 jours. Les œillets sont constitués de plaques percées de trois trous et maintenues en place par des renforts ce qui fait que l'on doit observer l'ombre portée dans laquelle se trouvent trois taches de lumière. Nous devons cet ensemble gnomonique daté de 1764 et de premier ordre à un mathématicien, savant et littérateur troyen (1704 – 1771)<sup>1</sup>.



A mon arrivée à 12 h 31, 20 minutes avant le midi solaire vrai, la tache lumineuse centrale se trouve bien sur la droite équinoxiale du grand cadran et sur la ligne horaire 11 h 40 ; ouf ! Premières photos... Malheureusement, le cadran supérieur est en retard d'une quinzaine de minutes à cause de la mauvaise position actuelle de son œillette.

12 h 44 : moment crucial, la tache lumineuse se trouve exactement à l'intersection de la droite équinoxiale et de la courbe en huit de midi moyen ! En effet, la longitude de Troyes est égale à  $4^{\circ} 5'$  Est donc la correction est de  $-16$  minutes. L'heure du midi moyen est en conséquence égale à  $12\text{ h} - 16\text{ min} + 1\text{ h}$  (selon la définition de l'heure légale) soit  $12\text{ h } 44\text{ min}$  en heure d'hiver (ou  $13\text{ h } 44\text{ min}$  en heure d'été)<sup>2</sup>.

Les deux cadrans superposés de l'Hôtel-Dieu-le-Comte,  
le 20 mars 2009 à 12 h 44

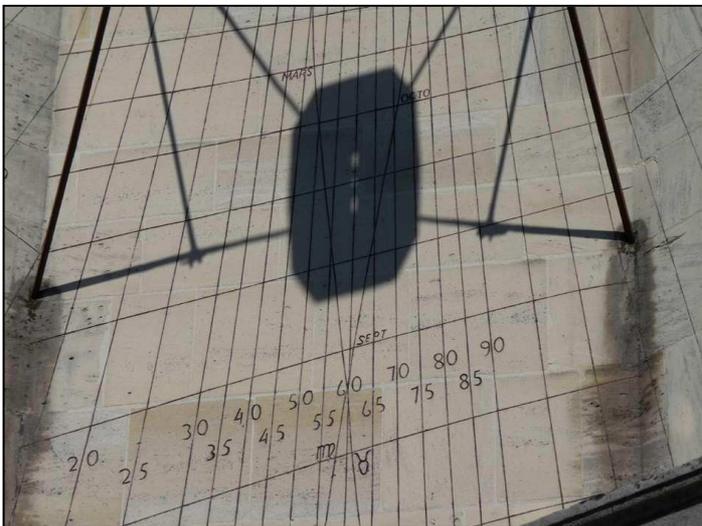
<sup>1</sup> Voir article « Les cadrans solaires de Troyes et de son agglomération (Aube) » par Claude Garino, Cadran-Info N° 16 octobre 2007 pages 53 - 60.

<sup>2</sup> En 2009, le passage de l'heure d'hiver à l'heure d'été eut lieu le dimanche 29 mars à 1 heure (UT).



12 h 44, la tache centrale est à l'intersection de l'équinoxiale et de la courbe en huit de midi moyen à l'instant même de l'équinoxe de printemps !

Mais me direz-vous, le phénomène doit se reproduire lors de chaque jour d'équinoxe de printemps. Or il se trouve qu'à cet instant précis, ce 20 mars 2009, c'est l'équinoxe ! Les éphémérides indiquent bien l'équinoxe ce jour à 11 h 44 min (UT) soit 12 h 44 min en heure légale. Je prends donc un maximum de photos au midi moyen au moment même où le Soleil passe de l'hémisphère céleste Sud à l'hémisphère céleste Nord. Cette coïncidence des deux phénomènes n'eut lieu bien sûr que en tout point du méridien de Troyes, qui passe par exemple par Montpellier et Roanne.



J'attends encore quelques instants et 7 min 30 s plus tard, selon la valeur de l'équation du temps, soit environ à 12 h 51, c'est le midi vrai. La tache est sur la ligne verticale de la méridienne. Encore quelques images, avant de me rendre sous le porche de l'église Saint-Martin-ès-Vignes pour contrôler que la tache de son œilleton se trouve sur l'équinoxiale, mais il y a déjà 20 minutes que c'est le printemps !

12 h 51, midi vrai, le Soleil culmine dans le ciel à Troyes

N.B. Il y a eu coïncidence du printemps avec le midi vrai lorsque la longitude exprimée en durée est donnée par : « heure légale – heure solaire – EQT – 1 h » soit  $12\text{ h }44\text{ min} - 12\text{ h} - 7\text{ min }30\text{ s} - 1\text{ h} = -23\text{ min }30\text{ s}$  ce qui correspond aux endroits situés approximativement sur le méridien de longitude 6° Est.

A quelle date pourra-t-on assister au midi moyen ou au midi vrai à l'instant même d'une équinoxe ou d'un solstice sur ce cadran? La question est posée...





## Cadran de l'abbé Kart Bernard

Par Paul Gagnaire

*Le cadran solaire installé sur une colonne porteuse, dans le jeu de boules (réf inventaire: 3824601-1), qui fut l'ancien jardin du presbytère de Montagnieu (Isère), a été construit par Monsieur l'Abbé Bernard Kart (1875-1950), curé de Montagnieu. Aidé par Monsieur Joseph Chevallier dont les souvenirs nous ont été précieux pour établir cette note de présentation*

De la première page de calcul jusqu'à l'inauguration, on dit que huit mois de travail assidu ont été nécessaires pour venir à bout de l'oeuvre entreprise, mais le résultat est à la mesure des efforts déployés.

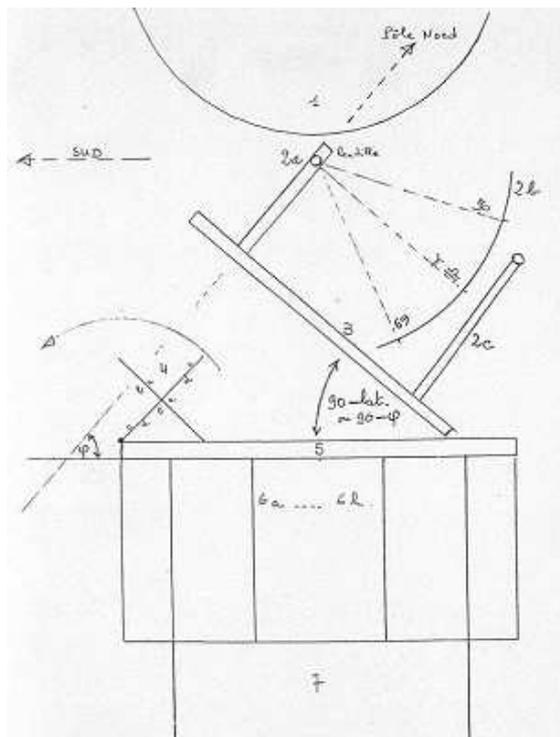


Ce cadran est, tout ensemble, un instrument géographique et gnomonique. Il comporte:

- a) 8 cadrans solaires verticaux
- b) 1 cadran solaire horizontal
- c) 1 cadran équatorial, double face
- d) 1 cadran polaire
- e) 1 cadran solaire équatorial universel, équipé d'une alidade à lentille



f) 1 table d'orientation indiquant l'azimut et la distance de 153 villes ou lieux du monde entier.



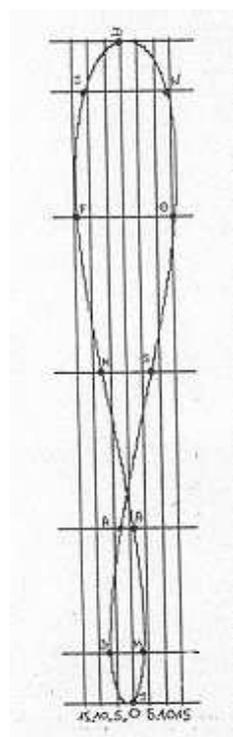
A droite: Courbe en 8, représentative de l'équation du Temps, sur la plaque plane où tombe la tache de lumière issue de l'ocillon. Les dates pointées sont voisines des 21 mensuels et correspondent aux entrées du soleil dans les signes du zodiaque.

Le temps moyen est égal au temps vrai les 4 jours où l'équation du temps passe par la valeur 0, soit:

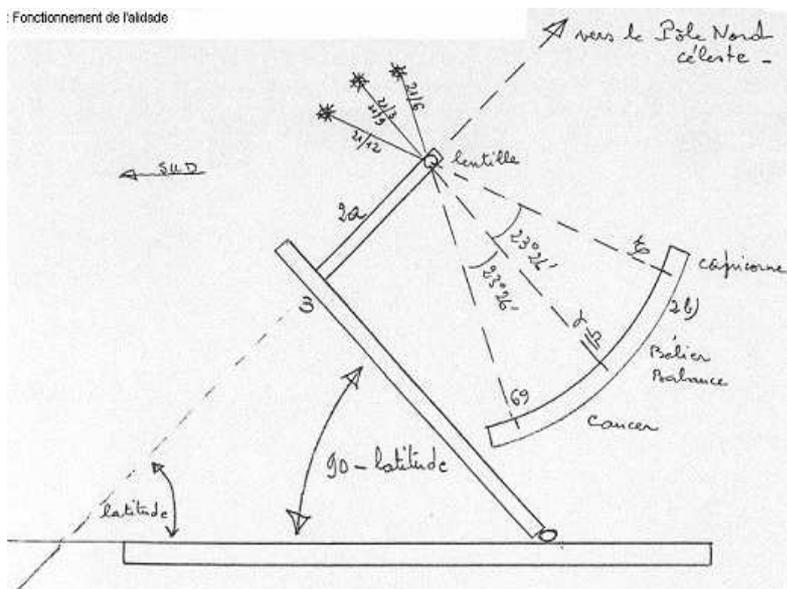
- Le 15 Avril
- Le 15 Juin
- Le 2 Septembre
- Le 25 Décembre

A gauche: vue d'ensemble avec en repère:

- 1. Planétarium (aujourd'hui disparu).
- 2. Alidade composée de trois éléments:



- 2a. branche porteuse de la lentille.
- 2b. branche réceptrice de la tache de lumière, taillée en forme de calotte cylindrique, (voire sphérique, selon le système Fléchet de 1860). Sur cette branche 2b est tracée la courbe en 8, représentative de l'équation du temps. C'est sur cette branche que se focalise l'image du Soleil dont les rayons traversent la lentille de la branche 2a.
- 2c. branche-poignée portant l'index et les trois repères marqués: "M", "G", "HE".
- 3. Plateau équatorial portant, gravés, les noms des villes et des Etats, distribués selon les 24 fuseaux horaires.
- 4. Système basculant portant les 4 cadrans solidaires:
  - 4a. cadran équatorial, face d'été. (face supérieure).
  - 4b. cadran équatorial, face d'hiver. (face inférieure).
  - 4c. cadran polaire, en service avant basculement.
  - 4d. cadran horizontal, en service après basculement.
- 5. Plateau horizontal, ou table d'orientation, portant, gravés, les noms de villes ou de lieux du monde, annotés de leurs distances en kilomètres, depuis Montagnieu, et distribués selon leur azimut orthodromique relevé depuis Montagnieu.
- 6. Les huit cadrans verticaux faisant face aux 8 points suivants: N./ S./ E./ W./ NE./ NW./ SE./ SW. Ces cadrans sont gradués en temps vrai de Greenwich qui retarde de 22 minutes sur le temps vrai de Montagnieu. (exactement: 21m 44s)
- 7. Colonne porteuse.



Pour sa part, le cadran à alidade porte, gravés sur son plateau de cuivre, les noms de 151 capitales d'Etats et les noms d'une centaine d'Etats dont 85 seulement restent identifiables sans hésitation; les autres sont très effacés.

◀ Repère:

- 3. Plateau équatorial
- 2a. Branche de l'alidade portant la lentille dans l'orifice de l'œilleton
- 2b. Branche de l'alidade portant la courbe en 8 sur laquelle on peut faire arriver la tache de lumière.

Les trois cadrans: b), c), d), sont solidaires et basculent autour d'un axe horizontal; ce mouvement révèle l'envers du cadran polaire qui est un horizontal. A la différence des autres organes du cadran qui sont en cuivre, la plaquette de l'horizontal réversible en polaire est en zinc.

Dans la longue signature tracée autour du gond central de la table d'orientation, le père Kart fait hommage de la conception d'un tel cadran composite, au R.P. Mermet, de l'Ordre des Frères Prêcheurs (Dominicains), natif d'Oyeu, à une trentaine de kilomètres au sud-est de



Montagnieu, près du lac de Paladru; mais il n'empêche que Monsieur l'Abbé Kart a droit à

toute notre admiration pour sa science, sa patience, sa rigueur et l'abondance extraordinaire des informations présentées, qui font de ce cadran de village, un instrument de très grande classe. Beaucoup de cadrans plus célèbres pâtiraient de la comparaison avec celui-ci.

## SECTION 1: LE PLATEAU HORIZONTAL

Le plateau horizontal, circulaire, fixe, qui constitue la table d'orientation, est exécuté en cuivre. De 45 centimètres de diamètre, il est gradué sur son pourtour de degré en degré, avec numérotation tous les 10 degrés. Le Nord et le Sud sont numérotés 0°; l'Est et l'Ouest sont chiffrés 90° sans signe.



Autour du gong central se développe une inscription circulaire puis, radialement, les inscriptions axées des noms de villes ou de lieux du monde, avec leurs distances orthodromiques, en kilomètres, depuis Montagnieu.

Les parenthèses sont dues au père Kart; d'autres sont ajoutés par nous pour élucider certaines mentions abrégées.

### 11- L'inscription circulaire:

Cadran solaire mobile du R.P. Mermet O.P. , d'Oyeu complété par un cadran indiquant  
 1°) l'heure locale des capitales  
 2°) l'heure légale des Etats répartis entre les 24 fuseaux horaires et une table d'orientation universelle. Par R.B.K. Curé de Montagnieu 1936.

L'inscription est sommée et soutenue par deux petites croix au pied fourché .L'indication de l'heure légale des Etats présente le mot "légale" en surcharge du mot "locale", primitivement gravé puis biffé. Nous n'avons aucune hésitation à attribuer la correction au père Kart lui-même.

### 12- Inscriptions axées.

du Sud au Nord par l'Ouest			du Nord au Sud, par l'Est	
Degrés	Kilomètres	Lieux du monde	Kilomètres	Lieux du monde
0	15000	Pôle Sud	5000	Pôle Nord
	11050	I. Bouvet	16500	I. Wallis
	4300	Abomey	1650	Christiana
10	6900	I. Ste Hélène	3000	Cap Nord
	930	Alger	990	Hambourg
	4550	Grand Bassam		
20	3100	Tombouctou		
	4750	C. des Palmes (cap)		
	4600	(Lib.) Monrovia C (Libéria)	1300	Copenhague
	4340	(S.L.) reetown (Sierra Leone)	1750	Stockholm
	1150	Oran	8350	Nicolaïevsk
30	4300	Konakry	9400	Hakodaté
	13200	I. du Cap Horn	3000	Arkangel
	3840	Saint-Louis	1000	Berlin; 9900 Tokyo
40	4000	Dakar	2300	S. Petersbourg
			16900	Nouméa
	1500	Gibraltar	6700	Irkoutsk

	9080	R. Janeiro	18650	Auckland
	7900	Bahia	8400	Pékin
	7000	Natal	9380	Chang-Haï
	10850	Montev. (Montévidéo)	900	Prague
	11000	Buenos Ayres		
50	7000	(Br.) Céapa (Brésil)	1400	Varsovie; 500 Moscou
	2150	Pic Ténériffe	9200	Nankin
	2850	I. de Fer	9750	Foutchéou
	880	Madrid		
	11700	Santiago (Chili)		
	11760	Valparaiso		
60	11400	La Séréna	9500	Canton
	1400	Lisb. (Lisbonne)	1*100	Wellington (ire: 19100)
	10200	(Bol.) Sucre (Bolivie)	900	Vienne; 9130 Hanoï
	10100	Titicaca		
	7150	Cayenne		
70	7200	Paramaribo	7400	Lhassa; 9600 Hué
	10460	Lima, Callao	1050	Budapest
			3280	Astrakan
			10100	Saïgon
			9300	Bangkok
			7770	Calcutta
80	2740	I. Ste Marie-Aço. (Açores)	16800	Sidney
	7000	Martinique	10600	Singapour
	Carac. 7800	Guayaquil (Caracas)	2900	Batoum
	Bogota 8900	5000 Quito (Quito = milles nautiques !)	1650	Bucarest
			11450	Batavia
90	S. Dom.7400	9000 Panama (St. Domingue)	3950	Téhéran
	9420	San José	Bombay 6840	18600 !) Melbo. (Melbourne) (Melbourne = 16800 km)
	8000	(J.) Kingstone (Jamaïque)	7350	Pondichéry
			1900	Constantinople
			8900	(Ceyl.) Colombo
			3550	Bagdad
80	9110	(H.) Tégucigalpa (Honduras)	4000	Bassora
	9390	S. Salvador	18630	Invercargili (Nouv. Zélande)
	8150	La Havane	2***	Damas
	15700	I. Gambiez	2960	Jérusalem
70	9400	Véra Cruz	1700	Athènes
	4400	St. Jean (Terre Neuve)	3100	Sinaï
	9600	Mexico	690	Rome; 2800 Le Caire
	6550	Wasington ( <i>sic</i> )	4100	La Mecque
	6200	New York		
	870	Brest		
60	5700	Québec	5240	Aden
	6050	Ottawa	5150	Djibouti
	7100	Chicago	4700	Condar

	7200	( E.U.) St. Paul		
50	14900	I. Marquises	5200	Adis Abéba
	16250	Taïti ( <i>sic</i> )	4200	Khartoum
	7100	(Man) Winnipeg (Manitoba)	8900	La Réunion
	9600	Los Angeles		
	1240	Dublin		
40	9450	S. Francisco	8640	Zanzibar; 8300 Tananarive
	8500	Vancouver	6900	Kiloa
	8550	Victoria	7750	Mozambique
	440	Paris		
30	800	Londres; 1100 Liverpool	1500 / 7840	Tripoli / Sofala
	650	M. Hécla (Islande)	980	Tunis
	1300	Edimbourg	Tunis	Prétoria; 8700 Port N. (Port-Nata) (ancien nom de Durban)
20	12400	Honolulu	650	(L. Tch.) Kouka (Lac Tchad)
			5620	Brazzaville
			8410	Le Cap
10	600	Bruxelles	6540	Benguéla
	750	La Haye	46**	Cameroun
	800	Amsterdam	****	Constantine
	7640	D. de Béhring	4400	Bénin
0	5000	Pôle Nord	15000	Pôle Sud

### 13- Formulaire de la Route orthodromique

Cette courte notice se veut dépouillée de toute pédanterie, mais, pour que le lecteur qui a conservé de sa scolarité, quelques souvenirs de trigonométrie, puisse apprécier à sa juste valeur le travail du père Kart, à une époque qui ignore la calculette, nous voudrions mentionner ici la formule qui procure la route orthodromique d'un point X depuis Montagnieu. Il est certain que le père Kart n'a eu à sa disposition que les logarithmes, a conduit ses calculs à la main et les a très probablement recommencé deux fois, par prudence, ce qui explique que nous n'ayons trouvé, dans cette impressionnante liste de 153 destinations, qu'une inversion de chiffres et un oubli dans la conversion des milles nautiques en kilomètres.

L'azimut orthodromique d'une destination, relevé depuis Montagnieu, qui est la "route-fond" ou le "cap-départ" des navigateurs, s'obtient par:

$$\cotg(Az) = \frac{\sin(L1) \cdot \cos(G2-G1) - (\cos(L1) \cdot \tg(L2))}{\sin(G2-G1)}$$

avec:

Az = Azimut cherché

L1 = Latitude de Montagnieu = 45°31'26"

L2 = Latitude de la destination

G1 = Longitude de Montagnieu = -5°25'50" Est

G2 = Longitude de la destination

Quant à la distance orthodromique elle s'obtient par:

$$\sin(X) = \sin(L1) \cdot \sin(L2) + (\cos(L1) \cdot \cos(L2) \cdot \cos(G2-G1))$$

ayant obtenu X on fait: 90 - X qui est la distance en degrés

puis on convertit avec:

1 degré = 60 milles nautiques

1 mille nautique = 1852 mètres

Le lecteur qui voudrait affiner ces éléments recourra sans peine à un petit traité de navigation astronomique mais, sans doute, devine-t-il déjà pourquoi le père Kart a passé huit mois sur ses atlas !

On peut remarquer ici que, s'il s'agit d'aller d'un point A à un point B, antipode de A, tous les azimuts conviennent et la distance reste toujours de 20000 km. On voit bien que le père Kart a essayé de trouver des destinations proches de l'antipode, peut-être par jeu, ou pour vérifier que sa formule "marchait" bien, ou pour embrasser tout le vaste monde et le rassembler dans son joli petit jardin.

## **SECTION 2: LE CADRAN A ALIDADE (HEURES DU MONDE).**

### **21- Le temps. L'heure. Les heures.**

La rotation de la Terre sur elle-même procure l'impression que c'est le Soleil qui tourne autour d'elle. Un tour apparent du Soleil commence à midi, au moment où, sous nos latitudes, il culmine au Sud, donc dans le plan méridien; le tour s'achève le lendemain à midi et le Soleil, parti du méridien local repasse par le méridien local. Le temps mis par le Soleil pour effectuer un tour apparent s'appelle un jour solaire et on a pris l'habitude d'en diviser les 360° en 24 tranches de 15° appelées des heures. Quand le Soleil s'est avancé dans le ciel de 15° on dit qu'il s'est écoulé une heure. La corrélation entre la mesure spatiale de 360° et le temps mis à les parcourir est ainsi manifeste. Cela engendre le temps solaire vrai, subdivisé en heures solaires vraies.

Mais le mouvement apparent du Soleil est entaché d'irrégularités et, lorsqu'on a réussi à "mécaniser" avec assez de précision l'heure régulière des horloges, on a, du même coup, rendu intolérables les écarts entre l'heure solaire et l'heure régulière ou moyenne. Jamais, sauf quatre fois par an, le jour solaire ne vaut exactement 24 heures, même si, en moyenne, 365 jours valent bien 365 fois 24 heures. Du reste, l'écart entre le jour vrai et 24 heures ne dépasse jamais 30 secondes mais cet écart journalier se cumule jusqu'à faire avancer ou retarder les horloges sur le Soleil de plus de 15 minutes.

Pour l'organisation de la vie pratique il n'est pas question d'utiliser une autre heure que l'heure moyenne, d'autant plus qu'elle engendre, par convention, toutes les autres heures en usage dans la société: heure U.T, heure légale d'hiver ou d'été, etc. Mais comme il n'est pas inintéressant de pouvoir passer de l'heure solaire vraie du cadran solaire à l'heure moyenne des pendules, on s'attache à connaître, pour chaque instant de la journée ou, tout au moins pour midi, l'écart entre le temps solaire vrai et le temps solaire moyen. Cet écart s'appelle l'équation du temps, avec le vieux sens d' "égalisation" pour le mot "équation".

Graphiquement, l'équation du temps a donné naissance à de nombreuses courbes dont la plus célèbre est la "courbe en 8", parfois appelée "courbe de Fouchy", du nom du mathématicien français qui la popularisa vers 1730. C'est une telle courbe qu'on trace sur de nombreux cadrans solaires, contenue entre les arcs solsticiaux. Elle est gravée sur la branche "2b" de l'alidade du cadran de Montagnieu.

En 1936, dans leur quasi-totalité, les pays civilisés ont abandonné l'heure locale, vraie ou moyenne, et ont adopté une heure unique pour l'ensemble de leur territoire. C'est l'heure légale. Des pays immenses tels que les U.S.A, la Russie ou le Canada utilisent même plusieurs heures légales, en vigueur simultanément dans des zones géographiques précisément délimitées. La Terre a été découpée en 24 fuseaux horaires et l'heure de référence, à laquelle toutes les autres sont rattachées, est l'heure civile du méridien de Greenwich, ou heure U.T. La France qui avait utilisé l'heure moyenne du méridien de Paris de 1891 à 1911, est ainsi alignée sur Greenwich. En été elle avance ses pendules d'une heure; c'est l'heure légale d'été.(U.T+1).

Le fuseau N°1 chevauche le méridien de Greenwich de 7°30' vers l'Est et vers l'Ouest.

La France continentale est donc, pratiquement, tout entière contenue dans ce fuseau.

## 22- L'heure à Montagnieu.

Montagnieu se trouve à la longitude  $-5^{\circ}25'50''$  Est du méridien international ( dit à l'époque: "de Greenwich" ) ce qui fait avancer l'heure vraie de Montagnieu sur celle de Greenwich de 21 minutes et 44 secondes qu'on arrondira à 22 minutes.

De la même façon, l'heure vraie de Montagnieu avance sur celle de Paris de 12 minutes et 22 secondes qu'on arrondira à 12 minutes.

Enfin, l'heure vraie de Paris avance sur celle de Greenwich de 9 minutes et 21 secondes qu'on arrondira à 10 minutes.

Lorsqu'on construit un cadran solaire, on peut le doter de systèmes de graduations tels qu'il indiquera, au choix, le temps vrai local, le temps moyen local, le temps moyen d'autres lieux du monde, le temps U.T, ou plusieurs sortes de temps. Le moment venu nous verrons les choix du père Kart.

## 23-Description du cadran à alidade.

Ce cadran se compose des trois organes suivants:

- un cercle fixe gradué en heures, de 5 en 5 minutes, avec les quarts d'heure et les demi-heures marqués par un trait plus long. Les heures rondes sont numérotées de 0 / XXIV à 0 / XXIV avec 0 / XXIV en haut donc du côté Sud et XII en bas donc du côté Nord.

- un disque mobile tournant librement autour de son centre. Ce disque est percé de 4 gros trous et de deux fois 2 petits trous dont l'utilité nous échappe. Il est également fendu 8 fois, radialement, sur les 2/3 de la longueur du rayon.

- le système de poursuite, fixé sur le disque mobile, se compose d'une alidade à trois branches. (voir photos ci-dessous).



Dans le haut de la branche "2a" est enchâssée une lentille qui focalise l'image du Soleil, sous forme d'une petite tache lumineuse, sur la branche "2b" où est gravée la courbe en 8, représentative de l'équation du temps.

La branche "2c" porte un index et trois traits-repères, au bord du cercle fixe.

L'index est marqué "H.E" soit: heure d'été.

Les traits-repères sont marqués, respectivement: "M", "P", "G" soit: Montagnieu, Paris, Greenwich.

Si l'on amène "M" sur XVIII, par exemple, "P" se place sur XVII h.48, "G" se place sur XVII h.38 et "H.E" sur XVIII h.38, ce qui correspond, très exactement, aux écarts que nous avons indiqués plus haut, entre ces trois villes. On note que "H.E" vaut G+1.

Donc, s'il est, pour démonstration, 18 h. à Montagnieu, il n'est que 17 h.48 à Paris et 17 h.38 à Greenwich, sans préjuger du type d'heure choisie, mais qui est le même dans les trois villes. Un écart en heure n'est pas autre chose qu'un écart en longitude.

Ces trois organes (cercle fixe, disque mobile, alidade) composent le plateau horaire. Il est établi dans le plan de l'équateur d'où son autre nom: "plateau équatorial".

Le diamètre du plateau est de 36 centimètres; ses pièces sont en cuivre.



Ce positionnement dans le plan de l'équateur céleste a pour conséquence de rendre

égaux entre eux les angles qu'y forment les lignes horaires, comme sur n'importe quel cadran équatorial. Entre deux lignes d'heures rondes consécutives, l'angle est de 15°. Voilà pourquoi les graduations du cercle fixe sont égales entre elles. Par suite, si l'on considère deux points du disque mobile séparés par une certaine valeur angulaire, cette valeur sera manifestée, sur le cercle fixe, quelle que soit la rotation imposée au disque mobile.

Le disque mobile porte, gravées, deux familles d'inscriptions:

- a) des noms de villes (capitales d'Etats) ou lieux du monde, disposés radialement.
- b) des noms d'Etats, disposés circulairement, près du centre, en six lignes concentriques.

Le relevé de ces inscriptions sera donné ci-dessous, sous les alinéas 25 et 26.

## 24- Manoeuvre de l'alidade

En faisant tourner le plateau équatorial, grâce à la branche "2c" de l'alidade (qui fait aussi fonction de poignée), on fait tourner l'alidade qui est solidaire du disque mobile et, ainsi, on poursuit le Soleil jusqu'à obtenir une petite tache de lumière sur la branche "2b".

Cette branche étant galbée en forme de calotte cylindrique et, peut-être même, sphérique, selon l'idée brevetée en 1860 par M. Fléchet, tous les points de sa surface sont équidistants de la lentille de la branche "2a"; on obtient donc un résultat très précis, quelle que soit la date de l'année et quelle que soit la position de la tache lumineuse par rapport à l'axe vertical "0".

Si l'on fait tomber la tache solaire sur cet axe "0", on ne fait pas jouer la courbe en 8 de l'équation du temps et on saisit le temps vrai à Montagnieu: l'index et les trois repères indiqueront des temps vrais; si on fait tomber le point lumineux sur la courbe en 8, en choisissant le bon côté, grâce aux initiales des mois, on saisit le temps moyen et les quatre lectures sur le cercle gradué procurent des temps moyens, à Montagnieu, à Paris, à Greenwich et à "Greenwich+1", c'est à dire l'heure légale française d'été.(en 1936).

Et comme la manoeuvre du disque mobile impose la même rotation à toutes les villes qui y sont inscrites, disposées selon leur écart en longitude, on pourra lire l'heure vraie locale ou l'heure moyenne locale de ces 151 capitales du monde.

Enfin, comme ce même disque comporte les noms (lisibles) de 85 Etats, disposés selon l'écart de leur heure légale avec l'heure de Greenwich, il suffira de corriger l'heure moyenne de leurs capitales, selon la législation, ainsi figurée, de l'Etat concerné pour obtenir l'heure légale de cette capitale et, ainsi, du pays tout entier....pour autant que les informations du père Kart, qui datent de 1936, soient toujours valables.

Si, de nos jours (1998), on veut manoeuvrer l'alidade dans un dessein utilitaire, voici les informations procurées:

1°) avec la tache lumineuse sur l'axe "0":

"M"... = temps vrai local de Montagnieu

"P"... = temps vrai local à Paris

"G"... = temps vrai local à Greenwich

"H.E".= temps vrai local au méridien -20°25'50" (donc 15° à l'est de Montagnieu)  
soit, par exemple, à Cracovie ou à Corfou

2°) avec la tache lumineuse sur le 8:

"M"... = temps moyen à Montagnieu

"P"... = temps moyen à Paris

"G"... = temps moyen à Greenwich

soit, majoré d'une heure, l'heure légale française d'hiver

soit, majoré de deux heures, l'heure légale française d'été.

"H.E". = temps moyen au méridien -20°25'50".

**25- Relevé des inscriptions (noms des capitales)**

Il s'agit des inscriptions tracées radialement. L'index de l'alidade "2C" étant mis, arbitrairement, sur XII heures, voici la distribution de ces noms des capitales:

Bornes horaires	Capitales
entre XII et XI	Paris, Rome, Turin, Berlin, Copenhague, Genève, L.H. (La Haye ?), Alger, Oran, Madrid
entre XI et X	Casablanca, Marrakech, B. Lisbonne (B = ?), Konakry, Dakar, I. Madère, S. Louis (Sénégal), Gibraltar
entre X et IX	M. Hécla (Islande), S. Vaco (I. Cap Vert ), Angra (Açores )
entre IX et VIII	Natal (Brésil ), Bahia (Brésil), Rio de Janeiro
entre VIII et VII	I.H. (Ile Hamilton aux Bermudes), I. Trinité, S. Paulo (Brésil), S. Jean (T.N.) (Terre Neuve), Cayenne, S. Pierre, Montévidéo, Ass. (Assuncion), I. Falkn (Falkland), Parag., Buenos Ayres, Fort de France, Basse Terre
entre VII et VI	I. Berm. (Bermudes), (Bol.) Sucre (Bolivie ), La Paz, St. Domingue, Santiago, Québec, Valparaiso, Bogota, New York
entre VI et V	Ottawa, Wasington ( <i>sic</i> ), (Equat.) Quito, Jamaïque, Panama, Lima, Nicarag., La Havane, B. Managua, S. José (Costa Rica), Chicago
entre V et IV	Guatémala, S. Louis, S. Paul, Quito ( <i>répétition</i> ), Winnipeg, Mexico, Guadalajara, Régina (Can.)
entre IV et III	I. Pâques,?, Angeles
entre III et II	San Francisco, Fort Ruppert (I.V.) (Canada)
entre II et I	I. Gambiez (F.), Nouka Hiva (Marqu.), Taïti ( F.)
entre I et 0/XXIV	aucune indication
entre 0/XXIV et XXIII	Dét. Béhring, Suva ( I. Fidji )
entre XXIII et XXII	Wellington (N. Zélande), Nouméa
entre XXII et XXI	Sideney ( <i>sic</i> )
entre XXI et XX	Melbourne, Port Adélaïde
entre XX et XIX	Osaka (Jap.), Vladivostock, Moukden
entre XIX et XVIII	Manille (Philip.), Nankin, Pékin, Labouan (Bo.) (Bornéo), Perth, Canton, Batavia, Saïgon, Chang Haï, Hué, Hanoï
entre XVIII et XVII	Singapour, Bangkok, Rangoon, Lhassa
entre XVII et XVI	Calcutta, Chandernagor (F.), Bénarès, Yanaon, Madras, Colombo, Pondichéry, Mahé
entre XVI et XV	Lahore, Bombay, Kaboul, Tobolsk, Kélat, Hérat, Iékatérinembourg
entre XV et XIV	Mascate (Arab.), S. Denis ( Réunion ), Ispahan, Téhéran, Tamatave, Tananarive, Astrakan, P. Aden, Mayotte
entre XIV et XIII	Bagdad, Djibouti, Pakoum, La Mecque, Adis Abéba, Moscou, Jérusalem, Sinaï, Angora (Ankara)
entre XIII et XII	Le Caire, St. Pétersbourg, Constantinople, Bucarest, Athènes, Sofia, Varsovie, Budapest, Belgrade, Le Cap, Stockholm, Vienne

**26-Relevé des inscriptions ( noms des Etats )**

Voici, dans chacune des six zones concentriques, les noms portés, depuis le centre et en allant vers la périphérie:

zones	Etats
Zone 1	Groenland, Guyane française, Colombie, Costa Rica, ....., ....., Alb....., I.

	Société, I. Aléoutiennes, I. Wrangel, I. Salomon, Australie N., Australie C.C., Afghanistan, La....., .....il, Hou....., France, Suisse
zone 2	Uruguay, Equateur, Arizona, Cai.....IF..., I. Hawaï, I. Fidji, N. Hébrides, Victor, Andc....., Philip., Indochine, Indes, Madagascar, Turkistan, I.G.B., Belsen..., Ga.....
zone 3	Pérou, I. Chi. {Chili}, Pan. {Panama}, Color. {Colorado}, Név.{Névada}, Marquises, Samoa, I. Nlle Calédonie (France), N. Guinée, Jap., Chine, Touk. { ? }, Ceylan, Grèce, Autriche, Hongrie, Espagne, Pologne, Italie, Po. {Portugal}
zone 4	Lap. {Laponie}, Véné. {Vénézuéla}, P.L. { ? }, Miss. {Missouri}, Utah, Orégon, Lion... { ? }, N.Z., Corée, Mariannes, For.{Formose}, Cochinchine, Erythrée, Sui., Ir. {Irlande}, Lux., Sic...si { ? }
zone 5	totalemment effacée sauf Brésil et la mention: 2A12 { inexplicquée }
zone 6	Alaska, Carolines, Java, Sumatra, Bolchevik {Sibérie}, Isy...{ ? }, Lit. {Lithuanie}, C. Diu... { ? }, Is. {Islande}, Qué. {Québec}

**REMARQUES:**

1°) Les distances angulaires entre les villes expriment leur écart en longitude donc, également, l'écart en temps qui existe en permanence entre leurs heures respectives. Le fait de faire tourner le disque mobile, en poursuivant le Soleil, a pour effet d'augmenter sans cesse l'heure de chaque ville mais ne modifie pas leurs écarts en temps. Dès que la rotation du disque s'arrête, avec le point lumineux sur la branche réceptrice de l'alidade, l'heure simultanée de chaque ville se lit sur le cercle gradué, heure locale vraie ou heure locale moyenne d'où l'on déduit toutes les autres.

Comme le cercle porte les graduations toutes les 5 minutes, il est facile d'interpoler à vue et, ainsi, d'obtenir une précision voisine de la minute.

2°) L'heure légale des Etats d'où l'on peut déduire l'heure légale de leurs capitales, est indiquée grâce à 24 petits rayons numérotés de 0 à 12, deux fois à la suite; ces rayons amorcent puis suggèrent 24 secteurs angulaires et les noms des Etats sont inscrits, ou commencent d'être inscrits, dans les secteurs dont le numéro de rang exprime l'écart entre l'heure légale des Etats et l'heure de Greenwich.

Malheureusement, cette partie du cadran est partiellement effacée; de plus, le système adopté a conduit le père Kart à utiliser de nombreuses abréviations qui rendent incertaine l'identification de ces Etats.

Comme, d'autre part, la définition de l'heure légale ressortit aux prérogatives régaliennes des Etats et n'a pas toujours été stable dans le temps, il est prudent de n'utiliser cette fonction du cadran qu'avec la plus extrême circonspection.

**SECTION 3: LES HUIT CADRANS VERTICAUX.**

Il s'agit de rectangles de cuivre ceinturant la colonne porteuse, juste en dessous de la table d'orientation; ils ne figurent pas sur la photographie de l'inauguration, en 1936, et ont donc été ajoutés postérieurement. Hauts de 30,5 centimètres et larges de 19,5 centimètres, ils font face, exactement, au Nord, au Sud, à l'Est, à l'Ouest, au Nord-Est, au Nord-Ouest, au Sud-Est, au Sud-Ouest. Tous les styles triangulaires qui les équipaient ont disparu.



Vue face Ouest

Vue côté Sud

Vue face Est

Vue côté Nord

Ces huit cadrans procurent le temps vrai local diminué de 22 minutes, c'est à dire le temps vrai de Greenwich; ils portent également l'indication des levers et des couchers du Soleil, aux dates majeures de l'année, solstices et équinoxes, sur les faces où ces phénomènes peuvent apparaître.

Plutôt que d'entrer, pour chacun, dans une description répétitive, nous donnons, sous figure 4, un tableau récapitulatif de leurs caractéristiques.

Particularités	Face Cadran							
	SUD Méridional	SUD- OUEST	OUEST Occidental	NORD- OUEST	NORD Septentrional	NORD -EST	EST Oriental	SUD- EST
Déclinaison gnomo- nique	0°	45°	90°	135°	+ 180° -180°	- 135°	- 90°	- 45°
Lignes horaires tracées								
a) heures rondes	6 -- 12 – 17	9 -- 12 – 19	13 à 19	13 à 19	4 à 7 et 16 à 19	4 à 10	4 à 10	4 -- 12 – 14
b) mi- heures	6 h. 30 m. à 17 h. 30 m.	8 h. 30 m. à 19 h. 30 m.	13 h. 30 m. à 18 h. 30 m.	13 h. 30 m. à 19 h. 30 m.	4 h. 30 m. à 6 h. 30 m. et 16h. 30 m. à 19 h. 30 m.	4 h. 30 m. à 9 h. 30 m.	4 h. 30 m. à 10 h. 30 m. 4 h. 15 m. à 10 h. 45 m.	4h. 30 m. à 14 h. 30 m.
c) quarts d'heure			13 h. 15 m. à 18 h. 45 m.					
Lignes numérotées								
a) heures rondes	6 -- 12 -- 17	9 -- 12 -- 19	13 à 19	13 à 19	4 à 7 et 16 à 19	4 à 10	4 à 10	4 – 12 -- 14
Marques levers			.					
a) solstice d'été	-	-	-	-	3 h. 50 m.	3 h. 50 m.	3 h. 50 m.	3 h. 50 m.
b) équinoxes	5 h. 30 m. et 5 h. 45 m.	-	-	-	5 h. 30 m. et 5 h. 45 m.	5 h. 30 m. et 5 h. 45 m.	5 h. 30 m. et 5 h. 45 m.	5 h. 30 m. et 5 h. 45 m.
c) solstice d'hiver	7 h. 20 m.	-	-	-	-	7 h. 25 m.	7 h. 25 m.	7 h. 25 m.
Marques couchers								
a) solstice d'été	-	18 h. 55 m.	19 h. 15 m.	19 h. 15 m.	19 h. 30 m.	-	-	-
b) équinoxes	17 h. 45 m.	17 h. 30 m. et 17 h. 45 m.	17 h. 15 m. et 17 h. 30 m.	17 h. 30 m. et 17 h. 45 m.	17 h. 30 m. et 17 h. 45 m.	-	-	-
c) solstice d'hiver	16 h.	16 h.	15 h. 55 m.	16 h.	-	-	-	-

Heures sous-stylaires								
Temps vrai Montagnieu	12 h.	15 h. 38 m	18 h.	20 h. 22 m.	0 / 24 h.	3 h. 38 m.	6 h.	8 h. 22 m.
Temps vrai Greenwich	11 h. 38 m.	15 h. 16 m.	17 h. 38 m.	20 h.	23 h. 38 m.	3 h. 16 m.	5 h. 38 m.	8 h.
Relevée sur le cadran	11 h. 50 m.	15 h.	18 h. 15 m.	20 h.	23 h. 50 m.	3 h. 20 m.	5 h. 30 m.	7 h. 20 m.
Lignes notées ‘P’ solstice d’été	7 h. 20 m. et 16 h.	-	-	-	7 h. 20 m. et 16 h.	-	-	-
Lignes horaires notées ‘PPLP’								
a) solstice d’été		8 h. 20 m. et 10 h. 15 m.	-	13 h.	-	10 h. 15 m.	-	13 h.
b) équinoxes		-	-	13 h. 50 m. et 14 h. 10 m.	-	9 h. 10 m. et 9 h. 20 m.	après 10 h.	13 h. 45 m. et 14 h. 10 m.
c) solstice d’hiver		-	avant 13 h.	15 h. 15 m.	-	-	-	14 h. 50 m.

Comme ils sont dépourvus de leurs styles, il est difficile d'identifier l'heure sous-stylaire parmi les trous des rivets arrachés ou réduits à de tristes tronçons déchaussés, d'autant plus que sur certaines faces se voient des rectifications (rivets en surnombre).

Aussi, nous donnons cette heure sous-stylaire en temps vrai de Montagnieu, puis telle qu'elle devrait passer dans un éventail horaire décalé de 22 minutes pour être recalé sur le temps vrai de Greenwich, enfin, telle qu'elle nous paraît choisie. Nous avons privilégié l'information déduite des rivets en place au détriment de celle suggérée par des trous vides.

Enfin, nous avouons ne pas être certain de la signification des lignes horaires pointillées, sous les mentions "P" et "PPLP" annotant l'indication complémentaire du solstice ou de l'équinoxe concerné; la mention "PPLP" pourrait signifier: "Passage Par Le Plan", mais ce n'est là qu'une hypothèse.

#### SECTION 4: LES CADRANS BASCULANTS

Tout comme pour les cadrans verticaux nous donnons ci-après, un tableau récapitulatif des caractéristiques de ces cadrans. Nous rappelons qu'ils sont solidaires et qu'en basculant, le cadran polaire révèle un cadran horizontal. Ils sont postérieurs à 1936.



Cadran basculant en position horizontal



Cadran basculant en position polaire

caractéristiques	Polaire	Equatorial		Horizontal
		Face été	Face hiver	
Matière	zinc	cuivre	cuivre	zinc
Largueur	20cm.	12cm	12cm	20cm.
hauteur	18,5	8,5	8,5	18,5
Heures rondes	8 à 15	4 à 19	4 à 19	4 à 19
Demi-heures	7.5 à 15.5	4.5 à 19.5	3.5 à 19.5	4.5 à 19.5
numérotation	8 à 15 et 14 à 19	4 à 10 et 15 à 20	3 à 9	4 à 19
heure sous-styilaire (Greenwich)	11.38m	11.38m	11.38m	11.38m
heures en pointillés simple		3h.55, 7h.20, 16h.10, 19h.40		
en pointillés double		5h.30, 5h.40, 17h.30, 17h.40		

Les heures en pointillés simples sont donc celles des levers et des couchers aux deux solstices. Les pointillés doubles sont réservés aux heures des levers et des couchers aux équinoxes. Toutes ces heures sont données en temps vrai à Greenwich qui retarde de 22m. sur celui de Montagnieu.

La graduation de l'équatorial d'hiver ne devrait aller que de: 5h.1/2 à 17h.1/2.

## CONCLUSION

Maintenant, le lecteur peut mesurer, bien imparfaitement, sans doute, car nous ne sommes qu'un modeste amateur, très conscient des lacunes et des maladroites de cette présentation, la somme des connaissances mises en oeuvre par le père Kart dans son cadran.

Sa prouesse intellectuelle n'est, cependant, que peu de chose en comparaison de l'ingéniosité, de la persévérance et de la minutie que la réalisation a exigées, jour après jour.

A Montagnieu, on nous a dit que la gnomonique n'était qu'un mince chapitre du savoir encyclopédique de Monsieur le Curé: les mathématiques et l'astronomie, la physique et la mécanique, la zoologie, la botanique, la géologie en constituaient les fondements les plus solides, avec la musique et les belles-lettres.

Organiste de talent, le père Kart faisait oublier l'heure aux paroissiens qui s'attardaient à ses concerts; constructeur d'automates, il avait composé, avec des personnages animés, une crèche de Noël dont la renommée attirait les visiteurs de tout le Dauphiné, parfois même par autocars spéciaux.

Ami des chats qu'il protégeait, des araignées qu'il élevait, acharné à enseigner à ses enfants de chœur le nom latin du moindre brin d'herbe ou du plus minuscule insecte, le père Kart avait une réputation d'original autant que de savant, mais tout le monde savait bien que de telles singularités sont toujours la signature d'un homme exceptionnel.

Au-delà, c'est encore la foi et la piété de leur Curé qui ont laissé les souvenirs les plus émus et les plus vivaces parmi les fidèles de Montagnieu.

Sans doute, le père Kart devait-il être quelque peu conservateur: il n'a pas raté Bolchevik et Lékatérinembourg, pas plus qu'il n'a débaptisé Saint-Pétersbourg et Nicolaïev, ou transformé Constantinople en Istamboul ! Mais l'on était en 1936.

A notre tour, délaissant un humour par trop facile, nous voudrions que nos derniers mots soient un hommage admiratif et respectueux au père Kart, pour son oeuvre ici-bas.



### *Cadran "étoile et cube"...*



*Reinhold Keigled nous a communiqué ces photos prises lors d'une visite de la "star-sundial of Theophilus W. Frese" et d'un charmant petit cadran cubique du même auteur (18ème siècle)*



### *... et cadran sur le fil d'une lame*



**LE HAUT ALPIN  
CADRAN SOLAIRE**  
*LE COUTEAU QUI INDIQUE L'HEURE SOLAIRE*



Couteau unique, entièrement fabriqué à la main  
à Saint-Véran-en-Queyras (Plus haute commune d'Europe)  
Marque et modèle déposés à l'I.N.P.I.

Sylvain BRUNET - Artisan coutelier forgeron  
Diplômé de l'École d'Armurerie de Colbe  
Quartier Pierre-Belle - 05550 SAINT-VÉRAND  
Téléphone/fax : 04 92 45 88 31

*Couteaux cadran solaires, fabriqués par un artisan de Saint-Véran(05), il ne pouvait pas en être autrement ...*  
*Information de Michel Lalos*



## Les ellipses de Bianchini

Par Paul Gagnaire

*Chacun sait que l'étoile polaire ne se trouve pas exactement au pôle Nord, tout de même qu'on ne rencontre pas, présentement, d'étoile polaire au pôle Sud.*

Notre Polaire qu'autrefois on appelait Cynosure (abusivement, car tel était le nom de sa constellation tout entière), a remplacé dans cette fonction d'autres étoiles qui, au cours du cycle précessionnel d'environ 25800 ans, se sont trouvées plus ou moins proches du pôle Nord : alpha du Dragon (Thuban), en dernier lieu, il y a quelque 4500 ans. Dans la suite des temps, notre étoile polaire sera gamma de Céphée (Alderamin), puis delta du Cygne, puis Véga mais dans 14000 ans seulement. Le cycle se poursuivant sans fin prévisible, notre alpha de la Petite Ourse redeviendra étoile polaire vers l'an 27000, retrouvant la place qu'elle occupait déjà 24 millénaires avant notre ère (Homme de Cro-Magnon), ou encore 50 millénaires avant notre ère (Homme de Néanderthal), ou encore ... ; ainsi, indéfiniment en arrière.

C'est bientôt, vers l'an 2100, que notre Polaire se trouvera le plus près du pôle Nord avec une déclinaison de  $89,5427 \dots^\circ$ . De part et d'autre de cette année charnière, avec, deux fois, un intervalle de 400 ans, donc en 1700 et en 2500, la déclinaison de la Polaire était et sera proche de  $87,7 \dots^\circ$ . (Les deux années ne sont pas exactement identiques, au-delà de la première décimale).

Comme l'étoile n'est pas rigoureusement placée au pôle, elle décrit autour de lui un très petit cercle en 24 heures sidérales, soit 23 heures 56 minutes et 4 secondes, ce qui fait qu'elle n'est jamais, deux jours de suite, au même emplacement à la même heure solaire moyenne. Ainsi, tous les marins du vaste monde, quand ils naviguent dans l'hémisphère Nord, sont rompus à l'art de calculer leur latitude à partir de la hauteur de la Polaire et aussi d'apprécier la variation de leur compas en relevant l'azimut de la Polaire qui varie dans une étroite fourchette de  $358^\circ$  à  $2^\circ$ , environ.

Ces circuits de la Polaire autour de son pôle ont été magistralement représentés par Bianchini sur le pavement de l'église Santa Maria degli Angeli, à Rome, en 1702 et son œuvre ne cesse d'intéresser, voire d'intriguer, les visiteurs oublieux de la Cosmographie apprise dans leur jeunesse.

### LA LINEA CLEMENTINA

C'était en 1702, et le 6 octobre, le pape, Clément XI, (Giovanni Francesco Albani), inaugurait, dans cette église, une méridienne au sol qu'avait tracée l'astronome Francesco Bianchini, aidé de Giacomo Maraldi.

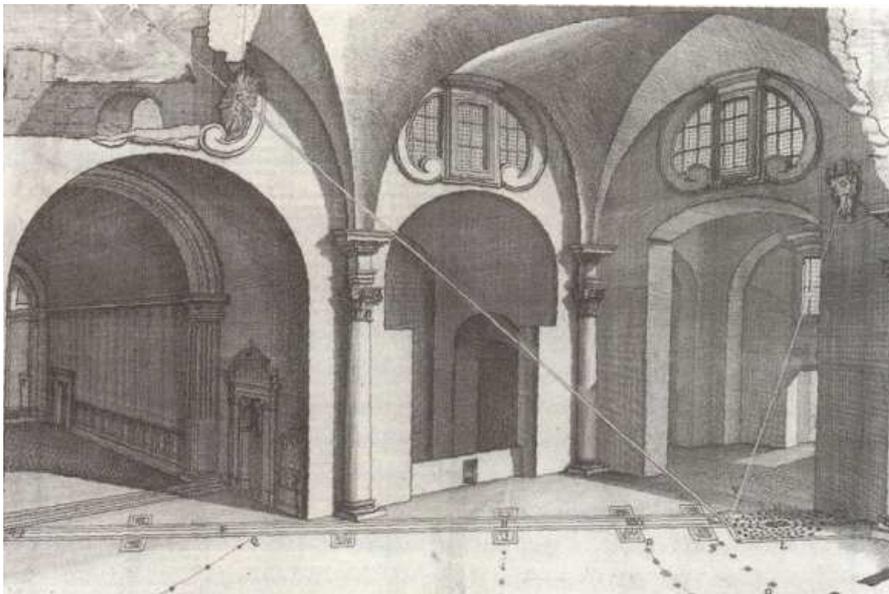
Plaque commémorative de l'inauguration ▶



L'œuvre était superbe, gravée dans le marbre, avec des lignes, des courbes et des étoiles de bronze incrustées à leur juste place et ornées des signes du zodiaque dus à Carlo Maratta et à Francesco Tedeschi dont Bianchini a écrit qu'il était « ... in hoc genere nulli secundus ... ». Bien vite, la méridienne fut appelée la ligne clémentine, en hommage au pape qui l'avait voulue. Elle mesurait 43,255 mètres de longueur, depuis la verticale du « foro gnomonico », ou œillette, jusqu'à la lointaine extrémité du Capricorne. L'œillette lui-même avait été percé à 20,302 mètres de hauteur, dans un mascarone, et portait le nom de « gnomone australe ». Cette particularité unique se référait, selon une évidente symétrie de langage, à la présence d'un autre œillette appelé « gnomone boreale ».

### LES 17 ELLIPSES DE LA POLAIRE

En effet, Bianchini avait percé un second « foro gnomonico » à 24,362 mètres de hauteur et dans le mur Nord. Evidemment, le Soleil n'y envoyait jamais ses rayons, mais le but de Bianchini était tout autre et son entreprise n'avait jamais encore été tentée. Il feignait de croire que l'étoile polaire pouvait, elle, pousser sa lumière à travers ce gnomon boréal et marquer sur le sol de l'église les étapes de son parcours quotidien autour du pôle, parmi des graduations creusées dans le marbre et emplies de lamelles de bronze, tous les 25 ans. Il en résultait, à l'extrémité Cancer de la méridienne, un réseau de courbes qui, bien que n'étant jamais éclairées, ni par la tache de lumière solaire de l'œillette austral, ni par l'évanescence lueur de la Polaire, ne cessaient pas de traduire, graphiquement, « la variation millénaire de la Polaire ». Ces courbes fermées, dont on notera tout de suite qu'elles ne sont pas des cercles, mais des ellipses<sup>1</sup>, sont au nombre de 17.



◀ Dessin de Bianchini montrant le fonctionnement théorique des œillettes : celui de droite (austral) pour le Soleil méridien, ici proche du solstice d'été, parcourant la ligne clémentine. Celui de gauche (boréal) pour l'étoile polaire sans cesse présente, dont le parcours circulaire autour du pôle se projette sur le sol sous forme d'ellipses.

<sup>1</sup> Rappel : lorsqu'un cône est tranché par un plan, la trace de cette section est l'une des coniques. Dans le cas d'un cadran solaire on convient d'appeler :

D ... la déclinaison de l'astre

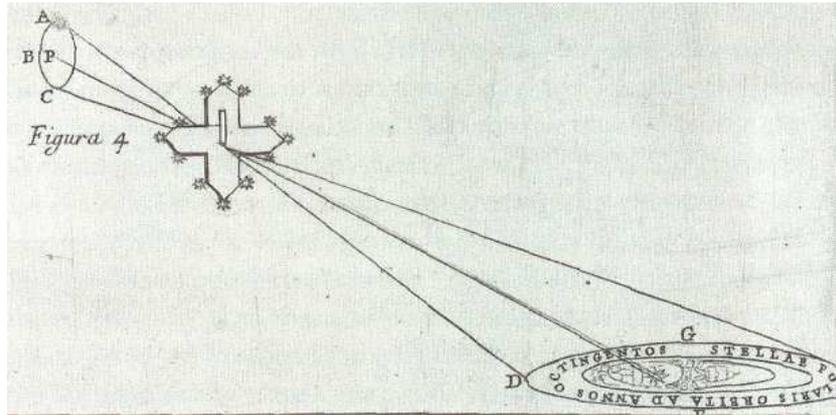
A ... l'inclinaison du plan du cadran sur l'équateur

Alors on obtient les cas de figure suivants :

- Si  $D < A$  ..... Hyperbole
- Si  $D = A$  ..... Parabole (unique)
- Si  $D > A$  ..... Ellipse
- Si  $A = 0$  ..... Cercle

A Rome, l'inclinaison est  $90^\circ - \text{lat} = 48^\circ$ . La déclinaison minimale est de  $87, 7^\circ$ . On a donc des ellipses.

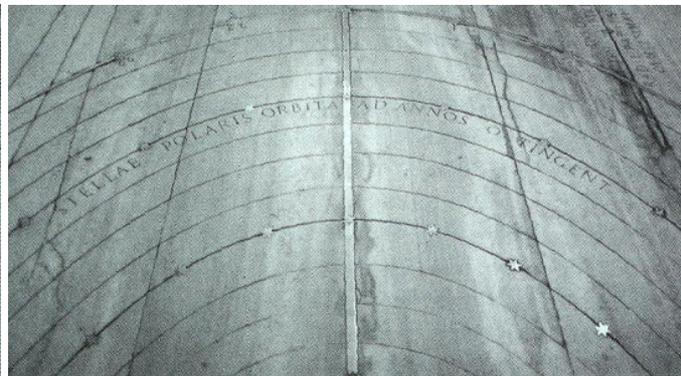
Dessin de Bianchini, extrait de son "De nummo ...", montrant la croix installée dans le foro boreale. ▶



La plus intérieure, représentative de la plus haute déclinaison de la Polaire, ne marque qu'une seule année, 2100. Les autres marquent des couples d'années, symétriques de part et d'autre de 2100, telles que 2125 et 2075 ou encore, 2000 et 2200. La plus extérieure marque 1700 et 2500. Le pas de ces courbes, soit 25 ans, a été choisi à cette valeur parce que, tous les 25 ans, l'Eglise célèbre des années jubilaires.



Vue des ellipses, côté des couples de dates, de 1700 / 2500 à 2100.



Vue des ellipses, du côté de l'inscription "Stellae polaris"

Ainsi doit se comprendre l'inscription entre les courbes 5 et 6 (en numérotant à partir de l'extérieur) : "STELLAE POLARIS ORBITAE AD ANNOS OCTINGENTOS", soit : "orbites de l'étoile polaire pour les huit cents ans à venir". Le calcul est évident :  $800 / 2 / 25 = 16$  à quoi on ajoute la courbe de 2100, ce qui aboutit à 17 courbes.

En outre, des étoiles de bronze ont été incrustées dans les ellipses de façon à baliser la variation de l'ascension droite de la Polaire. Cette coordonnée vaut, au 1er janvier des années limites :

- en 1700 : 0 h. 35 m. (soit : 8,75 ...°)
- en 2100 : 5 h. 56 m. (soit : 89,0...°)
- en 2500 : 11 h. 23 m. (soit : 170,75 ...°)

L'étoile de bronze représentative de la valeur de 1700 est placée sur l'axe Nord-Sud, puis, à mesure qu'on s'éloigne de 1700, de nouvelles valeurs d'ascension droite sont localisées par d'autres étoiles, autrement placées, dans un référentiel de 360°. Ainsi, l'ascension droite des années 1700 et 2500, bien qu'elles se caractérisent par une même déclinaison de la Polaire, est bien loin de présenter la même valeur.

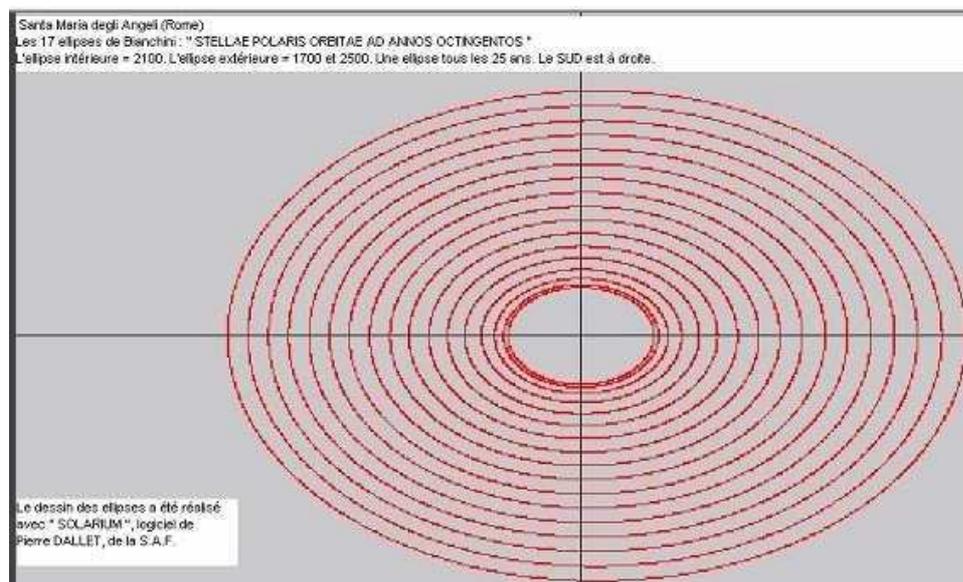
On sait que Bianchini s'était beaucoup appliqué à réussir le tracé des 17 ellipses qui représentait une difficulté importante, à vaincre par les seules armes de la Géométrie, et il y avait consacré tous ses soins. De même, il avait installé, à l'intérieur du foro gnomonico boreale, une croix métallique dont les quatre quartiers évidés devaient permettre de localiser,

quasi-infailliblement, la Polaire à droite ou à gauche du méridien, au dessus ou au dessous du pôle. Un peu au dessus de la traverse de la croix, était encore taillée une encoche rectangulaire pour parfaire les conditions de visée, car si la Polaire ne pouvait faire filtrer, à travers l'oculus, aucun rayon assez lumineux pour éclairer le dallage, en revanche on pouvait, à travers lui, viser le pôle et la Polaire et noter son passage par le méridien supérieur. Cet appareillage, pourtant, n'était que peu de chose à côté de tous les organes métalliques, amovibles et interchangeables, conçus pour l'oculus méridional, et dont Bianchini nous a laissé les dessins dans son opuscule "De nummo ... " cité en bibliographie.

Ainsi, Bianchini pouvait se flatter d'avoir établi une méridienne de grande qualité, fort propre à permettre de savants calculs astronomiques, car de telles installations ne sont pas destinées à procurer, d'abord, l'heure de midi, mais à préciser la connaissance de la latitude de Rome, la valeur de l'obliquité de l'écliptique, les progrès de la déclinaison et de l'ascension droite du Soleil. Ainsi, devenait possible l'observation, dans le ciel et sur le dallage de Santa Maria degli Angeli, des solstices, bien que toujours malaisée, mais surtout des équinoxes dont celui de printemps a, dans la liturgie chrétienne, une place capitale pour vérifier si la date de Pâques, calculée selon les règles de l'épacte grégorienne, ne serait pas contredite par celle qui découlerait d'un équinoxe observé<sup>2</sup>. Cette dernière préoccupation se conjugait aussi avec la crainte que la Pâques chrétienne ne tombât le même jour que la Pâques juive, d'où le sous-titre de l'ouvrage d'Aldo Alberto Poja cité en bibliographie<sup>3</sup>.

Avant lui, Toscanelli à Florence, Danti puis Cassini à Bologne, avaient doté leurs villes de fameuses méridiennes, toujours admirées de nos jours. Il en manquait à Rome. Rome, désormais avait la sienne : sa ligne clémentine offerte au Soleil se complétait par cet extraordinaire déambulatoire offert à la Polaire que nul avant Bianchini n'avait imaginé.

Aujourd'hui la Polaire ne risque plus d'envoyer sa lumière à travers le « gnomone boreale » : il a été bouché en 1749, par Vanvitelli ; nul ne sait pourquoi

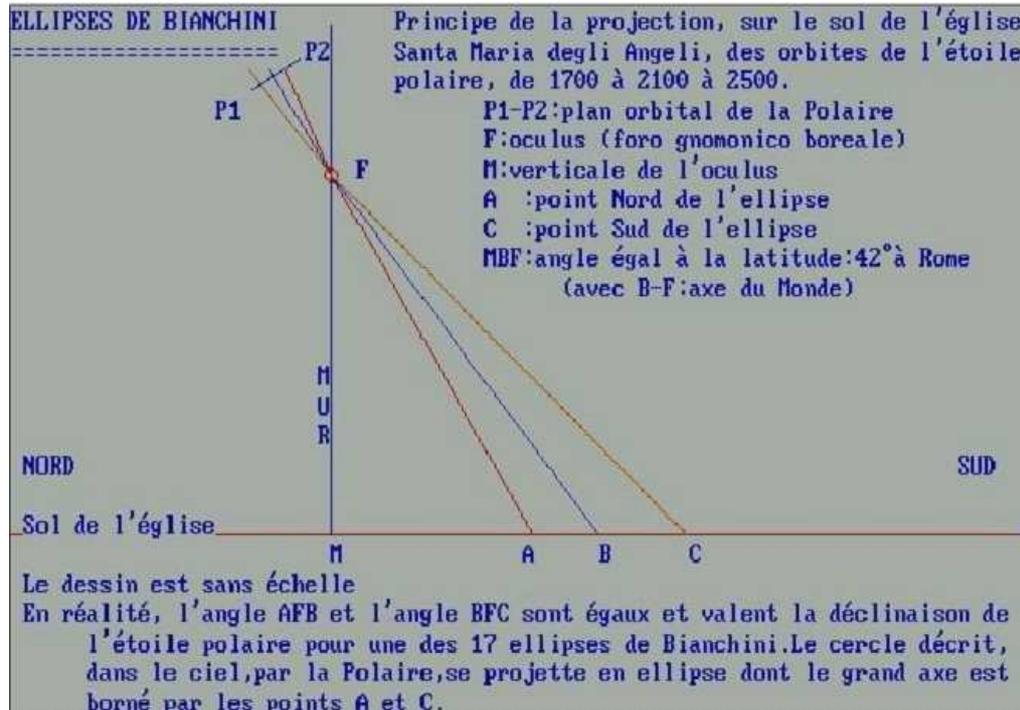


◀ Tracé des 17 ellipses à l'ordinateur (logiciel SOLARIUM de Pierre Dallet).

<sup>2</sup> Entre 1900 et 2100 on relève 18 années où la date de la Pleine Lune de mars, calculée selon l'épacte, ne concorde pas avec sa date astronomique. Il s'ensuit que la date de Pâques peut se trouver décalée d'une, deux, trois ou quatre semaines : il suffit d'une minime discordance sur une Pleine Lune qui tomberait vers le 21 mars, pour que Pâques se trouve décalée de 30 jours, trop tôt ou trop tard.

<sup>3</sup> Sur cette question voir : Denis Savoie, "Calcul de la Pâque israélite" in Observations et travaux N° 22 / 23 de 1990, pp.32 à 38. Cette coïncidence était advenue déjà 26 fois, de 343 à 783 . En calendrier grégorien une autre coïncidence s'était déjà produite en 1609 ; d'autres devaient survenir en 1805, et encore 6 fois aux XIXème et XXème siècles.

On n'avait pas découvert, que le rayon de lumière émané de la Polaire était purement virtuel et ce foro gnomonico ne gênait en rien. Les ellipses de Bianchini continuent de servir d'abaque non éclairé : elles ont toujours été seulement cela. On peut alors se demander pourquoi leur créateur a voulu respecter une fiction qui lui était toute personnelle et selon laquelle il se devait de représenter sur le sol de l'église, les parcours circulaires de la Polaire autour du pôle, par leur projection, c'est-à-dire par des ellipses. Des cercles concentriques eussent aussi bien convenu.



Principe de la projection depuis l'oculus tracé par ordinateur

### BIBLIOGRAPHIE



Clément XI : médaille du pape,

- BIANCHINI Francesco: De nummo et gnomone clementino, 1703. Cité par POJA Aldo Alberto. Cf. infra
- DANJON André: Astronomie générale. Ed. Librairie scientifique A. Blanchard. 1980 (2<sup>ème</sup> éd) pp. 92 à 94.
- FANTONI Girolamo: Orologi solari. Ed. Technimedia, Rome, 1988 p. 242



extraite du "De nummo ..."

- HEILBRON J.L: The Sun in the Church (Cathedrals as solar observatories). Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts), 1999. Tout le chapitre 5: The Pope's Gnomon, dont : pp. 153, 156, 160 à 161 pour Santa Maria degli Angeli
- PALTRINIERI Giovanni: Meridiane e Orologi solari d'Italia. L'Artiere edizionitalia, Bologna, 1997 pp.54 à 56
- PALTRINIERI Giovanni: La meridiana della Basilica di San Petronio in Bologna. Ed. Inchiostri associate editore (Centro editoriale S.Stefano), Bologna, 2001.
- POJA Aldo Alberto: La Meridiana della chiesa di Sa. Maria degli Angeli :Pasqua cristiana e Pasqua ebraica. Fratelli Palombi Editori, Roma, 1946
- TRINCHERO Aldo, MOGLIA Lando, PAVANELLO Gian Carlo: L'ombra e il tempo. Edizioni Vanel, Torino, 1988 pp. 121 à 123 et 362, pp. 116 à 124



## Devise mystérieuse à Jumièges

Par Paul Gagnaire

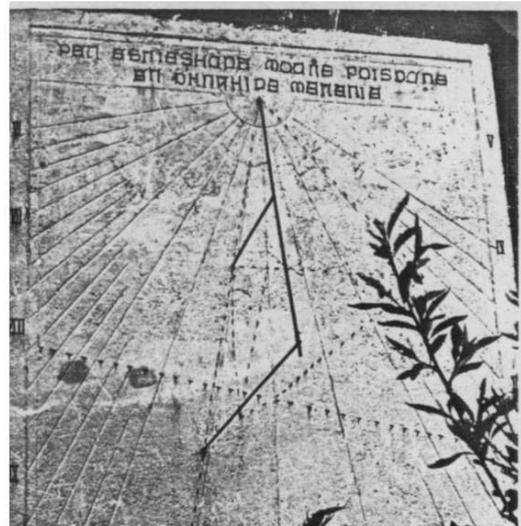
*Bien des gnomonistes se sont réjouis en lisant le N°4 de la « Lettre Régionale de la Fondation du Patrimoine en Haute-Normandie », de Juillet, Août, Septembre 2005 : enfin, le remarquable cadran de Port-Jumièges, sur la commune d'Heurteauville (76), venait d'être restauré.*

On peut découvrir facilement le cadran de la RD 65, sur le mur-pignon de la maison d'habitation actuellement numérotée 135, proche du pont de Port-Jumièges et du four à chaux qui dépendait des jardins de culture d'Heurteauville-Port-Jumièges, propriété de la célèbre abbaye. Ce four à chaux qui avait fonctionné de 1833 à 1873, a également été restauré en 2005.

Le cadran est estimable à plus d'un titre. D'abord, ses dimensions de 2 mètres de largeur par 3 mètres de hauteur en font ce qu'on peut nommer « une belle pièce ». Ensuite, la présence des tracés constructifs, très ostensiblement marqués et conservés sur le cadran terminé, y jouent le rôle de démonstration géométrique. Enfin, son large bandeau supérieur offre à la sagacité du passant, une devise non encore élucidée et que les lignes suivantes tenteront de présenter, sans, hélas, apporter la solution. Il faut cependant noter ici que la restauration récente a rendu encore plus difficile la lecture de la devise, complétée, à côté du cadran, par l'inscription : « Après l'heure finie, l'infini ... ».

La première image du cadran, que possède la Société Astronomique de France est une photo en noir et blanc de Monsieur Bernard Clouet, datée de 1957.

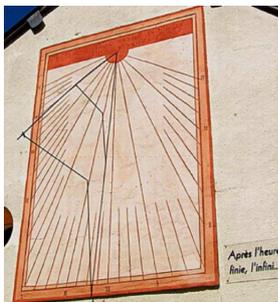
Photo de 1957 ▶



Il était temps ! Une photo postérieure de 1976 ne permet déjà plus de déchiffrer la devise qui nous préoccupe.



Photo de 1976



◀ Photo de Marc Robès en 2008:  
<http://jumieges.free/jumieges.htm>

En septembre 2008, la devise d'origine est désormais illisible. Une nouvelle a été placardée sur le mur : "Après l'heure finie, l'infinie..."

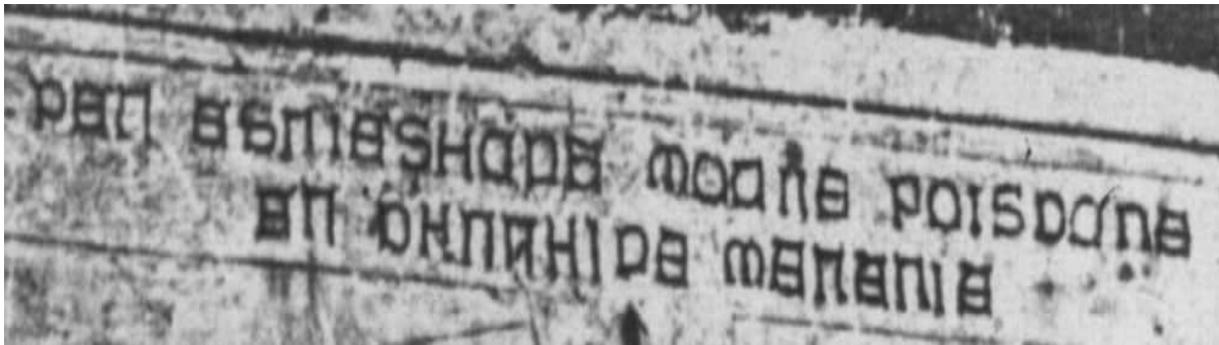
Bien que l'objet de cette note ne soit pas d'étudier le modus operandi du cadranier, il nous a semblé intéressant de mettre en évidence, sans commentaires, les manœuvres géométriques qu'il a accomplies sur le cadran lui-même et dont il n'a pas effacé les traces.

Photo de 1957 avec les tracés constructifs renforcés en blanc ▶



### 1° Postulat de travail

Pour avoir le droit de parler de cette « devise » nous devons admettre que ces 7 groupes de signes représentent des mots d'une langue intelligible et que chacun de ces 43 signes représente une lettre, avec cette remarque, sur laquelle nous aurons à revenir, que cette lettre est toujours la même pour un signe donné ou bien qu'elle peut être différente à chaque occurrence du signe. Si, au contraire, on pense que ces 7 groupes de signes ne sont pas des constructions linguistiques, mais seulement des images provenant d'un dictionnaire composé ad hoc et arbitrairement, par le crypteur, pour le déchiffreur et pour leur correspondance particulière, on ne peut aucunement tenter de briser ce code.



Agrandissement de la devise

### 2° Alphabet

Nous n'avons pas trouvé d'alphabet composé rigoureusement avec ces signes ; notre source pour examiner les alphabets les plus vraisemblables a été le site internet <http://pedroly.free.fr/alphabets>. A partir de cette constatation deux hypothèses apparaissent :

2-1° Il s'agit des caractères de l'alphabet français ou latin au milieu du XIXème siècle, mais tracés avec une certaine fantaisie. Alors, on pourrait lire ceci : « PEN ESNIESHAPE MOANE POISDANE EN PHNRHIDE MENENIE » Dans ce cas nous sommes, probablement, en présence d'un chiffre de substitution polyalphabétique avec clé, qui utilise un nouveau caractère à chaque occurrence d'une même lettre du texte clair. Un chiffre monoalphabétique serait peu sûr.

2-2° Les signes de la devise sont purement conventionnels à l'intérieur d'un groupe peu nombreux d'utilisateurs ; à la rigueur, seulement deux personnes. Nous répugnons à imaginer une seule personne, car écrire une phrase si longue, en si gros caractères d'un alphabet inconnu, implique bien que quelqu'un la lira, ou que quelques uns la liront, même si c'est un

langage d'initiés. Le chiffre employé pourrait alors n'être qu'un chiffre de substitution monoalphabétique qui utilise le même signe à chaque occurrence d'une même lettre du texte clair et, donc, laisse les lettres à leur place. Voir ce que nous dirons plus loin à propos des substitutions monoalphabétiques et polyalphabétiques.

### 3° Langue

Elle nous est inconnue. Si l'on admet que le cadran date du milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle on va penser au français ou au latin. Des patois normands, plus ou moins influencés par la langue des Vikings, sont moins probables car les patois sont plus parlés qu'écrits. Mais, près d'une abbaye, le grec et l'hébreu restent envisageables.

### 4° Examen superficiel et premières remarques

Si l'on écarte l'hypothèse de lettres connues mais tracées avec fantaisie, pour privilégier celle de signes inconnus, on remarque ceci :

4-1° Les signes semblent un mélange de lettres gothiques, d'onziales, de runes, de lettres grecques et de caractères inconnus (est-ce un indice pour mettre sur la voie d'une stéganographie ?)

4-2° Les mots sont plutôt longs : un de 10 signes ; deux de 8 signes ; un de 7 signes. En français les mots de 10 lettres représentent 3% du vocabulaire (estimé à 150000 mots). Ceux de 8 lettres représentent 6%.

4-3° Tous les mots, sauf les deux petits (3 signes et 2 signes) se terminent par le même signe qui ressemble à un E majuscule gothique. Si l'on a affaire à une langue qui se décline on pourrait penser à une construction avec une préposition qui introduit, puis un ensemble de trois mots interdépendants, puis une seconde préposition qui compare, puis un groupe de deux mots interdépendants ; un peu comme AD AUGUSTA PER ANGUSTA.

4-4° La devise ne peut pas se lire par transparence. Lue dans un miroir, ou renversée, ou par la droite, elle reste toujours aussi mystérieuse.

Il faut maintenant dire deux mots des techniques cryptographiques, en considérant que le cadran date approximativement du milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle :

1° On appelle chiffre de substitution monoalphabétique un chiffre de substitution où l'alphabet chiffré reste le même au cours de tout le chiffrement. Une même lettre du texte clair est toujours représentée par un même signe.

2° On appelle chiffre de substitution polyalphabétique un chiffre de substitution où l'alphabet chiffré change au cours du chiffrement, selon une clé connue du scripteur et du lecteur. Une même lettre du texte clair est représentée par un signe qui change à chaque occurrence de la lettre claire. Exemple bien connu : le carré de Vigenère.

Si la devise de Port-Jumièges a subi un chiffrement monoalphabétique, le même signe représentant toujours la même lettre claire, on peut espérer la décrypter, en attaquant le mot faible, c'est à dire le dernier mot qui comporte un groupe de trois signes identiques et un autre groupe de deux signes identiques pour seulement 7 caractères. S'il s'agit d'un chiffrement polyalphabétique, faute de trouver la clé qui engendre la séquence de permutation des alphabets, elle restera probablement à jamais inconnaisable, car une attaque en force brute exigerait du temps et des moyens informatiques qui ne sont pas à la portée de simples amateurs.

Il faut ici faire une remarque : nous trouvons 11 signes différents mais il se pourrait qu'un de ces signes, n'apparaissant qu'une seule fois, soit en réalité un signe déjà trouvé et qui aurait été dégradé par une aspérité de la pierre. Nous donnons cette hypothèse pour ce qu'elle vaut : il s'agit du signe occupant la quatrième place du sixième mot et qui, alors, serait identique au signe occupant la troisième place de ce même mot.

A partir de là, pour éviter d'avoir à reproduire ces signes qui n'existent pas dans les polices d'imprimerie des ordinateurs, nous pouvons les remplacer par les chiffres de 1 à 9 et 0, en donnant au premier signe le chiffre 1 et en augmentant d'une unité à chaque apparition d'un nouveau signe. Le signe discutable sera numéroté par un point d'interrogation et les lecteurs qui se lanceront dans l'aventure auront tout loisir de le conserver tel quel ou de l'assimiler à un autre.

Voici le résultat de cette conversion qui ne change absolument rien au problème: " 123 2435246782 90732 10548732 23 863?6582 9232352 "

La fréquence d'apparition de ces chiffres, capitale pour déterminer la langue employée, dans le cas de substitution monoalphabétique, se mesure ainsi :

chiffre 1 = 2 fois	chiffre 7 = 3 fois
chiffre 2 = 11 fois	chiffre 8 = 4 fois
chiffre 3 = 8 fois (ou 9 si on y ajoute le chiffre ?)	chiffre 9 = 2 fois
chiffre 4 = 3 fois	chiffre 0 = 2 fois
chiffre 5 = 4 fois	chiffre ? = 1 fois
chiffre 6 = 3 fois	

La présence dominante du chiffre 2 donnerait à penser qu'il représente le E du français, lettre suivie par SAINTURLO, mot mnémotechnique que connaissent tous les cryptographes. En latin, plus probablement le A. Pour essayer de traduire le mot faible il faut mener l'attaque sur le dernier mot qui comporte trois fois le chiffre 2 et deux fois le chiffre 3. Ainsi, on pourrait obtenir en français, mais pour sourire, BANANIA et en latin LARARIA pluriel de LARARIUM qui est l'oratoire domestique où les Romains rendent un culte privé à leurs dieux lares. Mais ce ne sont là que des exemples de la méthode. Nous sommes loin de la vérité. Si l'on pense à une attaque en force brute, avec langue et alphabet connus, on devra bien considérer qu'un mot de 7 caractères parmi 26, présente plus de 8 milliards de combinaisons (exactement 8031810176, soit 26 à la puissance 7). Nous venons de dire que la manœuvre nous semblait hors de portée, même au prix de nombreuses veillées studieuses.

En résumé et par ordre de difficultés croissantes, nous aurions à explorer quatre hypothèses : 1°) alphabet français et substitution monoalphabétique; 2°) alphabet français et substitution polyalphabétique; 3°) alphabet inconnu et substitution monoalphabétique; 4°) alphabet inconnu et substitution polyalphabétique



L'œuvre de Maurice Leblanc (Arsène Lupin) regorge de cryptogrammes et se déroule souvent à proximité de Jumièges, peut-être à voir.

#### Bibliographie sommaire

- Muller André : Les écritures secrètes: PUF. Que sais-je ? N°116
- Muller André : Le décryptement : PUF. Que sais-je ? N° 2112
- Singh Simon : Histoire des codes secrets : Ed. J-C. Lattès 1999

Chacun de ces ouvrages présente une abondante bibliographie ainsi que des liens vers des sites internet. Voir en particulier l'Ars cryptographica de Didier Muller (de Porrentruy) : <http://apprendre-en-ligne.net/auteur>.





## Les "marqueurs de midi"

Par Reinhold R. Kriegler

Les SHAKHES-E ZHOR ou marqueurs de midi se retrouvent sur les mosquées de l'ancienne Perse. Ils servaient à indiquer le début de Zuhr, la prière obligatoire de midi.

### شاخص ظهر

L'année dernière, après avoir dit à mon amie bavaroise Heidi que j'avais fait un exposé à la SAF sur Buenaventura Suarez, elle me répondit : « Leur as-tu parlé en Latin ? ». J'ai immédiatement pensé : si je pouvais avoir une seconde chance à la commission des cadrans solaires, je devrais commencer mon exposé devant cette société savante avec au moins ma première phrase en Latin ! C'est ce que je fais.

**I**nspice veteres libros de **persicis fanis** aut rete electre omnem complectens: Videbis innumerabilis imagines mirificas ut hanc unam mihi a Persico amico **Mashallah Ali-Ahyaie** novissimo anno missam: Venus osculatura lunam.



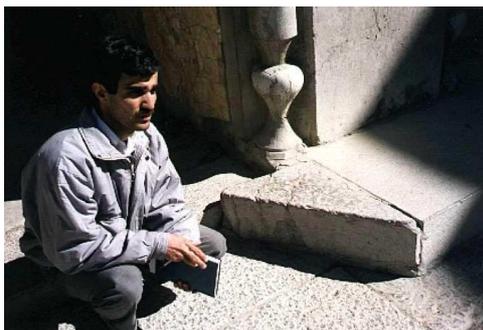
Si vous regardez dans un livre sur les mosquées Iraniennes ou allez sur Internet vous trouverez des milliers d'images pittoresques comme cette photo à gauche, réalisée par Mohamad Soltanolkottabi et que mon ami Iranien Mashallah Ali-Ahyaie m'a envoyée l'année dernière : Vénus sur le point d'embrasser la Lune !

◀ Mosquée Jaame Abbasi également appelée mosquée Shah ou mosquée Emam. Isfahan



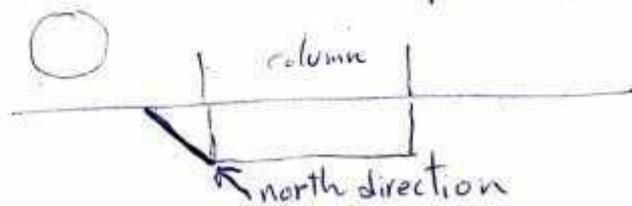
Il y a quelques années, en surfant sur Internet je suis tombé par hasard sur une petite photo un peu flou (à gauche) dont le titre était "cadran solaire". Ha ha ! ai-je pensé en moi-même : Où est le cadran solaire ?

Je me suis dit qu'un jour j'en apprendrais plus à son sujet ! Et quand j'ai trouvé une autre image bien meilleur du fameux "cadran solaire", j'ai questionné mon ami Mohammad Bagheri de Théheran ainsi que Gianni Ferrari de Modène. Ce "cadran solaire" n'est autre que



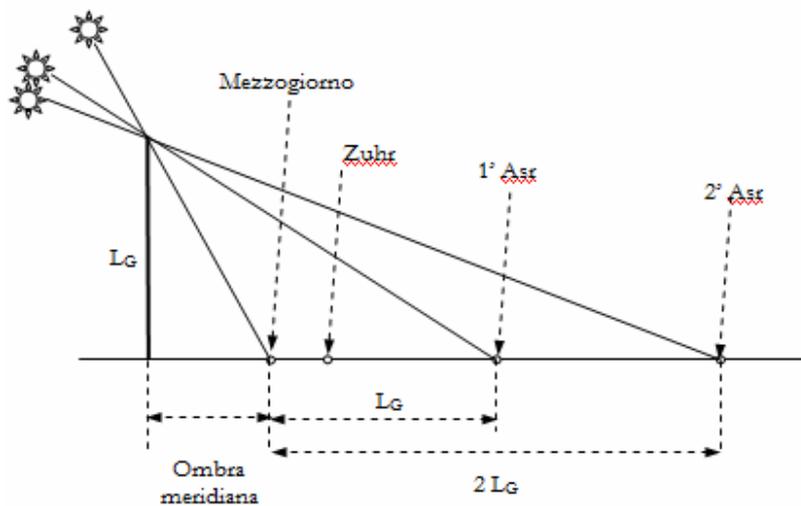
la pierre triangulaire située à la gauche de la personne et se trouve à Masjid Imam, Naghshe-e-Jahan Square, Isfahan. Maintenant cela devenait évident, cet instrument très simple devait avoir un rapport quelconque avec un « marqueur de midi ou SHAKHES-E ZOHR. Quand les rayons du Soleil ont dépassé l'hypoténus, faisant face au nord, de la pierre en forme de triangle rectangle, cela indique qu'il est midi vrai local, comme le montre un dessin de mon ami Mohammad Bagheri:

## 6. Stone noon indicator in Imām mosque, Isfahan



En effet celui-ci me répondit immédiatement et m'envoya plusieurs images de ces indicateurs de temps très simples et spécifiques pour indiquer le début de Zuhr, la prière de midi. Il promit d'en envoyer plus ... six mois plus tard il se souvint de sa promesse et m'envoya une bonne douzaine de photos papier.

Avant de vous les montrer, j'aimerais attirer votre attention sur le fait qu'il y a des règles très compliquées pour déterminer quand débute exactement la prière de Zhur. Je vais seulement vous montrer un dessin indiquant le commencement des cinq prières que j'ai pris dans le manuscrit du nouveau livre de Gianni Ferrari sur les cadrans islamiques.



Début de la Zuhr en fonction de la longueur  $L_G$  de l'ombre.  
Image de Gianni Ferrari

Gianni Ferrari m'a gentiment envoyé 9 pages de ce manuscrit. J'en ai fait des copies pour ceux d'entre vous qui voudraient y jeter un œil, juste pour se faire une idée. Ces règles pour calculer le moment où commence une prière sont complexes et en plus, elles diffèrent suivant les courants de la religion islamique.

Salah est un mot arabe qui exprime une relation spirituelle et une communion entre la créature et son créateur. Salah est un des cinq piliers de l'Islam. Un musulman, doit vivre cette communion spéciale (Salah) cinq fois par jour : Fajr (aube), **Zuhr (midi)**, 'Asr (après-midi), Magrib (coucher du Soleil), et 'Ishha' (la nuit tombée).

L'indicateur de midi est situé sur l'un des nombreux portails de la mosquée du vendredi d'Isfahan, aussi appelée Jame mosquée.



Marqueur de midi de Friday Mosque d' Isfahan;  
Photo de M. Bagheri



Marqueur de midi de Friday Mosque d' Isfahan;  
Photo de Narges Assarzadegan



▲ Vue extérieure de **Jame ou Friday mosque of Isfahan**. Photo from Hamzeh Karbasi

Dans cette mosquée, je voudrais vous montrer un petit trésor : Un double indicateur de midi, calculé avec précision et d'une absolue simplicité !

Ce serait bien sûr déloyal de vous demander de trouver un indicateur de midi sur cette photo ! Cependant vous pouvez peut-être le voir sur les photos en gros plan qui suivent. Elles m'ont été envoyées par Mohammad Bagheri.

Détails des 2 marqueurs de la Jame mosquée d' Isfahan.  
Photo: Mohammad Bagheri



Voici les fameux traits/marqueurs de midi en bleu et les explications de Mohammad Bagheri:

« Voici un mur de la mosquée du vendredi d'Isfahan. On peut voir un balcon sur le côté droit. Sur le rebord du balcon (vers le milieu de la photo) on voit deux petites marques verticales bleues (petits rectangles). Sur la gauche du milieu de la photo on peut voir l'arête verticale d'un étroit mur en briques. Quand l'ombre de cette arête verticale atteint la première marque bleue (celle de gauche), il est midi vrai et l'heure de la prière. Quelques instants plus tard quand le mouvement apparent du Soleil la fait se déplacer d'un angle dont la tangente est égale à un septième, l'ombre de l'arête verticale atteint la seconde marque bleue (celle de droite) ce qui indique le moment de la prière de midi dans un autre courant de la religion islamique.

Cette photo n'a jamais été publiée et je suis heureux de vous présenter ce document original. C'est un habitant de la région qui, il y a quelques années, nous l'a montrée et en a donné l'explication à moi et à Claudio Cecotti d'Udine en Italie. J'ai vérifié et c'est exact. »

Sur les images suivantes vous pourrez voir un autre indicateur de midi toujours dans la mosquée d'Isfahan et d'autres marqueurs sur différentes mosquées :



◀ Un autre marqueur de midi de la mosquée d'Isfahan

Un marqueur de midi sur une colonne, près d'un bassin en face de Holy shrine of Imam Reza Mashad. Photo: Mohammad Bagheri ▶





◀ Holy shrine of Imam Reza Mashad. Photo: Orient Explorer

Redécouverte du marqueur de midi de Mirzā Davūd mosquée à Hamadān. Photo: Mohammad Bagheri ▶



◀ Hakim mosquée en Isfahan. Photo: Hamzeh Karbasi et son simple moreceau de fer comme indicateur. Photo: Mohammad Bagheri. ▶



Ci-dessous, un indicateur de midi à style sur un mur de la mosquée Dār al-Salām de Téhéran.



Photos: Mohammad Bagheri

Le marqueur de midi suivant m'a beaucoup fasciné par sa forme différente comparée à celle des autres indicateurs de midi, par la beauté positive de son charmant texte et par son créateur. Il est situé à Chahār Bāgh (quatre jardins) et appartient à une école religieuse. Le bâtiment derrière n'est pas une mosquée. Le mur a une orientation Est-Ouest.

Marqueur de midi de Chahār Bāgh. Photo: Mohammad Bagheri ▶



Le texte gravé sur le cube est en langue perse et décrit un voyage en Isfahan de Seyyed Jalal Therani qui fabriqua cette pierre en 1932. Il était ambassadeur d'Iran en Belgique mais travaillait aussi à l'observatoire de Bruxelles. Laissez moi vous montrer une photo de M. Tehrani (ci-dessous à gauche) avant de nous intéresser aux textes de la pierre sur les faces Sud et Est.



▲ La face sud du cube : : Photo de Narges Assarzadegan

◀ Seyyed Jalal Tehrani: Preparations pour l'observation d'une éclipse de soleil. Photo de Mohammad Bagheri

Photo prise sur internet présentant une entrée de **Chahār Bāgh** (Quatre Jardins) ▶

Bien, voici maintenant le texte inscrit sur le cube. Tout d'abord sur sa face Sud puis sur sa face Est. Les textes ont été relevés par Mohammad Bagheri.



در روز یکشنبه ۲۹ جمادی الآخره ۱۳۵۱ قمری و ۷ عقرب و ۸ آبانماه ۱۳۱۱ شمسی این سنگ برای تعیین ظهر حقیقی بیادگار سفر اصفهان اینجاناب سید جلال الدین الحسینی الطهرانی در مدرسه چهارباغ نصب شد که چون جدار غربی این سنگ سایه اش معدوم شد ظهر حقیقی واقع می گردد در زمان تولیت آقای آقا مصطفی مدرس نجل مرحوم سید عبد الحسین سید العراقین طول اصفهان ۵۱ درجه و ۳۵ دقیقه

et

شرقی گرینویچ و عرض آن ۳۲ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی استوا و انحراف قبله از جنوب بمغرب ۴۵ درجه و ۱۱ دقیقه و جنوب جغرافیایی ۴ درجه و ۵۴ دقیقه در شرق جنوب مغناطیسی قطب نما است ارتفاع اصفهان از سطح اقیانوس مابین ۱۴۷۵ و ۱۵۲۰ متر است و بواسطه انکسار شعاع روزهای سال از ۳ دقیقه تا ۷ دقیقه بلندتر از روزهای حقیقی میشود

Comme les textes des deux faces de ce cube sont un peu difficiles à lire et un peu longs, j'ai préparé un papier pour ceux qui pourraient être intéressés.

Traduction de la face Sud:

"On Sunday 29th Jamadi al-Akhera of 1351 A.H. Lunar and 7 Scorpion and 8 Aban 1311 A.H. Solar, this stone was fixed in Chahar-Bagh school for determining the true noon, as a record from the Isfahan trip by me – Seyyed Jalal al-Din al-Hussayni al-Tehrani. When the shadow on the western face vanishes, it is the true noon. [This was done] in the time of custodianship of Mr. Aqa Mustafa Modarres, son of the late Seyyed Abd al-Husayn Seyyed al-Araqayn. The [geographical] longitude of Isfahan [is] 51 degrees and 35 minutes ..."

Traduction de la face Est

... east of Greenwich and its [geographical] latitude is 32 degrees and 45 minutes north of the equator. The deviation of Qibla from south towards west is 45 degrees and 11 minutes. The geographical south is 4 degrees and 54 minutes in south-east of the magnetic south [shown by] the compass. The altitude of Isfahan from the level of ocean is between 1475 and 1520 meters. Due to refraction of light, the days of the year are 3 to 7 minutes longer than true days."



De nos jours, on peut bien sûr trouver facilement sur Internet de nombreuses informations sur les différents moments des prières mais l'utilisation du Soleil comme principal indicateur de midi tend plus ou moins à disparaître. Des indicateurs de temps aussi simples comme ces SHAKES-E ZHOR sont donc de véritables trésors culturels et j'espère en trouver d'autres avec l'aide de mes amis en Iran et peut-être même au Pakistan.

Si l'on s'intéresse aux cadrans solaires on a aussi la possibilité d'apprendre beaucoup sur la culture qui l'entoure. C'est ce qui m'a toujours intéressé. L'amour et la culture sont absolument essentiels dans notre vie et, comme nous le savons tous, l'épaisseur de la « couche culturelle » est très fine. Personne ne doit dire que la culture de toutes nations est le centre du mal ! Ce qui veut dire : Nous devons traiter notre héritage culturel avec une grande sensibilité.



Dernières prises de vue du cube.  
A gauche sa face Sud visible  
dans son environnement et à  
droite, en gros plan, sa face Est.  
Photo by Narges Assarzaghan



Si vous voulez en savoir plus sur ces indicateurs de midi de l'ancienne Perse, n'oubliez pas de jeter un œil sur mon site : [www.ta-dip.de](http://www.ta-dip.de) !  
Merci beaucoup de votre intérêt



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

L'article complet en anglais (Illuminiertes E-Manuskript)

In the appendix, you will find the English article (Illuminiertes E-Manuskript)





## La serre solaire

Par Joël Robic

*Une serre solaire pour les "gnomonistes jardiniers" !*



Cette serre de forme et de matériaux très courants a un secret original !  
elle indique au jardinier la trajectoire journalière du soleil.

(ici on a laissé uniquement les parties utiles à la visualisation de la trajectoire).

### Principe de fonctionnement

Souvent le toit des vérandas est composé de polycarbonate à nervures régulières et lorsqu'on le regarde sous le soleil, on voit une courbe qui se forme dans le prolongement du soleil.

Mais quelle est cette courbe ?

Rappelez-vous la propriété du cadran ci-dessous présenté dans cadran info <sup>[1]</sup>.





lecture de l'heure avec le point central



Ce cadran permet de visualiser le trajet du soleil de la journée

On visualise le plan qui contient le soleil et qui est perpendiculaire aux barres, avec le polycarbonate, c'est la même chose avec les nervures.

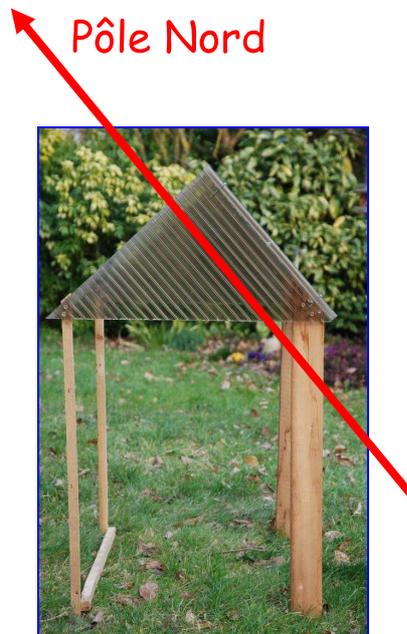
Avec des nervures sont polaires, on visualise alors un plan parallèle à l'équateur et passant par le soleil, ce qui correspond bien à la trajectoire du soleil (si on ne tient pas compte de la légère variation journalière de la déclinaison).

### Réalisation de la serre solaire

On utilise le même principe



Faîtage orienté Est-Ouest  
nervures de la partie centrale  
perpendiculaires au faitage



penne du toit égale à la latitude, ici  $48^\circ$   
nervures de la partie centrale et des côtés  
alignées selon cet angle



Un plan permet uniquement de visualiser une trajectoire de 180° ce qui est insuffisant en été, mais avec des côtés, la courbe continue et on visualise la trajectoire complète du soleil. La trajectoire tient compte du paysage réel, on voit où le soleil s'est lève et où il se couchera vraiment même si l'horizon est bouché par des maisons ou des montagnes.

D'un point de vue pratique pour le jardinier, ça permet de voir à quels moments de la journée la serre sera ensoleillée.

### **Autres réalisations possibles**



Véranda



Auvent ou marquise

Cela fonctionne même si la façade n'est pas plein sud, il faut orienter les nervures pour qu'elles soient polaires comme un ensemble de styles de cadran verticaux sur cette façade.

Il serait intéressant aussi d'utiliser ce principe pour réaliser les abris de parc de cadrans solaires ou de site mégalithique !

### **Références**

A suivre sur mon site de cadrans originaux : <http://www.cadrans-solaires.fr/serre-solaire.html>

[1] Cadran Info n°16 octobre 2007 : Traduction française par E. Daled (Zonnewijzerkring Vlaanderen) de l'article de Frans Maes "Het Prieel" (qui signifie "La Gloriette") présentant un cadran solaire horizontal à plans horaires, avec indication centrale de l'heure.





## Le Cadran solaire du barrage de Castillon

Par Denis Savoie

*Tracer un cadran solaire sur une voûte de barrage est une idée de Roland Lehoucq<sup>1</sup> et moi-même qui remonte à plusieurs années. Mais un tel projet nécessitait de mobiliser des moyens très importants que seule une occasion exceptionnelle pouvait déclencher. L'opportunité se présenta lorsque 2009 fut déclarée « année mondiale de l'astronomie » : dès l'hiver 2008, nous présentâmes au service hydraulique de EDF un projet qui consistait à installer un mat horizontal gigantesque au sommet de la voûte d'un barrage afin que son ombre se projette sur le parement aval.*



Fig. 1 : Parement aval du barrage de Castillon avec l'ombre incurvée de la corniche.  
Sur la droite de la photo se trouve l'évacuateur de crue.

A l'automne 2008, le département hydraulique de EDF, très enthousiaste d'emblée à ce projet, nous adressa une liste de sept barrages voûtes orientés vers le Sud. Un seul fut retenu, le barrage de Castillon, d'une part en raison de la « pureté » de sa voûte mince (sans évacuateur de crue sur le parement) mais aussi en raison de son emplacement sur le Verdon, dans les Alpes de Haute-Provence<sup>2</sup>, un lieu hautement touristique (fig. 1 et 2). Qui plus est, l'année 2009 coïncidait avec les soixante ans de la mise en eau du barrage, dont la

<sup>1</sup> Astrophysicien, CEA de Saclay.

<sup>2</sup> Le barrage est situé sur la commune de Demandolx et porte le nom de « Barrage de Castillon Demandolx ». Il retient au maximum 150 000 000 m<sup>3</sup> d'eau du Verdon sur une surface de 500 ha, laquelle est utilisée pour produire de l'électricité. L'usine hydroélectrique située au pied du barrage produit 51 MW à l'aide de quatre turbines Francis. L'eau est ensuite acheminée par un canal souterrain d'environ 600 m vers une deuxième retenue qui forme le lac de Chaudanne pour être turbinée à nouveau au barrage éponyme. Sur la construction du barrage et ses problèmes techniques, voir P. Ehrmann, M. Guelton, « Le barrage de Castillon sur le Verdon », *Travaux*, janvier 1948, p. 65-70.

construction fut achevée en 1948 par le grand barragiste André Coyne (1891-1960), qui a notamment réalisé les barrages de Marèges et de Tignes (plus haut barrage voûte d'Europe).

L'auteur de ses lignes était passé par hasard quelques mois plus tôt en vacances sur le barrage de Castillon, sans savoir qu'il serait choisi, et avait pris une photo qui allait radicalement bouleverser le projet initial d'indiquer l'heure avec un style droit horizontal.



Fig. 2 : Parement amont du barrage de Castillon. Au pied du barrage se trouve l'usine hydroélectrique d'où s'échappe l'eau du Verdon.

### 1 – Géométrie du parement aval

Le barrage de Castillon, tel qu'il a été défini par André Coyne (fig. 3 et 3bis), peut être divisé en trois parties pour le parement aval<sup>3</sup> :

- au-dessous de la cote 810,00 (cote d'altitude NGF = Nivellement Général de la France), le parement aval est une portion de cylindre vertical
- entre les cotes 810,00 et 850,00 le parement aval est un conoïde dont les génératrices sont des droites s'appuyant à la fois sur le cercle de couronnement de rayon  $R = 70,00$  m ; sur le cercle directeur du bas de rayon  $R = 21,17$  m à la cote 764,75 ; sur la verticale du centre de couronnement.

Les lignes de niveau sont des limaçons de Pascal définis par l'équation :

$$\rho_1(\theta) = 70 - 0,6074z + 0,3674z \cos \theta \quad (1)$$

$z$  étant l'altitude mesurée vers le bas en mètres depuis le cercle de couronnement amont à la cote 880,00 et  $\theta$  l'angle de rotation mesuré depuis l'axe du barrage.

Le fruit d'une génératrice  $m = 0,6074 - 0,3674 \cos \theta$ .

<sup>3</sup> Le parement amont est un cylindre vertical de rayon  $R = 70$  m.

- entre les cotes 850 et 880, le parement aval est une surface raccordant le conoïde au cercle de couronnement aval. Des plans verticaux rayonnant autour de la verticale du centre du couronnement coupent cette surface par des paraboles d'équation :

$$\rho_2(m) = 66 - \left( \frac{z^2}{225} + \left( m - \frac{4}{15} \right) z \right)$$

Les courbes de niveau ont pour équation polaire :

$$\rho_2 = 66 - 0,3407z - 0,0044z^2 + 0,3674z \cos \theta \quad (2)$$

Les équations polaires (1) et (2) sont absolument fondamentales puisqu'elles définissent la forme du parement aval qui est donc (au-dessus de la portion cylindrique qui n'est pas utilisée pour tracer le cadran solaire) un conoïde raccordé à un parabolôïde. Vu du dessus, cette double forme n'est pratiquement pas visible ; par contre lorsqu'on est situé au pied de l'ouvrage, on distingue nettement la rupture (fig. 4).

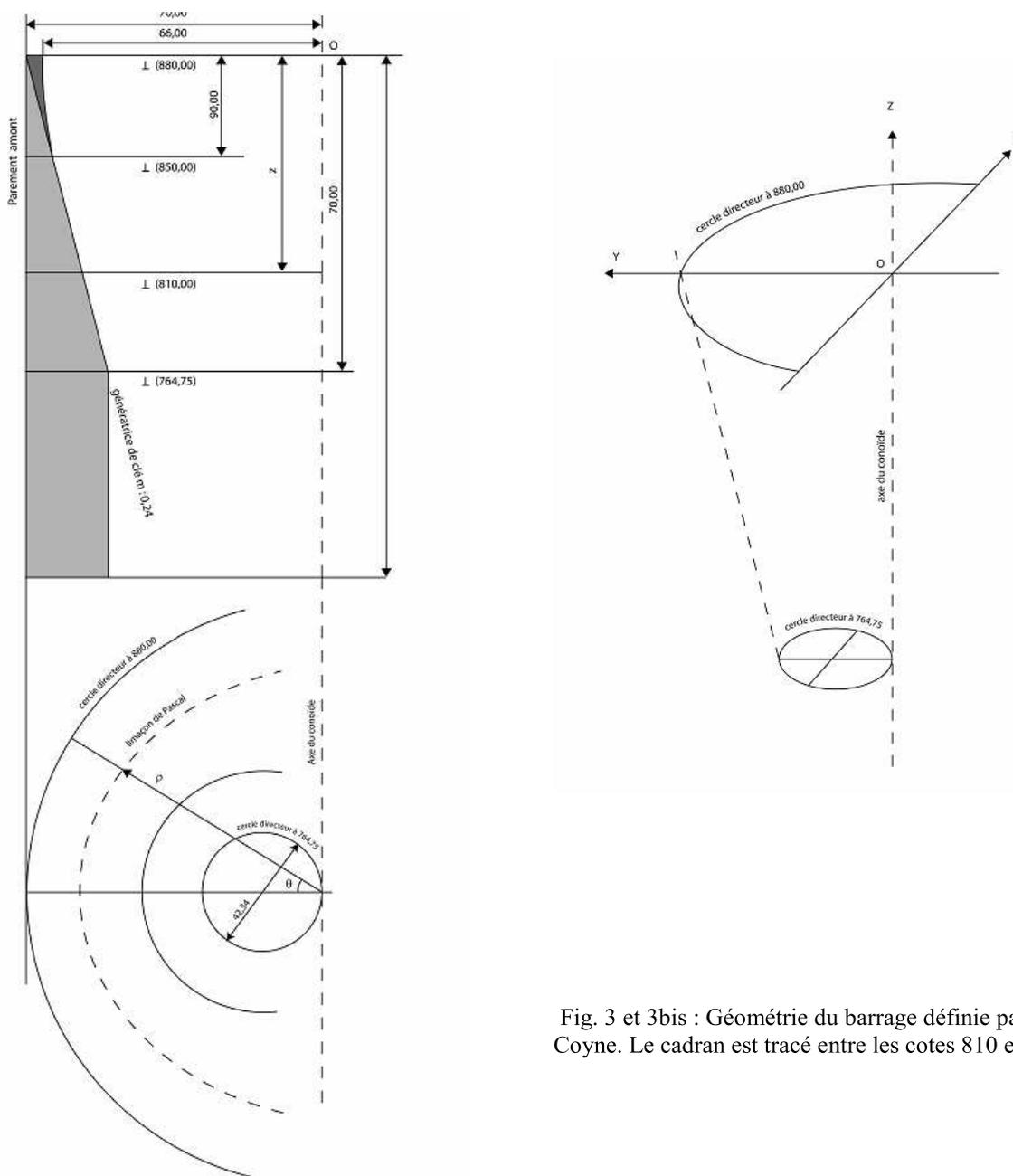


Fig. 3 et 3bis : Géométrie du barrage définie par A. Coyne. Le cadran est tracé entre les cotes 810 et 880



Fig. 4 : Photo prise depuis le pied du barrage. Au premier plan se trouve la partie cylindrique ; on distingue bien un peu plus haut la « rupture » entre la partie limaçon de Pascal et la partie parabolique.

La hauteur totale du barrage s'obtient tout simplement en faisant la différence des cotes des cercles directeurs, soit  $880 - 764,75 = 115,25$  mètres. L'épaisseur à la crête est de 4 m tandis qu'à la base elle est de 16,80 m.

Les coefficients des équations ci-dessus sont théoriques et correspondent à ce que les ingénieurs qui ont construit le barrage devaient suivre. Mais il y a bien évidemment lieu de distinguer la théorie de la pratique : avec les techniques d'après-guerre, il fallait « faire au mieux » avec les coffrages de béton, les ajustements en fonction de la roche, etc, de sorte que pour le calcul du cadran solaire, il fallait s'assurer si le parement définitif tel qu'il existe aujourd'hui s'écartait – et de combien – du parement idéal (fig. 5 et fig. 6).



Fig. 5 : Le barrage en construction en 1948 vu de l'amont. Au premier plan se trouve le pont qui enjambait le Verdon.

Car deux solutions se présentaient : dans le premier cas, on pouvait ajuster les constantes des équations (1) et (2) en tenant compte des distorsions et anomalies inévitables qu'avaient engendré les coffrages à béton, ce qui permettait de calculer le cadran solaire analytiquement. Dans le deuxième cas, la voûte était tellement déformée qu'il fallait la traiter de façon purement numérique, ce qui débouchait sur des problèmes calculatoires extrêmement difficiles à résoudre dans un laps de temps limité<sup>4</sup>.

La solution à ce problème passait par une lasergrammétrie de la voûte de plus de 13 000 m<sup>2</sup> : cela consiste à scanner au laser la surface en haute définition (précision inférieure au centimètre) afin d'obtenir directement un nuage très dense de coordonnées x, y, z des points de la voûte. Il fallait aussi relever l'encorbellement qui surplombe la voûte, car la corniche allait jouer un rôle primordial dans le futur cadran solaire. Et enfin déterminer un paramètre fondamental : l'orientation de l'axe du barrage par rapport au Nord géographique.

Car le barrage de Castillon regarde légèrement vers le Sud-Est : il est donc déclinant. Or comme dans un cadran solaire classique, cette orientation joue un rôle très sensible, qui explique d'ailleurs pourquoi les lignes horaires ne sont pas réparties symétriquement sur la voûte.



Fig. 7 : Vue de deux fenêtres d'accès, à gauche à une mire topographique et à droite à un pendule.

Ces données furent traitées statistiquement par un manipulateur algébrique (*Mathematica*) qui nous permis finalement d'ajuster les six constantes nécessaires à la définition du parement :

rayon du cercle de couronnement amont  $CA = 69,9019 \text{ m}$  (valeur Coyne : 70 m)  
 cote du cercle de couronnement amont  $HCA = 879,84$  (valeur Coyne : 880)

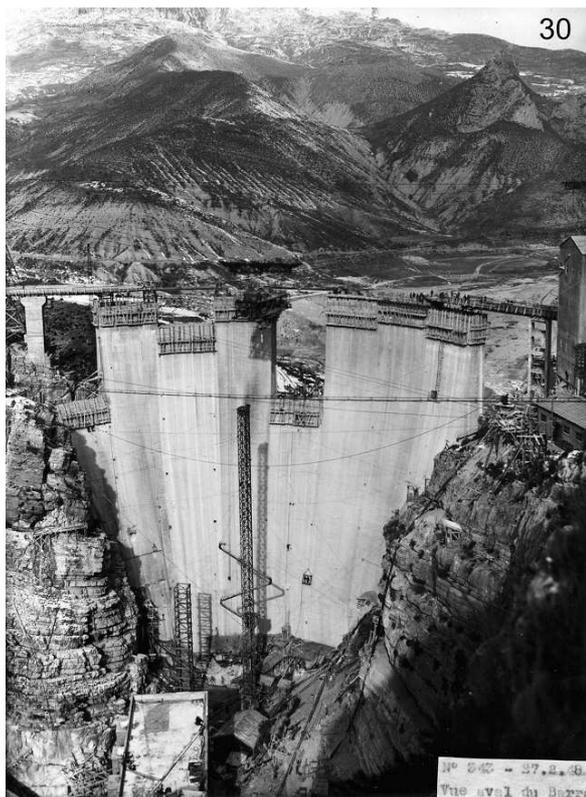


Fig. 6 : Le barrage en février 1948 vu de l'aval.

Le relevé lasergrammétrique contenait également les coordonnées des fenêtres d'accès aux pendules et aux mires (fig. 7). Ces fenêtres ouvertes sur le parement allaient servir par la suite à vérifier les calculs.

Le service de topographie de EDF (DTG) s'attela donc à ce relevé et nous fournit à la fin de l'hiver 2009 plusieurs centaines de milliers de points ainsi que des nouvelles valeurs de l'encorbellement.

<sup>4</sup> Autrement dit on cherche les coordonnées x, y, z de l'ombre d'une surface quelconque connue numériquement sur une autre surface quelconque également connue numériquement.

rayon du cercle de couronnement aval CV = 65,9734 m (valeur Coyne : 66 m)  
 rayon du cercle directeur CD = 21,1365 m (valeur Coyne : 21,17 m)  
 cote du raccord RAC = 850,0986 (valeur Coyne : 850)  
 hauteur HC = 114,93 m (valeur Coyne : 115,25 m)

On démontre que si l'équation du conoïde est de la forme  $A_1 + B_1 z + C_1 z \cos \theta$ , on a :

$$A_1 = CA; \quad B_1 = -CA/HC; \quad C_1 = 2.CD/HC$$

Quant à l'équation du parabolôïde de la forme  $A_2 + B_2 z + C_2 z^2 + D_2 z \cos \theta$ , on démontre que :

$$A_2 = CV$$

$$B_2 = -[(CA/HC) - (2e/z_1)] \quad \text{avec } e = CA - CV \quad \text{et} \quad z_1 = HCA - RAC$$

$$C_2 = -e/(z_1)^2$$

$$D_2 = 2.CD/HC$$

On a ainsi obtenu un ajustement global du parement qui s'écarte en moyenne de 2,4 cm de la surface réelle, ce qui témoigne de l'excellent travail des ingénieurs et des ouvriers lors de la construction de l'ouvrage qui s'est étalée de 1942 à 1948.

Equation polaire du conoïde :

$$\rho_1 = 69,9019 - 0,60821283 z + 0,36781519 z \cos \theta \quad (1 \text{ bis})$$

Equation polaire du parabolôïde :

$$\rho_2 = 65,9734 - 0,34403562 z - 0,00444124 z^2 + 0,36781519 z \cos \theta \quad (2 \text{ bis})$$

Ce sont ces deux équations qui ont servi à calculer le cadran solaire, sauf pour les lignes 11 h et 12 h qui ont dû faire l'objet d'un ajustement spécial (*cf. infra*).

L'équation (2 bis) est à utiliser entre  $0 < z < 29,7414$  et l'équation (1 bis) entre  $29,7414 < z < 70$ .

Attention, il faut toujours que  $z \geq 0$  et  $z$  est compté positivement vers le nadir.

Quant à l'orientation de l'axe du barrage, ce furent encore les topographes de EDF qui le déterminèrent : la déclinaison gnomonique de l'axe est de  $-13^\circ,99$ . Précisons que le cercle de couronnement ne fait pas  $180^\circ$  mais  $162^\circ$ , soit environ 187 m. Quant aux coordonnées géographiques du barrage, on a utilisé :

$$\text{latitude } \phi = 43^\circ 52' 40'' \quad \text{longitude} - 0 \text{ h } 26 \text{ m } 09 \text{ s} = 6^\circ 32' 15'' \text{ E}$$

Le service de topographie EDF nous a également indiqué de combien le barrage se « déplaçait » au maximum. Car un tel ouvrage « travaille » sous l'action essentiellement de deux facteurs : la fait qu'il soit vide ou plein et la différence de température entre l'été et l'hiver, importante dans cette région. Globalement, le barrage se dilate de  $\pm 2$  cm au maximum, ce qui à la précision du cadran solaire n'a aucune conséquence.

## 2 – Calcul du cadran solaire

A l'origine, le projet de cadran solaire que l'on envisageait avec Roland Lehoucq prévoyait un style droit horizontal d'environ 20 à 25 mètres et de 1 mètre de diamètre au moins, dont l'extrémité de l'ombre projetée sur le parement du barrage devait indiquer l'heure solaire. Or sur une photo prise en juin 2008 mais examinée bien plus tard (fig. 8), on voyait nettement une ombre incurvée ; à première vue, cette ombre venait du barrage lui-même et mon premier souci fut de vérifier si cette ombre « parasite » allait interférer avec l'ombre du style droit, autrement dit prendre le pas en « avalant » l'ombre du style. J'en fis donc la théorie en assimilant le barrage à une portion de cône et en supposant que c'était le sommet du cône qui projetait l'ombre incurvée. Une telle théorie ne présentait pas de réelles difficultés et c'est en visualisant la courbe d'ombre pour une même heure mais à différentes dates que

l'idée vint d'utiliser l'enveloppe des ombres. Ce fut Gérard Baillet qui confirma grâce au logiciel Pov Ray que l'on pouvait parfaitement généraliser ces enveloppes à toutes les heures. J'avoue avoir été très réticent au début à utiliser ces lignes horaires enveloppes car je trouvais la lecture de l'heure difficile pour un néophyte (fig. 9).



Fig. 8 : Cette photo a été prise le 15 juin 2008 par Sylvain Asinus : c'est à partir d'elle qu'est venue l'idée d'utiliser l'ombre incurvée de la corniche pour indiquer l'heure solaire.

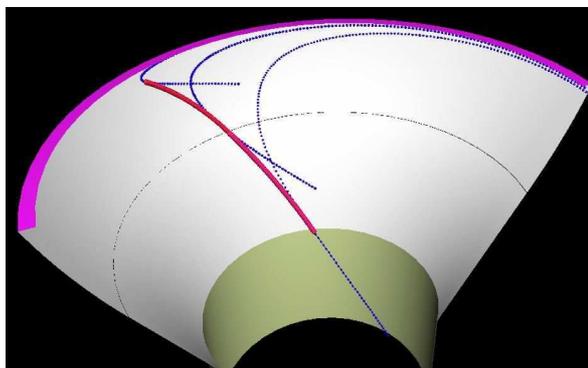


Fig. 9 : Principe du cadran à corniche appliqué au barrage : la corniche (en mauve) engendre à la surface du barrage des ombres incurvées en fonction des saisons. L'ombre du haut correspond au solstice d'hiver, celle du milieu aux équinoxes et celle du bas au solstice d'été. Il est possible de faire passer une courbe (en rouge), appelée enveloppe, tangente à ces trois ombres.

Il faut dire qu'entre temps, EDF fit clairement comprendre que la solution du style droit allait poser des problèmes techniques insurmontables ; il fallut donc se « rabattre » sur la solution des lignes horaires enveloppes. Avant de détailler au cas par cas le calcul des lignes et leur particularité, voyons comment on résout numériquement le problème général du cadran solaire sur la voûte<sup>5</sup>.

Précisons d'emblée que les calculs suivants sont impossibles à effectuer dans des délais raisonnables sans l'aide d'un ordinateur, car on doit faire appel à des processus itératifs qui sont parfois longs dans le cas par exemple de la détermination de l'instant de passage de l'ombre incurvée sur un point de coordonnées connues.

On travaille dans un système d'axes coïncidant avec l'axe du barrage (fig. 10) : depuis le centre O situé à l'altitude « zéro » (soit 879,84 NGF), l'axe des y pointe vers l'amont du barrage (vers le Nord mais au sens général du terme), l'axe des x vers la droite lorsque l'on regarde le parement aval du barrage. L'axe du barrage fait un angle  $D_c$  avec le Sud géographique ( $D_c = -13^\circ,99$ ). Quant à l'axe des z, il pointe vers le zénith mais les cotes sont comptées positivement vers le nadir.

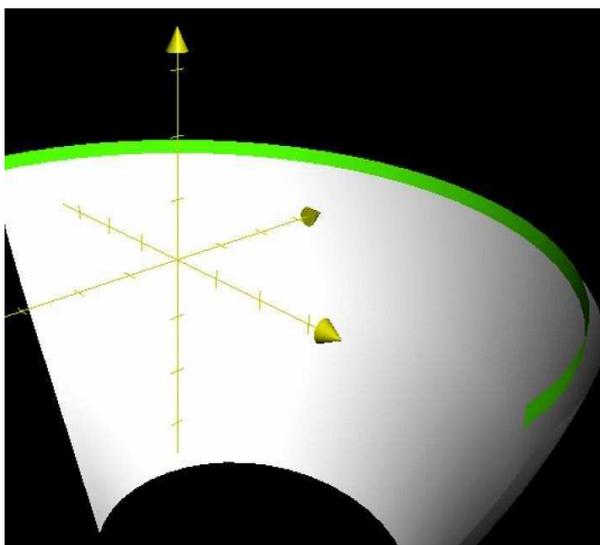


Fig. 10 : Modélisation d'une partie du barrage sans le cylindre. Le centre du système d'axes est le point O, situé au niveau zéro du barrage.

<sup>5</sup> Sur les solutions de calcul d'un tel type de cadran, voir D. Savoie, « Cadran solaire à corniche », *CadranInfo* n° 19, mai 2009, p. 71-80.

Appelons  $rp$  le rayon du parapet et  $z_0$  sa hauteur depuis le centre O du repère ; on cherche à une heure et une date données les coordonnées  $x, y, z$  de l'ombre du parapet à la surface du barrage (fig. 11). On considère que le parapet est un ensemble de styles droits de déclinaison gnomonique  $D$  et qu'il est circulaire.

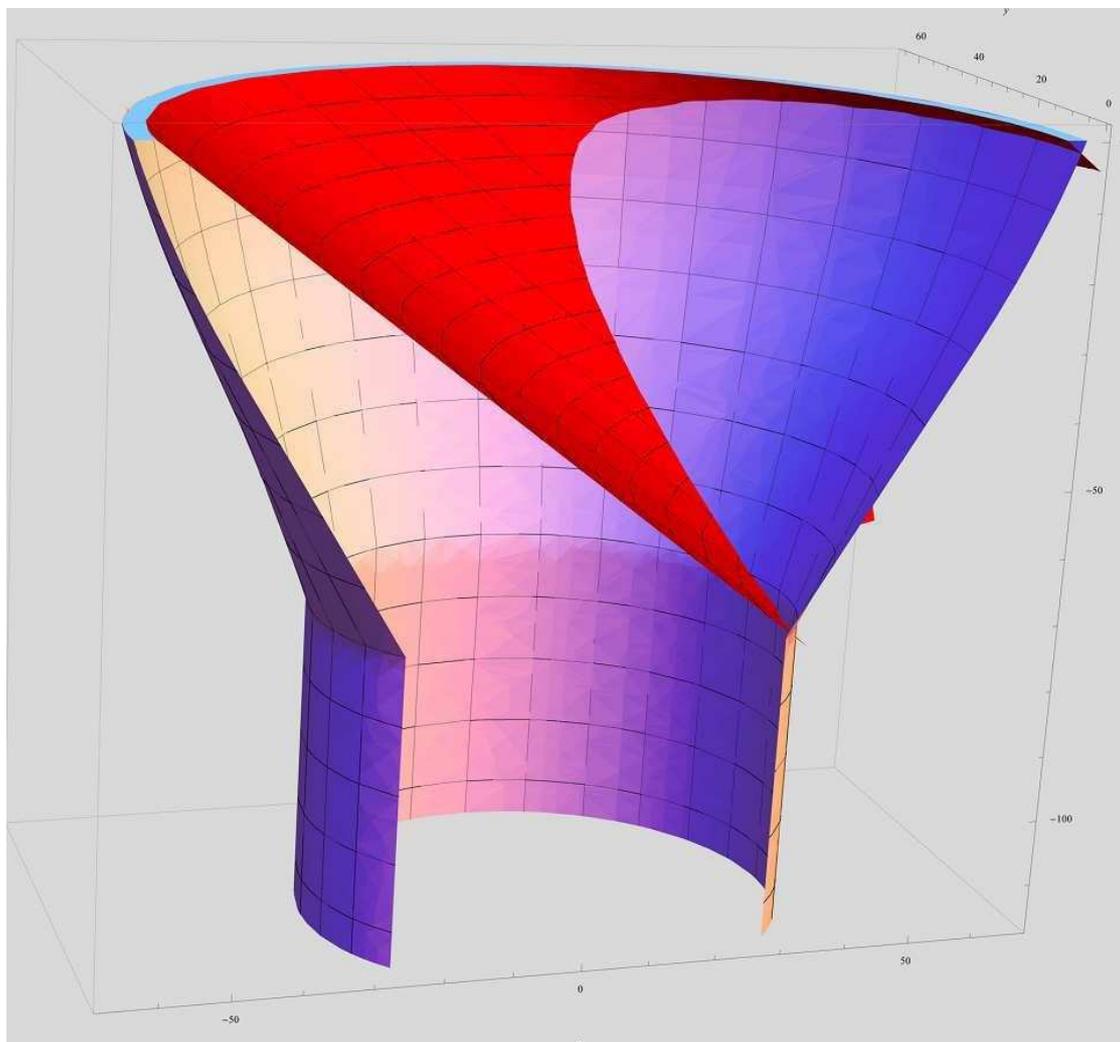


Fig. 11 : Modélisation du barrage et d'une corniche horizontale.  
A un instant donné, le Soleil éclaire la corniche qui engendre un cône, lequel coupe la voûte de façon incurvée.

On calcule dans un premier temps les quantités  $p, q, r$ , relatives au Soleil :

$$p = -\cos h \sin (A - D_c)$$

$$q = -\cos h \cos (A - D_c)$$

$$r = \sin h$$

$h$  étant la hauteur du Soleil et  $A$  son azimut obtenus par :

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

$$\tan A = \frac{\sin H}{\sin \phi \cos H - \cos \phi \tan \delta}$$

$A$  étant du même signe que  $H$ ,  $H$  étant

l'angle horaire du Soleil et  $\delta$  sa déclinaison.

Pour une déclinaison gnomonique  $D$  (qui peut varier de  $1^\circ$  en  $1^\circ$  de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$ ), on calcule ensuite,  $k$  étant une variable :

$$x = k.p + x_0 ; \quad y = k.q + y_0 ; \quad z = -k.r + z_0$$

$$x_0 = rp.\sin D; \quad y_0 = rp.\cos D$$

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}; \quad \cos \theta = \left( \frac{y}{\rho} \right)$$

$$\rho_2 = 65,9734 - 0,34403562 z - 0,00444124 z^2 + 0,36781519 z \cos \theta$$

$$\Delta = \rho - \rho_2$$

Le même principe s'applique avec  $\rho_1$ .

Tant que  $|\Delta| > 0,0000001$ , la quantité  $k$  doit varier telle que  $k = k - |\Delta|$ . On amorce l'itération en prenant  $k = -1$ .

Pour obtenir les coordonnées  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  selon les points cardinaux, il suffit de faire :

$$x' = x \cos D_c + y \sin D_c; \quad y' = -x \sin D_c + y \cos D_c; \quad z' = z$$

Les coordonnées obtenues sont celles de l'ombre de la corniche à la surface du barrage. Exemple : calculons pour  $H = 15^\circ$  et  $\delta = 10^\circ$  les coordonnées  $x$ ,  $y$ ,  $z$  de l'ombre du parapet ( $rp = 63,59$  m et  $z_0 = -3,02$  m) ; pour  $D = -59^\circ$ , on a :  $\rho = 63,13882$  d'où  $x = -44,97954$   $y = 44,30971$   $z = -17,37975$ .

Si l'on cherche maintenant les coordonnées d'une ligne horaire enveloppe (fig. 11), on procède de la façon suivante : soit  $\lambda$  la longitude du Soleil (qui est la variable).

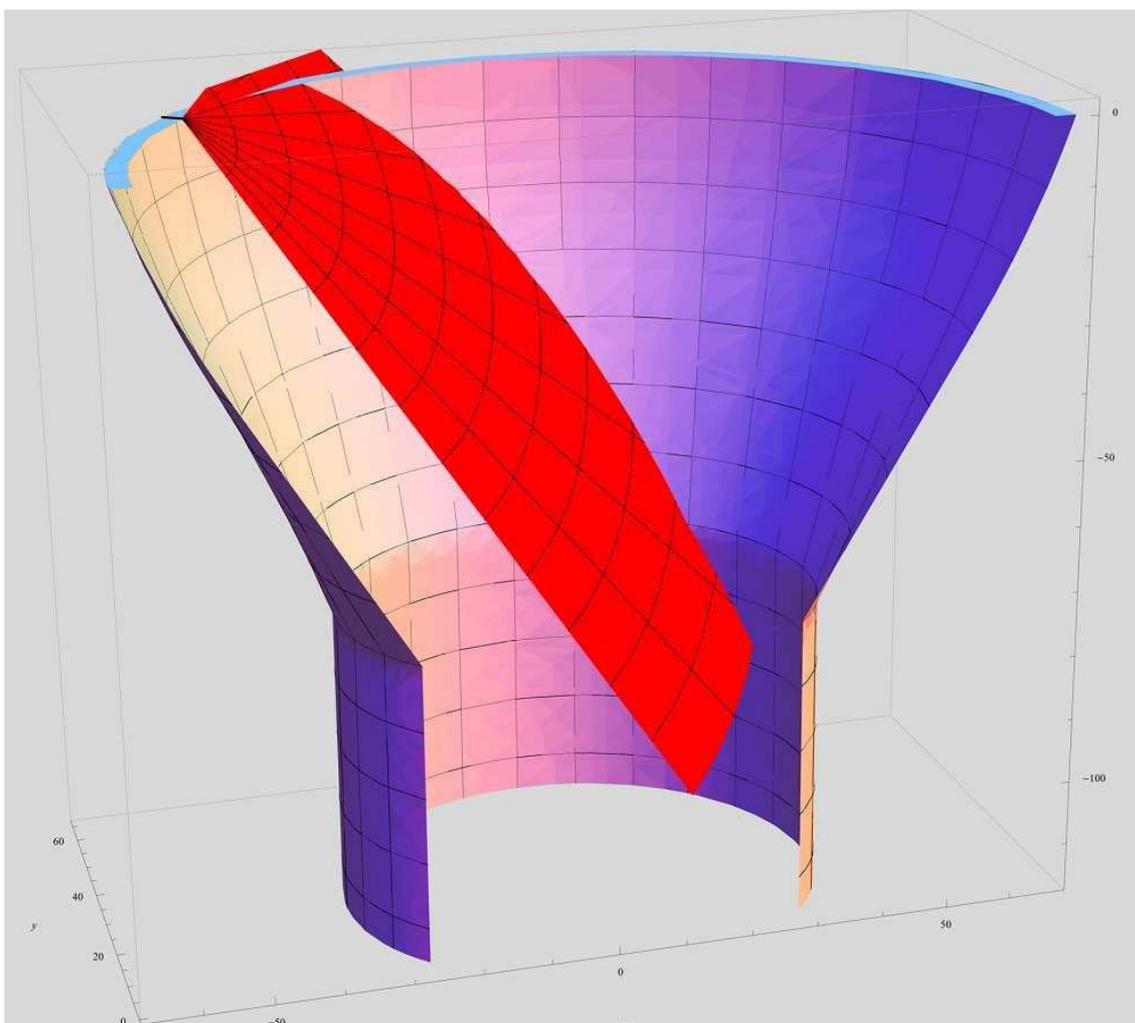


Fig. 12 : Principe du cadran à corniche appliqué au barrage : une ligne horaire enveloppe est engendrée par un seul point de la corniche (style droit en noir). La partie en rouge représente le plan horaire de l'enveloppe lorsque l'on fait varier la déclinaison du Soleil.

La déclinaison gnomonique  $D'$  du point de la corniche qui engendre la ligne horaire enveloppe se calcule<sup>6</sup> par :

$$\cotan D' = -\sin \phi \tan H$$

où  $H$  est l'angle horaire du Soleil (pour la ligne considérée :  $H = 15^\circ$  pour 13 h,  $H = -30^\circ$  pour 10 h,  $H$  variant de  $15^\circ$  en  $15^\circ$ ). Mais il faut corriger cette déclinaison gnomonique de celle de l'axe du barrage  $D_c$  de sorte que la déclinaison gnomonique utile qui entre dans les calculs est<sup>7</sup> :

$$D = D' - D_c$$

Donc pour une ligne horaire donnée, la déclinaison gnomonique  $D$  est fixe ; il suffit de faire varier la longitude du Soleil de  $90^\circ$  (solstice d'été) à  $270^\circ$  (solstice d'hiver) dans la formule donnant la déclinaison du Soleil :

$$\sin \delta = \sin 23^\circ,4333 \sin \lambda$$

puis d'entrer ces paramètres dans les équations précédentes pour obtenir les coordonnées  $x$ ,  $y$ ,  $z$  d'une ligne horaire.

Par exemple pour midi ( $H = 0^\circ$ ), on a  $D' = 90^\circ$  d'où  $D = -76^\circ,01$ . Pour 14 h ( $H = 30^\circ$ ),  $D' = -68^\circ,19$  d'où  $D = -54^\circ,20$ . Pour 9 h ( $H = -45^\circ$ ),  $D' = 55^\circ,27$  d'où  $D = 69^\circ,26$ . Etc.

Profitons-en pour examiner un problème important lié à l'orientation, à savoir la limitation des lignes horaires. En effet, pour qu'une ligne « fonctionne » lorsque l'ombre de la corniche la tangente, il faut que le point utile soit « éclairé » par le Soleil, ce qui n'est pas toujours le cas. Plus précisément, et c'est là le principe des cadrans à corniche, il faut que la direction du Soleil soit perpendiculaire à la direction visée par le style droit fictif utile. Par exemple on sait que pour 18 h,  $D = 13^\circ,99$  : l'azimut  $A$  du Soleil perpendiculaire vaut donc  $103^\circ,99$ . Or le Soleil n'atteint pas toujours cet azimut toute l'année ; la déclinaison limite du Soleil est donnée par :

$$\tan \delta = \frac{\sin \phi \cos H - \sin H \cot A}{\cos \phi}$$

Ainsi pour  $H = 90^\circ$  (18 h), on a  $\delta = 19^\circ 04'$  : tant que la déclinaison du Soleil est inférieure à cette valeur, la ligne 18 h ne fonctionne pas ; on ne peut donc lire 18 h que *grosso modo* du 15 mai au 27 juillet. Rappelons que l'azimut du Soleil au lever ou au coucher est donné par :  $\cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \phi}$ . Cette limitation dans la lecture de l'heure ne s'applique évidemment pas aux lignes de 12 h à 15 h (idem pour le matin) puisque le Soleil atteint toujours le bon azimut quelle que soit la date.

### 3 – Les problèmes de la corniche

L'examen de la coupe de la corniche laisse entrevoir une difficulté importante : outre le fait que l'encorbellement est en débord par rapport au barrage, on voit nettement que sous le parapet se profile une portion de tore, légèrement en saillie. Sur une photo (fig. 13), on voit encore plus clairement que le tore est éclairé, que l'ombre du parapet se projette sur le tore et que l'ombre résultante sur la voûte du barrage est issue en partie du parapet et en partie du tore. D'où une série de questions très importantes pour la suite des calculs : quelle est la partie de la corniche qui indique l'heure sur le barrage ? Est-ce toujours l'ombre du parapet ?

<sup>6</sup> Voir D. Savoie, « Cadrans solaires à corniche », *op.cit.*, p. 71-80.

<sup>7</sup> Il y a un hiatus près de midi : comme le barrage est déclinant, la ligne de 11 h est basculée sur la rive Ouest de l'ouvrage ; c'est le cas en fait dès que  $H = -19^\circ$  jusqu'à  $H = 0^\circ$ . Ce qui signifie qu'à partir de 10 h 44 m temps solaire, l'heure se lit sur le côté gauche du barrage lorsqu'on est face à la voûte. Il s'ensuit que pour 11 h, on a  $D = -86^\circ,53$ .



Fig. 13 : Détail de la corniche du barrage. Du niveau zéro du barrage part un plan incliné au-dessus duquel se trouve la partie du tore puis au-dessus le parapet. On voit ici l'ombre du parapet se projeter sur le tore à gauche tandis qu'au milieu il commence à être éclairé. Cela signifie que sur la voûte du barrage, une partie de l'ombre est due au parapet, l'autre au tore.

L'ombre du tore peut-elle indiquer l'heure ? Dans l'ombre résultante sur la voûte, quelle est la partie due au parapet et celle due du tore ? L'heure peut-elle être indiquée par l'intersection des deux ombres comme dans un cadran bifilaire ?

Répondre à ces questions nécessite de faire la théorie de l'ombre du parapet puis celle du tore et de regarder ligne horaire par ligne horaire ce qui se passe lorsque le Soleil éclaire l'ensemble. Il faut absolument souligner ici que s'il n'y avait eu que le parapet (comme cela fut construit à l'origine vers 1948), le problème de l'heure sur le barrage aurait été réduit à un cadran à corniche « classique », sans difficulté trop importante. Mais la présence de ce tore en saillie, qui joue le rôle d'un deuxième style dont l'ombre interfère avec celle du parapet, rend cette partie de la théorie du barrage difficile et délicate (fig. 14).



Fig. 14 : Sur cette photo prise à l'hiver 2009, il est extrêmement difficile de savoir où se trouve le point de jonction entre l'ombre du parapet et l'ombre du tore dans l'ombre incurvée.

Le parapet est situé à 3,02 m au-dessus de la cote zéro du barrage et son rayon moyen, c'est-à-dire son rayon depuis le centre O du barrage, est de 63,59 m. Quant au tore, il est situé à 1,6 m au-dessus de la cote zéro et son rayon moyen est de 63,56 m (fig. 15).

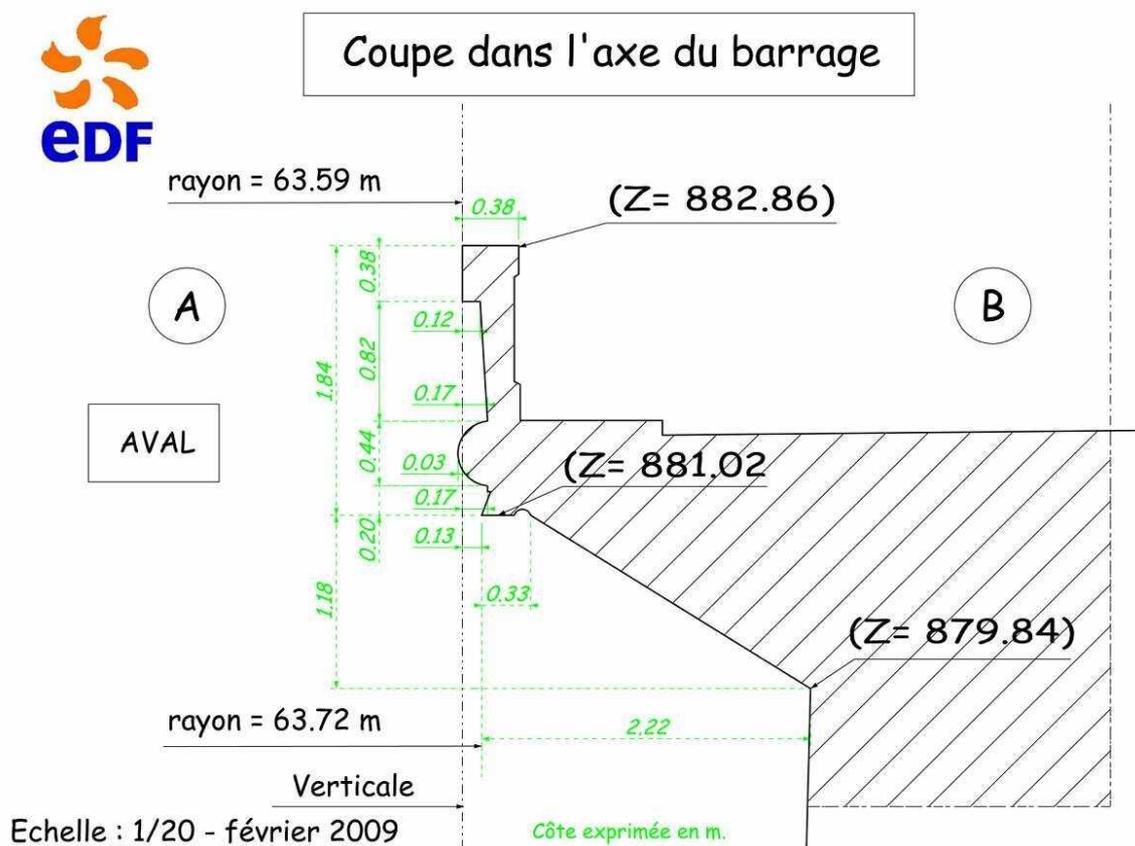


Fig. 15 : Relevé topographique de la partie haute du barrage avec une coupe de l'encorbellement.

Le rayon interne du tore est de 0,221 m, de sorte qu'en toute rigueur, lorsque le Soleil l'éclaire, ses rayons ne le tangentent pas sur son « équateur », mais en-dessous. Il a donc fallu établir la théorie de l'éclairement d'un tel tore pour déterminer les coordonnées du point de tangence d'un rayon solaire en fonction de l'heure et de la date. Si  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  sont ces coordonnées paramétriques, on démontre que l'on a,  $R$  étant le rayon moyen et  $r$  le rayon interne :

$$X' = (R - r \cos t) \sin u; \quad Y' = (R - r \cos t) \cos u; \quad Z' = r \sin t$$

avec  $\tan t = -\cos(u - A') \cotan h$

$A'$  étant l'azimut du Soleil corrigée de la déclinaison gnomonique du barrage et  $h$  la hauteur du Soleil. La variable  $u$  représente l'angle de rotation qui varie de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$ . Ce raffinement a été mis en application pour le calcul des lignes 11 h et midi (qui dépendent du tore) et surtout pour le calcul des instants de passage de l'ombre sur une fenêtre d'accès (cf. *infra*). Car si un rayon solaire frappe le tore 3 cm sous son équateur, cela se répercute inévitablement sur la voûte de barrage en raison de ses dimensions considérables (fig. 16).

Lorsque l'on regarde l'ombre incurvée de la corniche, « corniche » désignant l'ensemble parapet + tore, il est loin d'être évident de comprendre que cette ombre est la plupart du temps la résultante de deux ombres qui se chevauchent (fig. 17). En fait l'ombre du tore ne joue un rôle que sur la partie « haute » du barrage, l'ombre du parapet prenant ensuite le relais. Quant au point de jonction entre les deux ombres, il est indétectable à l'œil nu. Pour

déterminer la position de ce point, on doit considérer le système parapet + tore comme lié physiquement et on doit chercher à quel instant et où l'ombre du parapet se projette sur le tore : si elle tombe dessus, c'est donc que c'est l'ombre du tore qui se projette sur la voûte du barrage. Si le tore est dans l'ombre du parapet, c'est donc l'ombre de ce dernier qui se projette sur la voûte. Le parapet est en fait un muret circulaire dont on étudie la position de l'ombre sur un plan horizontal, – qui est une corniche –, ce qui ne présente pas de problème particulier.

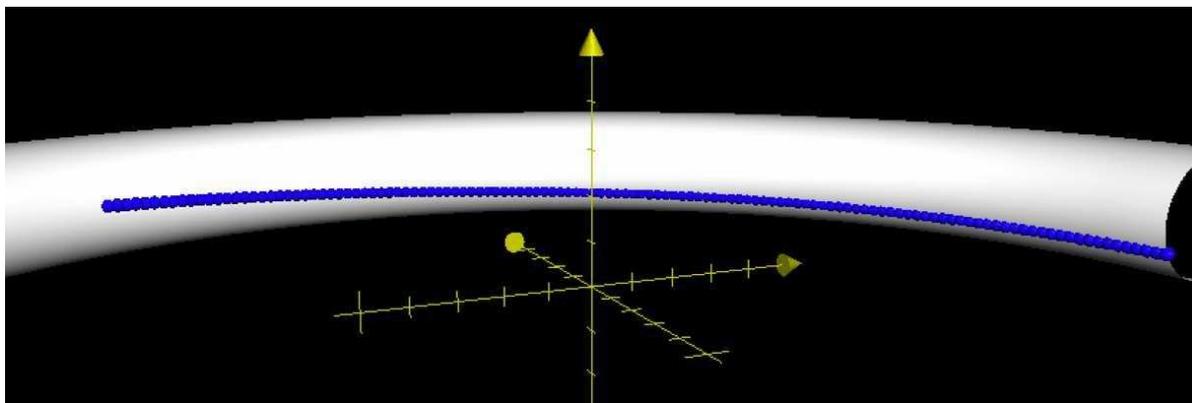


Fig. 16 : Lorsque le Soleil éclaire le tore, ses rayons arrivent sous une certaine incidence et tangentent le tore sous son équateur. On voit ici la courbe des points tangents du Soleil à la surface du tore à 14 h solaire pour une déclinaison de 20°.

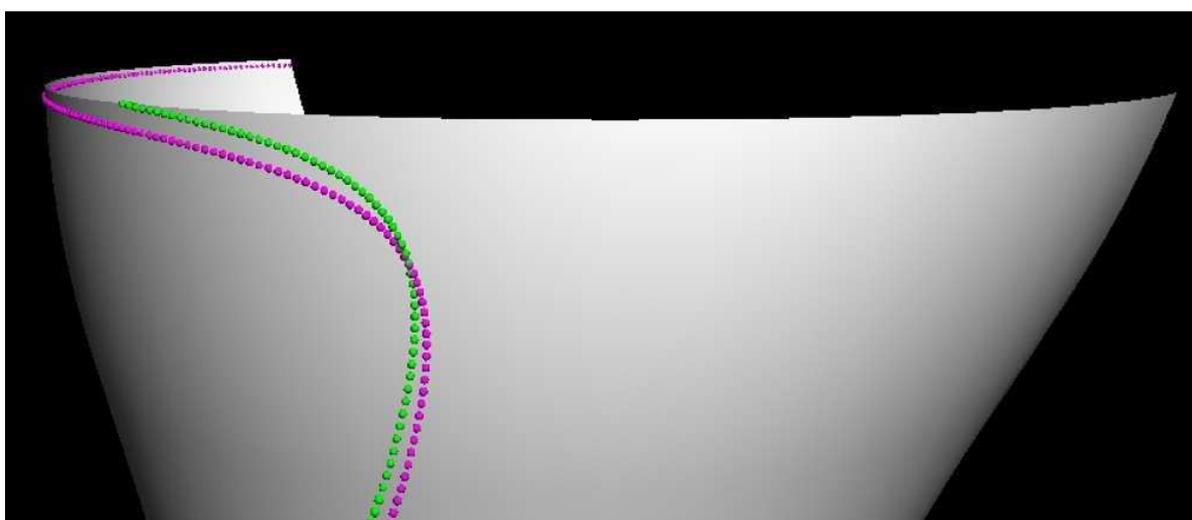


Fig. 17 : Vue modélisée du barrage depuis le côté amont. La courbe verte représente l'ombre du parapet à la surface du barrage ; l'ombre mauve celle du tore. L'ombre résultante est donc en haut du barrage celle du tore puis à partir du point d'intersection celle du parapet.

Appliqué aux lignes horaires, on constate que toutes les lignes, – sauf deux –, dépendent exclusivement pour leur fonctionnement de l'ombre du parapet. Il faut préciser que la mise en place d'une passerelle d'accès à 5 m sous le niveau zéro du barrage a obligé à limiter le tracé des lignes horaires à ce niveau (fig. 18). La ligne 10 h n'a été tracée que partiellement puisqu'elle tombe en dehors de la voûte du barrage, dans la partie rocheuse de la culée Est.

La ligne 11 h, la plus proche de la corniche, dépend intégralement de l'ombre du tore, quelle que soit la date (fig. 19). L'ombre du tore, presque rectiligne, descend lentement de la corniche pour finalement toucher la ligne.



Fig. 18 : Photo de la partie Est du barrage. L'adjonction d'une nouvelle passerelle d'accès (qui projette d'ailleurs sa propre ombre incurvée) a obligé à limiter les lignes horaires (ici en plastique blanc et rouge) à 5 m sous le niveau zéro du barrage. On voit sur la droite de la photo une partie de la ligne 10 h qui aboutit dans la roche.



Fig. 19 : Photo de la ligne 11 h tracée ici temporairement. On remarque bien l'ombre descendante du tore éclairé qui vient toucher la ligne vers son extrémité gauche (nous sommes au mois de mai).

Quant à la ligne midi, certainement la plus « vicieuse » des lignes de ce barrage, une analyse détaillée montre que de la mi-octobre à la fin-février, c'est l'intersection de l'ombre du parapet et de celle du tore qui indique l'heure, tandis que le reste du temps, c'est l'ombre du tore. Cette ligne fonctionne donc en partie comme un cadran bifilaire et une autre partie comme un cadran à corniche (fig. 20 et 21). Dans les calculs, il faut considérer la déclinaison gnomonique du point qui correspond à l'intersection des ombres, point que l'on considère comme un style droit fictif, puis de projeter sur la voûte du barrage les coordonnées de l'extrémités de l'ombre de ce style.

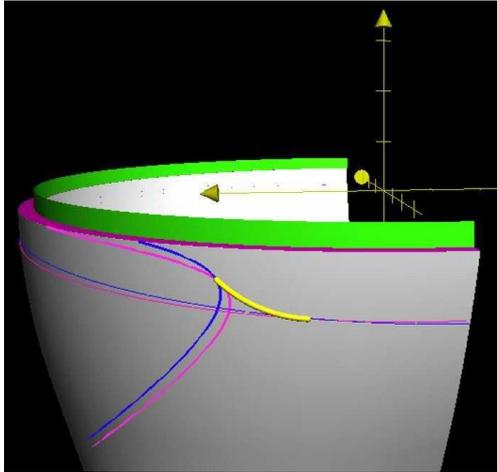


Fig. 20 : Vue modélisée du barrage depuis le côté amont. La courbe jaune représente la ligne midi. On a tracé à gauche l'ombre du tore en mauve et du parapet en bleu au solstice d'hiver. A droite les mêmes ombres mais au solstice d'été.

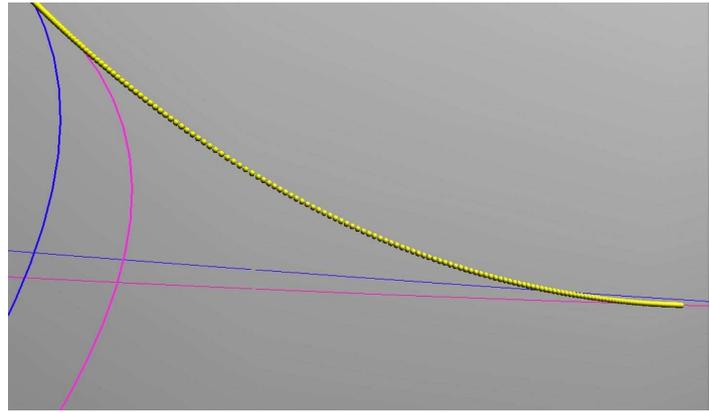


Fig. 21 : Détail de la vue modélisée de la ligne midi en jaune depuis le côté amont. On voit nettement à gauche que c'est l'intersection de la courbe d'ombre du parapet et de celle du tore qui indique l'heure en hiver, tandis qu'à droite en été c'est l'ombre seule du tore qui indique midi : l'ombre du tore au mauve prend le pas sur l'ombre du parapet en bleu.

Arrêtons-nous sur ce problème intéressant ; dans un premier temps, on considère le parapet comme un muret circulaire de rayon  $R$  (compté depuis  $O$ ) composé d'une infinité de styles droits de hauteur  $a$ . Ce muret (fig. 22) projette un rideau d'ombre circulaire dont les coordonnées  $x$  et  $y$  depuis le centre  $O$  du barrage sont :

$$x = R \sin D + \rho p; \quad y = R \cos D + \rho q$$

avec  $\rho = -a/r$

$p, q, r$  étant les quantités relatives au Soleil définies plus haut.  $D$  est la déclinaison gnomonique d'un point du parapet, qui varie de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$ . On a évidemment :

$$\rho'^2 = x^2 + y^2$$

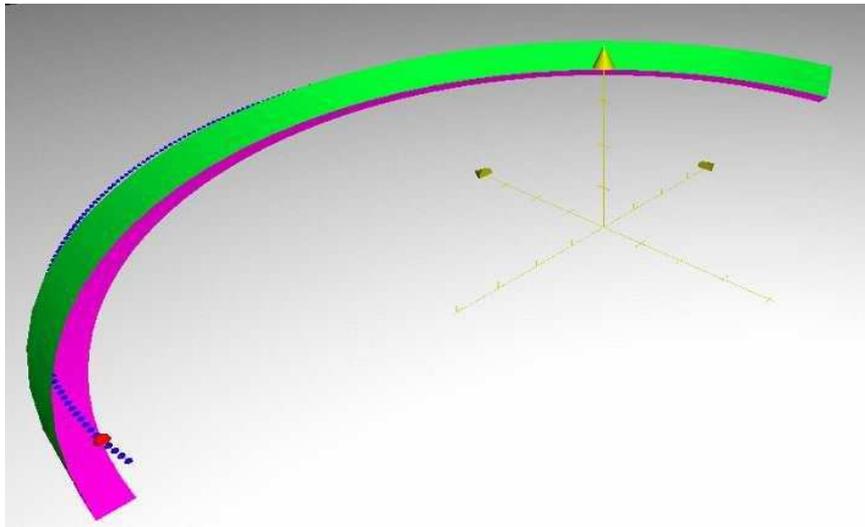


Fig. 22 : Principe du calcul de l'ombre du parapet circulaire (en vert) sur un plan horizontal (en mauve). A un instant donné, le parapet engendre une ombre (en bleu) qui peut tomber hors du plan, sur le plan, voire au-delà de la face interne du parapet. Le point rouge correspond à l'intersection de l'ombre du parapet avec le plan. Dans la réalité, ce plan est une partie de tore.

qui est la distance d'un point situé au sommet du rideau d'ombre au point  $O$ . Tant que  $\rho' > R$ , l'ombre du parapet tombe au-delà : l'ombre est externe. Imaginons maintenant au pied du parapet une corniche circulaire de rayon  $R'$ . Il est facile de calculer le point d'intersection de l'ombre interne du parapet avec cette corniche : c'est lorsque  $\rho' = R'$ . Ce point d'intersection dépend en plus de la date ; il suffit donc, pour une certaine déclinaison du soleil, de

faire varier la déclinaison gnomonique jusqu'à ce qu'on ait la condition nécessaire sur  $\rho'$  et  $R'$ . Dans le cas du barrage de Castillon, le rayon  $R$  du parapet est 63,59 m, le rayon  $R'$  du tore

de 63,56 m et la hauteur  $a$  du parapet par rapport au tore de 1,42 m. On calcule par exemple que le jour du solstice d'hiver à midi solaire, c'est le point de déclinaison gnomonique  $-78^{\circ},04652$  qui correspond à l'intersection de l'ombre du parapet et du tore<sup>8</sup>, point que l'on projette ensuite à la surface du barrage (fig. 23).

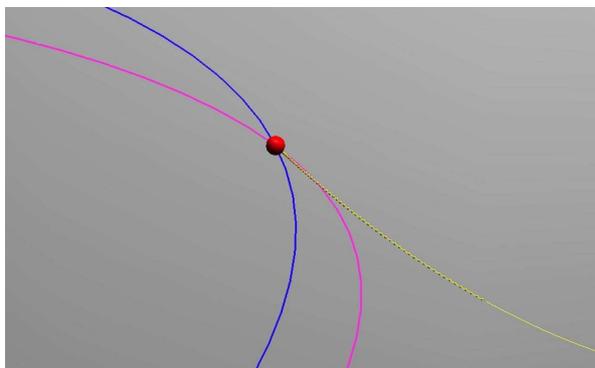


Fig. 23 : Détail de la vue modélisée de la ligne midi en jaune depuis le côté amont. Le point rouge correspond à l'intersection des ombres du parapet (en bleu) et du tore (en mauve) : c'est lui qui indique l'heure en hiver sur la ligne midi en jaune, comme dans un cadran bifilaire.

En raison des anomalies constatées sur 11 h et midi où l'ombre atteignait avec deux à trois 3 minutes de retard la ligne horaire temporaire, on a décidé de vérifier si l'équation du parement à cet endroit ne s'écartait pas trop du relevé lasergrammétrique (fig. 24) et si les rayons moyens du parapet et du tore présentaient des écarts importants par rapport aux relevés des topographes. On dû finalement établir une équation locale  $\rho_2$  du parement, c'est-à-dire valable uniquement dans la région des deux lignes horaires, avec laquelle on a recalculé les coordonnées des deux lignes horaires.

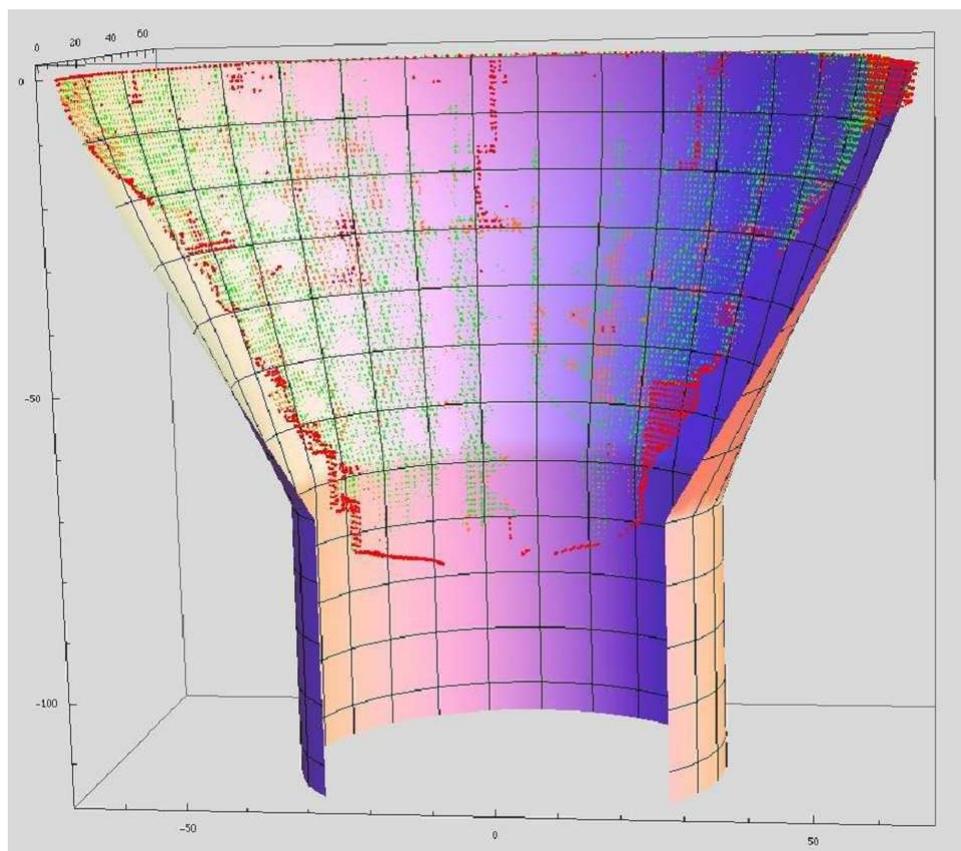


Fig. 24 : Vue modélisée du barrage de Castillon côté aval sur laquelle on a superposé le relevé lasergrammétrique. Les couleurs indiquent l'écart entre le modèle théorique et le relevé laser : les points rouges correspondent à des écarts supérieurs à 10 cm. On les trouve surtout sur les côtés du barrage, ceux du milieu étant des échelles d'accès.

<sup>8</sup> Plus précisément, l'ombre du parapet tombe sur le tore qui est une portion de cylindre et non un plan horizontal comme expliqué ici dans le principe.

#### 4 – Tests de vérification

Une fois la théorie du cadran solaire mise au point, il fallut valider les calculs. On utilisa pour cela le déplacement de l'ombre de la corniche sur des structures de la voûte. Cette voûte du barrage de Castillon comporte en effet six fenêtres d'accès dont certaines contiennent des mires de visée. Grâce au relevé de lasergrammétrie, il était possible de déterminer avec précision les coordonnées  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  d'un point particulier, comme l'intersection de deux arêtes d'une fenêtre par exemple, puis de calculer à quelle heure l'ombre de la corniche allait passer par ce point. Si l'heure prévue était correcte, on pouvait raisonnablement penser que la théorie du cadran l'était aussi.

La solution analytique du problème étant ici insurmontable, il fallut faire appel à la puissance de calcul de l'ordinateur : elle repose sur un balayage de la voûte en fonction de l'heure et en fonction de l'orientation : pour un angle horaire donné, on balaye la voûte de la déclinaison gnomonique  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$  puis on compare les coordonnées  $x$ ,  $y$ ,  $z$  obtenues à celle du point de passage. Tant que les quantités  $\Delta x = (x' - x)$ ,  $\Delta y = (y' - y)$  et  $\Delta z = (z' - z)$  sont simultanément inférieures à un centimètre en valeur absolue, le balayage continue. Il faut dans un premier temps amorcer le balayage grossièrement (sous-entendu avec un pas de  $0^\circ,5$ ) en estimant la valeur de la déclinaison du Soleil. Une fois le premier angle horaire déterminé, on procède à un balayage très fin. On obtient finalement l'angle horaire du Soleil à l'instant où l'ombre de la corniche passe sur le point connu, instant que l'on convertit ensuite en temps légal en tenant compte de la longitude du lieu et de l'équation du temps. Il faut noter que l'éclairement de certaines fenêtres situées près de l'encorbellement dépend de l'ombre du tore, tandis que celui des fenêtres « basses » dépend de l'ombre du parapet.

L'observateur situé sur le barrage peut alors vérifier si l'heure de passage calculée correspond effectivement à la réalité. De nombreuses vérifications ont ainsi été effectuées en avril et mai 2009, que ce soit pour des passages de l'ombre le matin et l'après-midi ; car l'ombre de la corniche passe deux fois par jour sur une fenêtre d'accès. Ces vérifications ont permis de conclure que l'ensemble des paramètres et des calculs étaient corrects, ce qui validait définitivement l'aspect théorique du cadran solaire. On pouvait alors passer à la phase de réalisation technique.

Voici par exemple un des nombreux instants de passage calculé (fig. 25 26 27) : le 22 avril 2009, le calcul prévoit que l'ombre de la corniche passera sur l'angle inférieur gauche de la fenêtre n°1 à 9 h 10 m 46 s temps légal. L'observateur était chargé de prendre une photo 5 minutes avant le passage, à l'instant du passage, et 5 minutes après.



Fig. 25 : Ombre du parapet sur le bord inférieur gauche de la fenêtre d'accès n° 1 prise cinq minutes avant le passage théorique, soit 9 h 05 m 46 s temps légal, le 22 avril 2009. L'ombre est alors au niveau de l'angle supérieur gauche de la fenêtre.

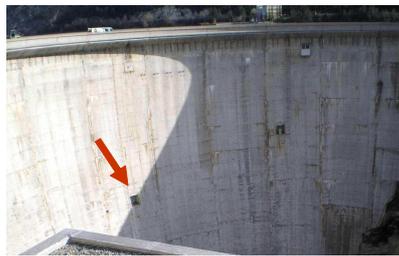


Fig. 26 : Ombre du parapet sur le bord inférieur gauche de la fenêtre d'accès n° 1 prise à l'instant du passage théorique, soit 9 h 10 m 46 s temps légal, le 22 avril 2009. On notera la parfaite coïncidence.



Fig. 27 : Ombre du parapet sur le bord inférieur gauche de la fenêtre d'accès n° 1 prise cinq minutes après l'instant du passage théorique, soit 9 h 15 m 46 s temps légal, le 22 avril 2009. Désormais la fenêtre est complètement éclairée.

Pour conclure sur cette étape importante, il convient de mentionner ici que c'est grâce à cette méthode qu'une célèbre photo a pu être « horodatée ». Il s'agit de la photo du constructeur du barrage (fig. 28), André Coyne, que l'on voit ici de dos, et qui contemple son oeuvre. Cette photo a été prise le 4 juin 1952 mais personne ne savait à quelle heure. Le point de vue d'où elle est prise est le petit sommet de la rive Est, à l'aplomb de l'usine hydro électrique, d'où l'on contemple le magnifique lac de retenu.



Fig. 28 : André Coyne photographié de dos devant le barrage de Castillon le 4 juin 1952. C'est grâce à l'examen de l'ombre incurvée de la corniche que cette photo a pu être horodatée : il est 9 h 58 m temps légal.

On voit que l'ombre du parapet est incurvée vers l'Est, indice que la photo a été prise le matin. L'examen montre en outre que l'ombre passe au-dessus de la porte d'accès notée 2 (à droite sur la photo) et au-dessus de la porte notée 4 (presque sous la corniche). Un premier calcul effectué en prenant les relevés de l'encorbellement actuel montrait une ombre passant bien sur la fenêtre 2 mais pas exactement sur la fenêtre 4. En fait la corniche actuelle a été modifiée et il fallait prendre les plans de 1948 où le parapet était à 2,50 m au-dessus du niveau zéro du barrage (contre 3,02 m aujourd'hui).

En entrant ce nouveau paramètre, et sachant que le 4 juin 1952 en milieu de matinée la déclinaison du Soleil valait  $+ 22^{\circ} 27'$  et que l'équation du temps valait  $- 1 \text{ m } 50 \text{ s}$ , on calcule que l'ombre passait exactement sur les portes d'accès n° 2 et n° 4 à 9 h 26 m 30 s temps solaire vrai, soit, après correction de la longitude du lieu et de l'équation du temps, à 8 h 58 m 31 s UT, soit encore 9 h 58 m 31 s temps légal des montres à cette époque. Donc André Coyne a été pris en photo à 9 h 58 m de sa montre, soit presque 10 h du matin.

## 5 – Réalisation technique

Les premiers travaux ont véritablement commencé en mars 2009 par le nettoyage de la voûte au karcher et des accès au barrage. Auparavant, en février, avaient eu lieu les relevés topographiques de l'ensemble de l'ouvrage. EDF avait en fait programmé depuis longtemps des modifications techniques sur le barrage (remplacement d'échelles d'accès, consolidation de structures, mise en sécurité des parois latérales...) dont nous avons bénéficié pour la réalisation du cadran solaire. Mais le timing était assez serré si l'on souhaitait inaugurer le

cadran au solstice d'été, car de nombreux corps de métiers devaient intervenir, sans compter la possibilité d'erreurs à rectifier dans la position des lignes horaires.

Vers la mi-avril, les coordonnées définitives des lignes horaires étaient envoyées aux topographes<sup>9</sup> ; dans un premier temps, on avait choisi de faire une implantation temporaire, afin de vérifier si tout fonctionnait correctement. Le service topographie fixa la position des lignes à la surface du barrage à l'aide d'un théodolite laser. Les lignes temporaires, composées de cordes de plastique rouge et blanc, furent posées par des alpinistes (fig. 29).



Fig. 29 : Alpiniste en plein travail sur le parement du barrage : il inscrit à la surface le point d'implantation d'une ligne horaire temporaire indiqué par un viseur laser situé sur une des rives.

La journée du jeudi 30 avril fut décisive puisque j'observais du matin au soir, sous un temps magnifique, si l'ombre de la corniche tangentait bien les lignes horaires à l'heure prévue (fig. 30). Deux anomalies furent repérées pour les passages de l'ombre sur 11 h et 12 h (*cf. supra*), ce qui nous obligea à rectifier la position des deux lignes, en raison des discontinuités importantes de la voûte dans cette zone.

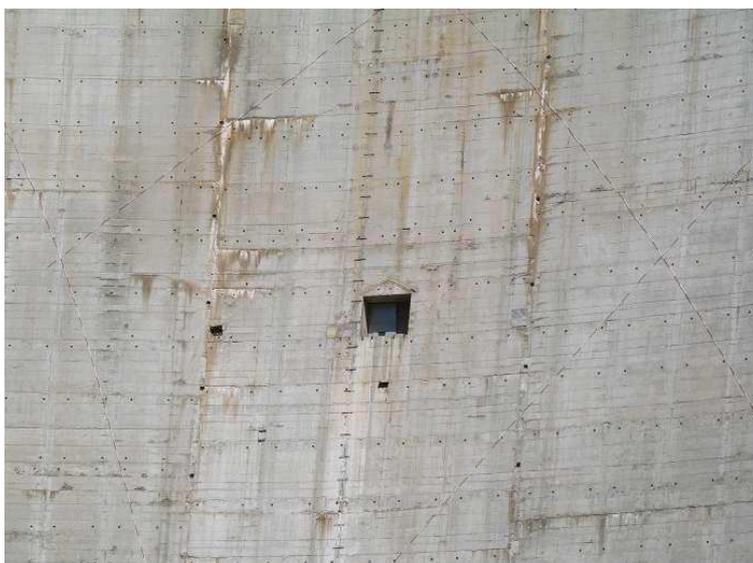


Fig. 30 : Détail de la surface nettoyée du parement. La porte d'accès à un pendule se trouve entourée par des lignes horaires temporaires en plastique. Ces lignes temporaires sont servi à valider que l'ombre de la corniche les recouvrait bien à l'heure solaire prévue.

<sup>9</sup> Les coordonnées x, y, z des lignes horaires ont été transformées en coordonnées Lambert, système de référence des topographes. Au barrage de Castillon, le Nord Lambert fait un angle de  $-16^{\circ},56$  avec l'axe du barrage.

Globalement, les instants de tangence de l'ombre tombaient à moins d'une minute près sur les lignes, ce qui est une prouesse quand on sait que de près la surface du barrage est loin d'être uniforme, sans compter des effets de pénombre dus au parapet ou au tore ! Le cadran indique le temps solaire vrai du barrage de Castillon, de 6 h à 18 h.

Début mai, les alpinistes se remettaient au travail, toujours avec les topographes de EDF, en scellant des blocs de lave émaillée de 20 kg à même la paroi (couleur ocre pour les heures du matin, vert pour les heures de l'après-midi). Deux tonnes et demie de lave émaillée furent ainsi scellées en pointillés sur le parement du barrage, y compris les blocs pour indiquer les heures (fig. 31). Chaque bloc mesure 100 cm de long et 20 cm de large, soit en tout 62 m<sup>2</sup>.



Fig. 31 : Alpiniste en plein travail sous la passerelle d'accès. Il scelle sur le parement les blocs de lave émaillée ainsi que les plaques sur lesquelles sont inscrits les chiffres des heures.

Début juin, le travail de pose était pratiquement terminé ; les abords du barrage furent nettoyés, consolidés et mis aux normes de sécurité (fig. 32). Enfin l'abri de la culée Ouest fut remis à neuf pour recevoir les panneaux explicatifs destinés au public. Sans ces panneaux, il est difficile pour un néophyte de comprendre le principe de fonctionnement où l'ombre incurvée tangente les lignes horaires. Une table de correction permet bien sûr de passer du temps solaire au temps légal. Différents exemples avec des images de Gérard Baillet permettent de bien saisir le principe du cadran tout comme l'importance de l'énergie hydroélectrique qui est finalement une énergie solaire !

L'inauguration de ce cadran solaire a eu lieu le samedi 20 juin 2009 en présence de nombreuses personnalités. A cette occasion a été dévoilée la devise du cadran, imaginée par Roland Lehoucq : « L'énergie se renouvelle avec le temps ».

### Remerciements

Nous tenons, avec Roland Lehoucq, à remercier infiniment tous ceux et celles qui ont contribué à la réalisation de ce projet grandiose, et tout spécialement les personnes suivantes.

En premier lieu, Thierry Avril, Chef de la mission hydraulique au service DPIH de EDF : ce fut lui le chef de l'ensemble projet et notre premier interlocuteur à la direction de EDF. Sans son enthousiasme et sa confiance, le cadran solaire n'aurait jamais vu le jour.

Thierry Guilloteau, Sandra Berni, Stéphane Boscher, du service DTG de EDF, se sont beaucoup impliqués dans le cadran; ils se sont occupés notamment des problèmes de lasergrammétrie, de positionnement des lignes horaires, de relevé topographique de l'ouvrage et ont toujours été disponibles pour démêler dans l'urgence et avec compétence des problèmes parfois difficiles.

Emmanuel Goossens, Didier Tognini et toute l'équipe technique du groupement du barrage de Castillon nous ont accueilli très chaleureusement sur le site et ont fait preuve d'un grand dévouement pour prendre des photos de passage d'ombre, sans compter leur implication dans la mise en place du cadran et des abords du barrage.

Remerciements très reconnaissants enfin à deux personnes : à Alain Grimont, du CIH, qui a beaucoup œuvré pour la mise en place du cadran solaire, à la supervision des travaux et à l'organisation des opérations techniques.

Et enfin à Gérard Baillet, qui a accompagné ce projet presque depuis le début, en apportant une aide décisive dans la vérification et la validation des calculs grâce à sa haute maîtrise du logiciel Pov Ray. Il a toujours été disponible au cours de ces longs mois, a fourni de nombreuses et superbes images; qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.



Fig. 32 : Le cadran solaire terminé photographié avec un grand angle depuis la culée Est. Les lignes horaires ont des couleurs différentes pour le matin (ocre) et l'après-midi (vert). Sur la photo il n'est pas encore 13 h solaire.



Fig. 33 : Photo du cadran solaire le matin le jour du solstice d'été : il est 9 h au Soleil.

 Ne pas utiliser les figures d'origine EDF de cet article. Vous pouvez faire usage des autres réalisées par D. Savoie (9, 10, 16, 17, 20, 21, 22, 23).  
Merci de votre compréhension.



Pour découvrir les photos de D. Collin prises lors de l'inauguration du cadran, voir rubrique "Informations" en fin de Cadran Info 20





## Comment dit-on "cadran canonial" ?

Par Denis Schneider

*Comment dit-on « cadran canonial » à l'étranger ?*

*Ce que ces appellations peuvent traduire d'autre...*

Nous ne parlons pas tous la même langue, nous parlons sans doute le même langage mais l'histoire des mots, à plus forte raison dans une perspective transculturelle, ne peut être innocente dans la perception des choses qu'ils nomment surtout quand la chose, le cadran canonial, n'est nommée qu'après des siècles d'oubli et que cette chose a servi dans un contexte si différent du nôtre !

Le cadran canonial connaît encore moins les frontières que les cadrans qui lui succéderont puisqu'à son époque les frontières n'existaient pas vraiment, des parties de principautés fluctuant dans la mouvance des couronnes ! C'était alors l'absence de cloisonnement de l'espace avec libre circulation et extrême mobilité des hommes. Les canoniaux parsèment toute la chrétienté médiévale et sont le témoignage de la liturgie (ici, l'Opus Dei) qui a le moins varié entre les Eglises d'Orient et d'Occident.

Il est bien compréhensible qu'aujourd'hui chaque pays étudie son inventaire national (photo 1) même si les territoires médiévaux n'entrent pas dans leur cadre et qu'au cours d'un si long Moyen Age il n'y eut pas de nations mais des espaces à surfaces variables au gré des héritages, des mariages et des guerres : comtés, duchés, royaumes, empires parfois en partie sous possession étrangère ou sous domination musulmane.

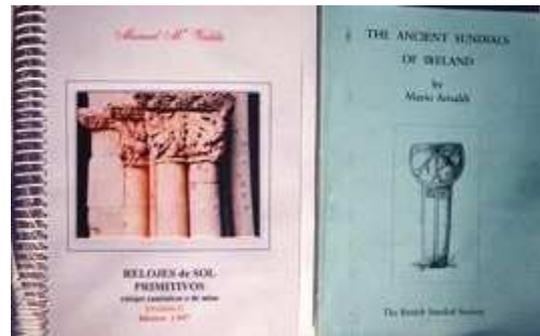


Photo 1

S'il y eut bien au début des liturgies diverses, celtique, gauloise, anglo-saxonne, hispanique, wisigothique etc..., à partir de Grégoire VII, au XI<sup>ème</sup> siècle, Rome imposa une unification liturgique pour l'Occident, le schisme d'avec Byzance l'empêchant d'aller plus loin comme l'autocéphalisme des Eglises de l'Est ou de l'Asie Mineure.

L'appellation française, « cadran canonial », emprunte au Droit de l'Eglise, au Droit canonique ; ailleurs, il est fait référence à une culture (Anglo-Saxon dials), à une technique de gravure (scratch dials), à une période de l'histoire (medievali orologi) ou à d'autres critères encore... Ce sont toutes des dénominations modernes car leur étude remonte à moins d'un siècle. Il est probable qu'au Moyen Age le latin, langue commune des clercs de toute nation, les ait dénommés « horologium » comme il est encore gravé sur quelques uns d'entre eux avec parfois à côté « viatorum » non pas, selon moi, l'horloge des voyageurs, mais celle de « l'Homo viator » qu'est tout chrétien dans son passage ici-bas.

Les religions monothéistes ont placé leurs prières communautaires à des moments définis de la journée annoncés par la trompette chez les juifs, la voix chez les musulmans, la cloche chez les chrétiens. La gnomonique arabe s'en est trouvée développée et René R.-J Rohr parle de « quadrants à prières ».

Chez les chrétiens, il n'y avait pas besoin d'heures de prière pour les ermites ; c'est seulement lorsque commença une vie communautaire que le besoin de prier ensemble à heures fixes se fit sentir d'où l'adoption de règles d'abord appelées « canons ». Les premiers furent les « canones » d'Hippolyte au début du IIIème siècle adaptant les préceptes de Tertullien et de Cyprien se revendiquant eux-mêmes de la tradition apostolique et conseillant 7 moments de prière. Ces recommandations valaient alors pour la prière privée mais elles vont servir, dès le IVème siècle, à l'organisation des communautés monastiques. Nous sommes 2 siècles avant St Benoît que l'on croit abusivement avoir été le premier législateur en matière religieuse. C'est tout de même lui qui se saisit de l'expression « Opus Dei » qui, dans la Bible, désigne le grand œuvre de la création puis toute l'ascèse monastique pour ne plus désigner avec St Benoît que la célébration de l'Office qu'il appelle même « pensum servitutis », c'est-à-dire le poids de laine donné à filer chaque jour à chaque servante par la maîtresse de maison ; la prière est donc le service du moine envers Dieu ce qui inverse curieusement le don de Dieu envers l'homme (Opus Dei) en un devoir de l'homme envers Dieu (Office divin)...La liturgie qui était vécue comme un état de prière est désormais célébrée dans le cadre d'un culte public. Nous assistons au passage d'une spiritualité personnelle à un devoir collectif avec contraintes juridictionnelles.

C'est dans ce sens qu'en France l'expression « cadran canonial » semble pleinement se justifier. L'expression « horae canonicae » avait cours au moyen-âge. C'est en 1932 que l'abbé André Glory et Théodore Ungerer dans leur article « L'adolescent au cadran solaire de la cathédrale de Strasbourg, étude sur la gnomonique du haut Moyen Age » parlent de ces cadrans « que l'on peut appeler canoniaux ». Cette appellation paraît éclairante vis-à-vis du devoir de célébrer les heures canoniales mais aussi sans doute réductrice car bien des cadrans canoniaux comportent plus de lignes horaires que nécessaire. On pourrait contourner cette difficulté en faisant valoir que ces cadrans servaient à individualiser toutes les heures du jour en fonction de la Règle, que ce soient les heures de prière, de travail et d'autres encore, sans compter qu'à côté de la Règle, il a existé localement des coutumes (aspect général) et des statuts (aspect particulier). L'abbé Glory, passionné d'archéologie, se montre informé des canoniaux à l'étranger en particulier par des articles du « Archaeologic Journal » mais sans doute pas des ouvrages anglais fondateurs. En homme d'Eglise, il propose « cadran canonial ». J.Fort parle de cadran de chantier, mais alors pourquoi n'en trouve-t-on que sur les églises ?

L'expansion de l'empire romain et l'officialisation du christianisme par Constantin ont diffusé la religion chrétienne dans l'oecumène.

Les plus anciens canoniaux connus ont été découverts en Palestine en fouillant les ruines de monastères byzantins du VIème siècle ; comme ils ne sont pas plans, ils sont appelés hemicyclium (photos 2) ; ils ont 12 secteurs d'heures temporaires mais avec des marques particulières pour les heures canoniales. C'est comme un scaphe gréco-romain christianisé.



Photos 2 ►

Les auteurs britanniques ont été les premiers à publier des études sur leur vieux patrimoine gnomonique. Celui qui est considéré comme le fondateur de son étude est Dom Ethelbert Horne qui publia en 1917 « Primitive sundials or scratch dials ». Cadrans primitifs ou grattés pointent leur côté archaïque ou sommaire. Dom E.Horne n'est pas le premier Anglais à avoir décrit ce type de cadran ; dès 1840, des articles en décrivent mais c'est lui qui en verra l'unité, leur fonction, en commençant l'étude systématique. Arthur Robert Green, en 1926, écrit « Incised dials or mass clocks » ;

« incisés » n'est pas propre aux cadrans anciens et « mass » indique la fonction liturgique du cadran ; désigne-t-il la messe comme avait cru le comprendre un membre de la BSS à partir de la ligne de tierce parfois doublée ou trouée ou bien « mass » est-il à prendre dans le sens général d'offices, de services religieux, comme « missa » en latin ? Ce terme entretient alors la confusion entre l'office de la divine liturgie (la messe) d'avec la liturgie de l'Office divin (l'Opus Dei). A la lumière du contexte de prédominance vers 1900 de l'Eglise Réformée, cette confusion peut s'expliquer, tout office catholique étant nommé « mass ».

C'est Leo L.Gaye et Arthur Galpin qui parlent les premiers d'un « Saxon sun-dial » en 1912 ; Dom E.Horne les identifia aussi mais les regroupera parmi les « scratch dials ». C'est Arthur Robert Green, en 1928, qui en fera un groupe à part.

Les « Saxon sundials » sont les plus anciens ; appelés aujourd'hui « anglo-saxon dials », ils résultent de l'envahissement de la Bretagne insulaire au IVème siècle par des peuplades germaniques, les Angles et les Saxons. La destruction du premier christianisme

insulaire fut rapide et fit de l'Angleterre anglo-saxonne une terre de missions à partir de Rome et de l'Irlande, sur la demande des rois anglo-saxons ; l'extrême ouest gallois et le nord écossais, évangélisés par l'Irlande seule, échapperont à l'emprise anglo-saxonne. « Anglo-Saxon dials » ou « Saxon dials » sont des expressions commodes pour englober une réalité plus complexe car la « Saxon Bewcastle Cross » possède aussi un



Photos 3

décor celtique (photos 3) et que, par ailleurs, les influences jutes et danoises se sont mélangées à celles des Angles et des Saxons sans compter celles des peuplades autochtones, « celtic, irish, cornish, scottish and britain » !

Si c'est au VIIème siècle que l'évêque Wilfrid apporta sur l'île la Règle de St Benoît, ce n'est qu'en 747 que le rite purement romain fut adopté par toute l'Eglise anglo-saxonne. L'essor intellectuel anglo-saxon, qui au VIIIème siècle avait fait rayonner la culture latine et chrétienne sur le Continent grâce à l'essor des écoles northumbriennes et à l'autorité des maîtres comme Bède le Vénérable et Alcuin, sera brutalement interrompu par les invasions scandinaves à partir du IXème siècle.

La Germanie et la Bavière furent donc christianisées au début du VIIIème siècle par des missionnaires anglo-saxons sans que, curieusement, on y ait retrouvé des traces gnomoniques semblables.

En 1016, l'aristocratie scandinave supplante l'anglo-saxonne dont la culture dépérit. Beaucoup d'églises en bois sont incendiées et quelques cadrans anglo-saxons sauvés seront déplacés ultérieurement.

La période des cadrans anglo-saxons s'achève avec la victoire de Guillaume le Conquérant en 1066 contre Harold le Scandinave à Hastings ; ceci introduit une situation coloniale ; vers 1100, tous les abbés de maisons anglaises étaient d'origine normande. Les cadrans anglo-saxons qui avaient déjà beaucoup souffert des invasions scandinaves souffrirent à nouveau de la réaction des Normands au sursaut scandinave.

C'est grâce à la pénétration normande outre-Manche que l'Angleterre reçut un savoir éclairé par la tradition classique, transmis aux Normands eux-mêmes par des maîtres italiens – Guillaume de Volpiano, Lanfranc de Pavie). C'est à ce titre que les membres du « Mass Dials Group) pensent que leurs « scratch dials » proviennent du Continent. Il y eut en fait échange d'influences, Harding rédigeant par exemple la règle de vie cistercienne.

En 1154, Henri Plantagenêt devenait roi sous le nom d'Henri II, à la tête de l'empire anglo-angevin jusqu'aux Pyrénées. Les Aquitains, vassaux d'un duc qui était roi d'Angleterre, étaient cependant dans la nation française.

Pour l'Irlande : non colonisée par les Romains, elle a été christianisée au début du Ve siècle et développera un culte original, celtique, assuré par un clergé monastique. Albert Way, en 1858, le premier, a étudié les cadrans irlandais en les nommant « ancient sundials », expression qui sera reprise par l'Italien Mario Araldi dans le titre de son livre paru en 2000 ; il y distingue les cadrans de la période comprise entre les VIIème et XIIème siècles, pour parler ensuite de « scratch dials » entre les XIIIème et XVème siècles.

La première période se caractérise par des cadrans gravés sur des stèles (cippes) avec les lignes canonicales seules qui se terminent par une fourche à 3 dents ; M.Araldi les nomme aussi « monastic or canonical sundials » en référence au clergé monastique puisque l'absence de colonisation romaine n'avait pas créé d'urbanisme et que les monastères ruraux faisaient office d'évêchés.

Jusqu'à la fin du XIIème siècle, l'Irlande fut une sorte de monde à part ; au-delà, l'influence anglaise, avec la main mise d'Henri II d'abord sur l'Irlande orientale en 1171, se fit sentir et les « scratch dials » apparurent.

Pour l'Espagne : en 1986, José Luis Basanta, dans « Relojos de piedra en Galicia » parle des « canonicos » en référence à René R.J.Rohr. A la fin des années 80, Charles Aked, président de la BSS d'alors, demandait aux Espagnols M.Valdés et Lombardero de la Société « Analema » une étude sur les cadrans canonicaux de leur pays. L'ouvrage de M.Valdés en résulta en 1997 avec pour titre « Relojos de sol primitivos » et pour sous-titre « relojes canonicos o de misa », le dernier terme étant la traduction directe de « mass dials ».

Par « primitivos », M.Valdés entend les cadrans qui n'indiquent pas clairement les heures canonicales contrairement aux « canonicos ». Il ne faut pas voir dans « primitivos » une antériorité mais leur côté sommaire.

Une autre appellation, « singulares » relève de ceux qui ont des gravures incomplètes mais qui peuvent avoir un rapport au temps ou de ceux qui ont des traits au-dessus de l'horizon.

Un seul regard sur leur répartition sur une carte révèle d'emblée leur absence dans la moitié sud. L'occupation musulmane à partir de 712 jusqu'au XIIIème siècle et au-delà pour le royaume de Grenade paraît expliquer complètement cette absence ; il y eut pourtant, sous l'occupation musulmane, des chrétiens qui n'avaient pas fui, les mozarabes, et qui pouvaient continuer néanmoins d'exercer leur culte. Ce culte n'était pas rendu selon le rite romain mais hispanique, le wisigothique, avec parfois des coutumes byzantines. L'Eglise d'Espagne avait donc défini une liturgie propre avec des personnalités telles que Fructueux (modèle érémitique), Isidore de Séville (modèle communautaire), la Règle de St Benoît n'étant diffusée qu'au XIème siècle par les clunisiens d'abord en Catalogne du Nord, en Aragon, en Navarre puis en Castille et en Leon mais très peu en Galice, justement à cause d'un monachisme autochtone fortement attaché à ses traditions wisigothiques et aussi, selon M.Valdés, pour des raisons économiques.

Les mozarabes se servaient de « tables de pied » (rapport de 1 à 7 entre la longueur du pied d'un individu et sa taille) , mensuelles, pour connaître l'heure ce qui peut expliquer l'absence de canoniaux dans la moitié sud de l'Espagne.

La découverte en Galice, au IX<sup>ème</sup> siècle, d'un squelette qu'on croit être celui de St Jacques, va ouvrir le chemin du fameux pèlerinage qui deviendra international dans la 2<sup>ème</sup> moitié du X<sup>ème</sup> siècle et que les ermites, les différents ordres religieux vont aménager et sécuriser. Ce pèlerinage participera, comme la Reconquête de l'Espagne, à l'intégration de l'Espagne à la chrétienté médiévale.

En 1080, le concile de Burgos rend obligatoire le rite romain ; il y eut sans doute résistance et même désobéissance.

Aux XII<sup>ème</sup> et XIII<sup>ème</sup> siècles, les « traductions à 4 mains » (arabe, mozarabe, chrétienne et juive) des ouvrages fondamentaux de la science méditerranéenne enrichissent le savoir ; M.Valdés pense que les canoniaux espagnols s'arrêtent à cette époque.

Pour l'Allemagne : K.Schaldach et H.Rau emploient l'expression de « mittelalterliche sonnenuhr » qu'utilisaient Zinner en 1932 dans « Merkwürdige mittelalterliche sonnenuhren » puis M.Koubenec en 1967. Zinner reprenait probablement l'adjectif « mittelalterliche » de son compatriote G.Bilfinger qui publia en 1892 « Die mittelalterliche Hören und die modernen Stunden ». Ce terme strictement historique révèle peut-être la fusion particulièrement étroite en Allemagne au moyen-âge entre le politique et le religieux avec la création d'abbayes royales avant l'émiettement politique au XIII<sup>ème</sup> siècle.

Pour l'Autriche : K.Schwarzinger utilise la même expression. Je n'irai pas jusqu'à affirmer que cette identité d'expression entre Germaniques et Italiens, comme nous le verrons, s'origine dans le vieux fonds commun du Saint-Empire romain germanique !

Pour l'Italie : en attendant la sortie du livre de M.Arnaldi, des échanges avec l'auteur ont apporté des éclairages intéressants ; j'ai déjà évoqué le titre « Ancient Sundials of Ireland » qui montrait la résistance de M.Arnaldi à utiliser un adjectif fonctionnel. Beaucoup de ses articles s'intitulent « Orologio solare medievale » par accord de vue avec K.Schaldach et H.Rau.

Exceptions qui semblent Italiennes, il y existe au moins 3 cadrans médiévaux sur des bâtiments civils tel que le cadran du Ponte Vecchio à Florence, celui, peint, d'un palais de Cividale del Friuli et d'un autre à 6 secteurs sur un palais en Toscane ; cela reflète peut-être l'indépendance des communes.

Pour M.Arnaldi, avec « medievali orologi », on ne sait pas s'il y a ou non des heures canonicales ; si on parle de « canonico orologi », on exclut alors les cadrans avec toutes les lignes horaires.

Il critique donc les auteurs italiens qui parlent globalement de « canonico orologi » ou de « meridiane canoniche ». L'un d'eux a parlé de « medievali ora » pour les heures représentées mais il existe des cadrans semblables en Egypte antique ou faits par les Grecs et les Romains...M.Arnaldi préfère appeler ces heures « temporale ora » même si elles ne s'y assimilent pas mais parce que les moines pensaient qu'elles l'étaient.

« Medievali orologi » est donc une expression générique à laquelle M.Arnaldi ajoute « vertical-plan avec lignes radiales également espacées et éventuellement avec les heures canonicales seules ».

La lecture des cadrans à heures canonicales était de plus interprétée selon les saisons pour « lancer » les prières conformément à la Règle et ne commençaient pas nécessairement aux heures rondes.

En dehors du conflit Papauté/Empire, le sud de la péninsule offre des territoires sous influence orientale par migration des Grecs orthodoxes sous la poussée musulmane ; en 1985,

André Jacob évoque un cadran « byzantin » en terre d'Otrante ; celui-ci comporte des inscriptions grecques et d'autres, latines, illustrant au XIV<sup>ème</sup> siècle le déclin du grec dans le Salento méridional.

Il subsiste en Grèce de ces canoniaux qui relevaient de l'Eglise de Byzance ; E.Th.Theodossiou, Y.Kouris, V.N.Manimanis en 2004, puis en 2007 (BSS bulletins) avec P.Mantarakis et dans Compendium en 2007, parlent de « Byzantine sundials » avec chiffres-lettres grecs et 11 secteurs (photo 4) comme un quart environ des cadrans canoniaux arméniens sans qu'on comprenne vraiment ni pourquoi ni dans quel sens se lit l'influence, l'Eglise arménienne étant autocéphale.

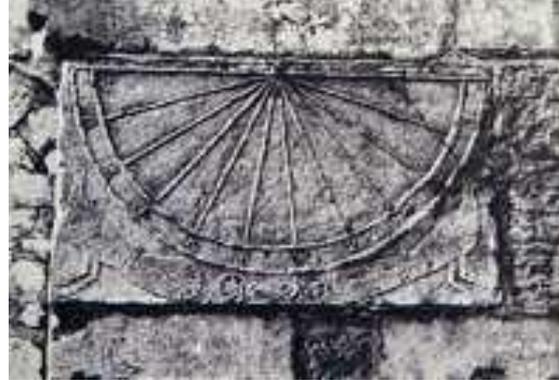


Photo 4 ▶

Pour la Hongrie : Lajos Bartha et Ms.Adrienne Buka dans un BSS bulletin de 1990 parlent d'un « medieval scratch dial » et L.Bartha encore avec le Dr.Szilvia A.Hollo, dans un BSS bulletin de 1995, d'un « medieval ecclesiastical sundial » ou encore d'un « greek catholic ecclesiastical sundial ».

Pour l'ex-Yougoslavie, Milutin Tadic, dans un BSS bulletin de 1999 parle d'« old sundials », l'un en Serbie avec les 12 signes cyrilliques, l'autre en Croatie dont la pierre a la forme demi-circulaire creuse sur socle à la hauteur de la toiture d'un monastère. Dans un autre article de 1997, M. Tadic parle de « Dalmatiniche Halben Hohlkalotten Sonnenuhren ».

Pour la Norvège, Johan Anton Wikander étudie les « soluret » horizontaux qu'il traduit dans ses résumés par « mass dials » et les « kompassrosen » tous deux gravés sur les rochers de la côte.

La multiplicité des appellations selon les langues et même dans une même langue révèle autant notre ignorance que l'absence de fait unitaire derrière ces vocables. Les différents termes que les Européens utilisent, s'ils sont consacrés par l'usage de la part des gnomonistes, ne peuvent être de bons outils pour une étude fine. Leur commodité se révèle simpliste, réductrice. Se dispersant dans toute l'aire de la chrétienté médiévale, ils donnent un peu trop facilement l'impression d'une certaine unité. Leur description rend leur perception plus nuancée, moins globale, même si on retrouve dans toute l'Europe des canoniaux qui peuvent être semblables et dans une aire restreinte une dissemblance entre eux. Le contexte local historico-religieux peut éclairer leur compréhension au sein de la plus vaste histoire spirituelle. Le Moyen Age ne connaît pas le « formatage » et s'accommode mieux sans doute d'une large culture que d'outils statistiques.

Je tiens à remercier M.Arnaldi, M.Valdés, A.Wikander et T.Wood pour leur éclairage.





## 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.*

\* 1429 Route des Bornes – 74350 MENTHONNEX-EN-BORNES – [jo.theubet@sunrise.ch](mailto:jo.theubet@sunrise.ch)

***Avertissement :** Comme il s'agit d'un texte très technique, la traduction française a été réalisée par des personnes de bonne volonté mais non professionnelles, raison pour laquelle nous vous demandons toute votre indulgence. L'original en italien, en format pdf, peut être consulté sur le site :*

<http://www.ilpaesedellemeridiane.com/seminario/atti/PDF/Relazione%2026.pdf>

**XIIIe Séminaire National de Gnomonique à Lignano(It.), mai 2005**

### Décoration peinte des cadrans solaires sur crépi

**Ennia Visentin**

du Centre d'Étude et de Recherche Artistiques de Pordenone (It)

La décoration des cadrans solaires a représenté, historiquement, une façon d'exprimer la culture et l'esprit artistique d'un peuple. Aujourd'hui, grâce aussi à la disponibilité de nouveaux produits, nous pouvons, sur la base des précieux renseignements hérités du passé, augmenter la potentialité que cet « art mineur » autorise.

Cet exposé veut offrir une synthèse générale sur les principales techniques décoratives et sur les matériaux utilisés dans la décoration murale, en utilisant les techniques anciennes et modernes.

Une vision d'ensemble de la mise en commun des divers éléments de gnomonique et leur application pratique est nécessaire pour l'exécution d'une horloge solaire complète. Les cadrans solaires, œuvres simples servant à marquer le temps, sont devenus des œuvres d'art élégantes et raffinées.

Laissant au lecteur la totale liberté d'exprimer sa propre créativité, nous cherchons donc à personnaliser les éléments fondamentaux qui caractérisent leur décoration avec des techniques qui traduisent les caractéristiques des traditions picturales des diverses régions qui inventent de nouvelles expressions décoratives.

Il faut éviter, le plus possible, de donner l'impression que notre œuvre est étrangère à l'environnement concernant les formes, les dimensions et les matériaux. Nous cherchons donc à respecter le rapport des proportions avec l'espace architectonique, tant dans les dimensions que dans la forme.

Quel que soit l'éventuel recadrage peint, corniche simple ou frisée, elle doit tendre à relier l'œuvre à l'espace qui l'accueille. Dans ce but, on peut, par exemple, rappeler des motifs architectoniques comme des corniches ou des consoles, ou des matériaux, comme des pierres, des terres cuites, des marbres polychromes présents dans la structure.

Le choix de la pose du cadran sur le mur est mis en valeur par le fait que l'espace établi soit dégagé de tout obstacle : fenêtres, corniches ou autres. On veillera à ce que les ombres de

toitures, avant-toits, édifices proches, ornements urbains, enseignes et branches d'arbres ne se projettent pas sur la paroi à n'importe quelle période de l'année.

## ÉLÉMENTS GRAPHIQUES

La forme et les dimensions étant établies, on procède à l'insertion des éléments qui caractérisent, d'un point de vue technique, le cadran solaire.

Grâce à des calculs opportuns, le gnomoniste tracera, sur cet espace, une ligne méridienne centrale, correspondant au passage du Soleil à la ligne horaire de midi. Il marquera ensuite les lignes qui se réfèrent aux autres heures du jour, sur la base de la déclinaison de la paroi en question.

Les lignes horaires peuvent se disposer de diverses façons, selon le système de mesure du temps, adopté, par exemple aux heures canoniques, italiques, françaises (*heures solaires classiques-ndt-*), etc.

Souvent, nous trouvons aussi d'autres indications :

- La ligne du solstice d'hiver indique la hauteur minimum atteinte par le Soleil. Elle est placée en hauteur et a une forme hyperbolique.
- La ligne équinoxiale divise l'année en deux parties identiques : printemps et automne et est placée transversalement.
- La ligne solsticielle d'été indique la hauteur maximale atteinte par le Soleil. Elle est placée en bas et a, elle aussi, une forme hyperbolique.
- Les signes zodiacaux donnent des indications sur les saisons et sur le calendrier.
- Le style polaire ou gnomon est l'indicateur pour la lecture du cadran solaire.
- Le tableau de l'équation du temps représente la différence entre le temps indiqué par l'horloge solaire et celui conventionnellement lu sur nos horloges.
- La courbe en huit est la représentation graphique de l'équation du temps.

## ÉLÉMENTS DÉCORATIFS

Sur la base du positionnement de tous ces éléments, nous pouvons commencer le développement de l'ornement décoratif qui, au début, est proposé en maquette.

Parfois le sujet de la décoration est suggéré par le propriétaire lui-même, par exemple en proposant la représentation de scènes de vie qui le concerne directement (un événement particulièrement heureux, une profession curieuse, un lieu cher, un passe-temps vécu avec passion...) Dans d'autres cas, le sujet est déterminé par des éléments historiques, culturels (souvenirs particuliers, célébrations religieuses, présence architectonique qui caractérisent le lieu, etc.).

Les sujets de la décoration peuvent être enrichis et « renforcés » par une maxime, c'est-à-dire par une devise, ayant une signification emblématique et particulièrement significative.

En fonction de facteurs tels que le goût personnel, l'ambiance, le contexte de la scène peinte et l'espace à disposition, la plus grande peut avoir une nature philosophique, religieuse, ou ludique, ou allégorique, exprimant des métaphores sur la signification de la vie ou simplement en puisant des citations de personnages importants.

Dans la gnomonique classique, la langue de référence des devises est le latin, utilisée pour son caractère concis et quasi hermétique. Dans les cadrans solaires de construction récente, c'est plutôt la langue vernaculaire qui est utilisée. On trouve aussi des expressions de sagesse populaire rapportées par les différents dialectes régionaux.

Un bon équilibre de tous les éléments représentés dans la décoration est conditionné essentiellement dans le but d'atteindre la perfection, tant sur le plan esthétique que sémantique.

Des espaces trop chargés peuvent générer la confusion, rendant l'ensemble difficile à lire, d'autre part des ornements sans consistance peuvent déprécier l'œuvre.

## **TECHNIQUES ET MATÉRIAUX UTILISÉS**

Une fois réalisée, la maquette qui reproduit à l'échelle le cadran solaire complet dans ses dimensions, formes, techniques, thèmes, ornements ou autres, on procède à la réalisation du cadran sur la paroi.

Souvent la décoration d'un cadran solaire est tracée après que la façade ait été préparée, influençant ainsi le choix des matériaux à utiliser qui doivent être compatibles avec ceux utilisés pour le plâtre.

Il est important de connaître la composition du support pour estimer le type d'interventions possibles et successives, à moins qu'on ne décide de recréer l'espace choisi pour créer une nouvelle œuvre et donc d'utiliser la technique appropriée.

Rappelons-nous que les édifices sont construits et peints selon des techniques traditionnelles

– et ceci est une bonne opportunité pour estimer avec un maximum de respect ce qui est préexistant – et qu'il est indispensable d'évaluer au mieux les matériaux et les techniques appropriés pour chaque intervention. On opte soit pour une philosophie de continuité, soit pour une dialectique entre le passé et le présent.

Les anciennes techniques de peinture utilisées pour les cadrans solaires ont montré, au cours des siècles, différentes caractéristiques, qui, par leurs qualités et leurs défauts, laisse le témoignage d'une grande maîtrise de la technique picturale dans le choix des matériaux.

En ce qui concerne toutes les techniques de peinture et les matériaux mis au point dans les cinquante dernières années, nous avons à notre disposition une expérience limitée dans le domaine des applications, peut-être trop brève pour pouvoir établir, avec certitude, leur réelle validité.

Parmi les techniques de peinture, les plus traditionnelles et anciennes, nous trouvons :

- la fresque
- la gravure

Parmi les techniques de peinture avec des matériaux modernes, nous trouvons :

- les peintures au silicate
- les peintures acryliques
- les peintures silossaniques

## **FRESQUE**

La fresque est une technique qui consiste à appliquer un crépi, composé le plus souvent de chaux éteinte et de sable, appliqué légèrement et encore frais, d'où le nom de fresque.

Les pigments pour la plupart naturels sont dissous et dilués dans une seule eau. La couleur pénètre dans le crépi, l'eau s'évapore et, grâce à un procédé chimique (carbonisation), l'anhydride carbonique de l'air transforme la chaux éteinte en carbonate de calcium.

Durant cette réaction chimique, la couleur est intégrée dans le crépi et cristallisée, formant ainsi un tout avec lui.

On augmente ainsi la brillance et la transparence de la couleur, la compacité et la dureté du support à peindre.

Il est nécessaire d'éviter de peindre avec le pinceau pendant un certain temps après l'application du crépi, dans la mesure où la peinture se mélangerait au mortier. Ce temps d'arrêt est déterminé par une série de facteurs techniques et climatiques : exposition solaire, ventilation, saison, humidité du lieu, épaisseur des supports.

Le mieux est d'attendre que l'eau utilisée pour le mélange des composants de la chaux pénètre dans les diverses couches du badigeon, laissant ainsi libres les « pores » de la surface. De cette façon, l'eau utilisée pour diluer le pigment est absorbée par le badigeon durant l'exécution picturale, afin de permettre à la couleur de se déposer en surface.

Quand le support n'absorbe plus l'eau étendue avec le pinceau, on vérifie la couleur qui indique que l'eau précédemment infiltrée retourne vers la surface en phase d'évaporation.

Quand le crépi commence à sécher, la chaux éteinte se transforme en carbonate de calcium. Si on continue à peindre, la couleur peut tomber en poussière, étant liée trop faiblement à la surface peinte.

Comme le temps disponible durant lequel on peut travailler est très limité, il est conseillé de procéder par petites portions de crépi.

La technique de la fresque demande donc l'œil du maître et une exécution rapide. Les couleurs changent de tonalité. Le dessin nécessite une préparation adéquate et en cours d'exécution, il est conseillé d'éviter les retouches.

## INGRÉDIENTS DE LA FRESQUE

### Pigments

Pour la fresque, tous les pigments ne peuvent être utilisés. En effet, la causticité de la chaux « attaque » le pigment et, dans certains cas, il en altère les caractéristiques chromatiques.

Ces types de pigments sont utilisés à sec, mélangés avec du liant et étendus sur la surface quand le procédé de carbonisation est complet.

Dans la fresque, le pigment doit donc être stable à la lumière et à l'action caustique de la chaux. Il doit se mélanger parfaitement avec l'eau et la chaux. Il ne doit pas se décomposer s'il est mélangé avec d'autres couleurs.

Les couleurs en poudre sont dissoutes avec un peu d'eau et laissées dans des récipients fermés, quelques jours avant leur utilisation.

Les pigments les plus connus sont :

**Blancs** : Blanc Saint Jean - Blanc de Titane

**Jaunes** : Ocre jaune - Terre de Sienne Naturelle - Terre de Sienne Brûlée

**Rouges** : Ocre rouge - Rouge de pouzzolane - Rge Vérone - Rge Venise - Caput Mortum

**Verts** : Vert Vérone - Vert de chrome

**Bleu** : Bleu cobalt - Bleu clair

**Bruns** : Terre d'ombre naturelle - Terre d'ombre brûlée - Terre de Kassel

**Noir** : Noir raisin - Noir d'os - Terre noire de Venise

### Liants

Dans la peinture de la fresque, on utilise comme liant la chaux éteinte ou la chaux aérienne.

Idéale pour la fresque, la chaux maintient ses capacités adhésives et, en même temps, présente peu de causticité.

### Matériaux inertes

Ceux principalement utilisés sont :

- le sable de rivières
- la pouzzolane, matériau d'origine volcanique, avec des caractéristiques cimentantes qui donnent des propriétés hydrauliques et une plus grande résistance au mortier

- le carbonate de chaux (poudre de marbre), dérivant de la mouture des roches calcaires qui créent une superficie compacte et résistante.
- l'argile cuite pilée.

## **Eau**

L'eau doit être privée de substance acide. La meilleure est l'eau potable, utilisée à température ambiante.

## **REALISATION DE LA FRESQUE**

La peinture à fresque nécessite un bon support mural sans poussière et arrosé abondamment.

La première couche qui le recouvre, appelé « rinzaffo », est composée d'un mortier de sable grossier et de chaux, d'une épaisseur de 1 à 2 cm.

Quand il est sec, on étend la seconde couche, « l'arriccio », crépi de sable moyen et de chaux (rapport 2.1.) d'une épaisseur de quelques millimètres, qui est appliqué à l'aide d'une taloche en bois.

La troisième couche –généralement la dernière – appelée « voile », est composée de sable fin et/ou de poudre de marbre et de chaux (rapport 2 :1), d'une épaisseur de quelques millimètres.

Même, dans ce cas, on travaille avec une taloche ou une éponge.

De trop grandes épaisseurs peuvent créer des craquelures pendant le séchage.

Entre chaque couche, la surface doit toujours être mouillée. Le voile est étalé sur une surface correspondant à une journée de travail. Les bords sont taillés obliquement pour faciliter le raccord entre les portions du crépi à exécuter les jours suivants.

Le dessin, préalablement reporté sur papier en grandeur nature, est tracé sur l'enduit grâce à deux techniques : au pochoir ou à l'incision.

Le pochoir consiste à pratiquer des petits trous dans le papier, le long du contour du dessin qu'on appuie sur l'enduit, et à tamponner avec un sachet d'étoffe contenant du colorant en poudre.

L'incision consiste à entailler, avec un instrument pointu, les contours du dessin après avoir posé le papier sur l'enduit frais.

Le support est alors prêt à être peint.

## **REALISATION DE LA GRAVURE**

Pour réaliser la gravure, on opère comme pour la fresque, en appliquant la couche en rond, sur laquelle on applique successivement un crépi coloré qu'on laisse sécher complètement.

On mouille alors la surface et on applique une seconde couche de couleur différente de la première (ou d'un voile de chaux éteinte).

En appliquant le dessin au pochoir ou par la gravure, on élimine la ou les dernières couches de crépi en utilisant des outils tels que grattoirs ou poinçons.

On réalise des dessins, monochromes, avec un effet clair-obscur très intense, ou polychrome, résultat de plusieurs crépis colorés différemment, dans le but d'obtenir des effets de couleurs particulièrement contrastés.

Dans le passé, la couche du crépi de base contenait du charbon moulu, tandis que la couche supérieure était à base de carbonate de calcium ou argile pilé.

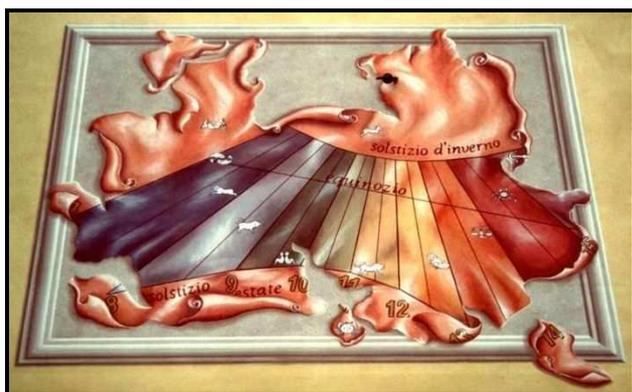
Comme pour la fresque, les pigments utilisés pour la gravure doivent être stabilisés à la chaux et le temps de réalisation est limité par le processus de prise.



## PEINTURE AUX SILICATES

Cette peinture connue aussi comme peinture minérale, a été inventée et perfectionnée vers la moitié du XIX<sup>e</sup> siècle par A. W. Keim, en Allemagne.

Les silicates de sodium ou de potassium ont été utilisés pour lier et fixer les couleurs (poudres minérales). Ils forment un corps unique avec le crépi lorsqu'ils sont composés de ciment et de sable (tous deux de nature silicique), ou d'une chaux compatible avec les silicates, tous deux de nature basique.



Cette technique rappelle beaucoup la fresque. En fait, elle ne forme pas une pellicule sur la surface crépie, mais elle cristallise à l'intérieur, avec la différence que la peinture aux silicates est étendue sur une surface complètement asséchée.

Il est bon de rappeler que le crépi de chaux achève totalement sa prise en six mois et le crépi en ciment en un an.

Les couleurs sont résistantes à la lumière et à l'agression des agents

atmosphériques ce qui permet une bonne « transpiration » de la surface peinte.

Elles sont surtout utilisées dans les lieux où on peut observer de grands écarts thermiques.

Les possibilités d'emploi vont des façades de grandes dimensions à de petits espaces peints, allant de tonalités très sombres à très claires.

La peinture est irréversible une fois sèche. Il est donc opportun de protéger les zones qui ne doivent pas être peintes. Il faut prêter une attention particulière aux parties en métal, céramique, verre et pierres naturelles, qui pourraient se trouver proches de la zone à peindre.

La caractéristique qui rend le silicate particulièrement apprécié est le fait que les matériaux traités avec cette substance deviennent ignifuges, du fait qu'ils carbonisent sans s'enflammer en cas d'incendie.

## PEINTURE ACRYLIQUE

Les acryliques sont des couleurs composées de pigments inorganiques, avec un liant à base de résines acryliques. Ils ne pénètrent pas dans le crépi, mais forment une pellicule en surface.

Utilisées sur une vaste échelle au cours des trente dernières années, la diffusion de ces couleurs a été favorisée par l'emploi facile et rapide à sécher, solubles dans l'eau et adaptées soit pour l'exécution de décorations avec la technique du « stencil », soit pour des techniques décoratives peu sophistiquées.

La vaste gamme de couleurs prêtes à l'emploi demande, pour son utilisation, une simple dilution dans l'eau. Dans le cas de retouches, il est possible d'éliminer la partie qui vient d'être peinte avec une éponge humide.

Il est important de savoir que ces matériaux n'ont pas, en extérieur, une grande durée de vie. Ils peuvent se décolorer et s'abîmer à cause des agents atmosphériques.

## PEINTURE SILOSSANIQUE

Les couleurs à base silossanique sont, comme le nom l'indique, composées d'une résine silossanique (polymère siliceux à haute capacité de perméabilité) et de pigments inorganiques.

L'humidité présente dans les murs va vers l'extérieur, et comme l'absorption de l'eau de pluie est limitée, la surface est maintenue plus sèche, ce qui limite la formation de moisissures et de substances organiques.

Le rendu esthétique est semblable à celui obtenu avec les peintures à l'eau ou acryliques.

*Site : [www.enniart.it](http://www.enniart.it)*

*Traduction : Andrée Gotteland, J. Pansier, M. et J. Theubet*

## Roue de brouette

de Pierre Joseph Dallet

*Méridienne à la tronçonneuse pour une roue de brouette ! Adaptation d'un texte de DALLET P J avec son autorisation.*



**Localité :** La Besse (Corrèze). -Latitude : 45°36'  
– Longitude : 2°26'

### Matériaux de fabrication

Une vieille roue de brouette complètement rouillée, posée sur la souche d'un vieil arbre abattu à la tronçonneuse.

En réalité la roue de brouette, de 450 mm de diamètre, fut poncée et repeinte couleur rouille. En blanc, les lignes et les chiffres des heures. Le style, un tube d'un diamètre de 18 mm, est en acier inoxydable et peint. Longueur de l'axe : 740 mm. Sa partie visible est de 255mm de chaque côté de la roue. L'arbre était

creux par endroit. Le terreau des creux a été dégagé. Pour empêcher la pourriture du bois, ceux-ci ont été obturés avec du mortier blanc coloré en vert par de l'oxyde de chrome. La souche a été enduite au chiffon d'un vernis à bateaux.

### Mode de réalisation :

Aplanir grossièrement la souche à l'aide d'un rabot ou d'une ponceuse. Placer deux fils à un point d'accrochage haut, au NORD de la souche : un fil à plomb vertical et un fil atteignant le SUD de la souche par une inclinaison d'environ 45°, celle de la latitude.



Au temps de passage (à quelques secondes près !), tracer une méridienne lorsque l'ombre du fil incliné couvre celle du fil à plomb. Il faut marquer deux ou trois points et tracer une ligne. D'un coup de tronçonneuse, creuser la méridienne de 5 cm environ. Nous obtenons ainsi la « Méridienne verte de la Besse » !

Monter un canon de perçage : une planchette horizontale, et une planchette verticale. Le tube, canon de perçage, sera fixé sur la planchette verticale. Le foret de perçage sera contenu dans un plan NORD/SUD parfaitement vertical, formant avec un plan horizontal un angle égal à la latitude du lieu. On creusera un trou polaire à l'aide d'un foret mu par une perceuse. Planter le style dans le trou ainsi obtenu. Il

sera ainsi parfaitement positionné.

**Renseignements procurés par le cadran:** Temps légal. Comme la roue tourne, il faut la mettre à l'heure avec une horloge ou bien placer le Temps de Passage sur la méridienne.

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

Une Table des Temps de Passage (octobre 2009 à décembre 2010), obtenue avec le logiciel AlgoSola.

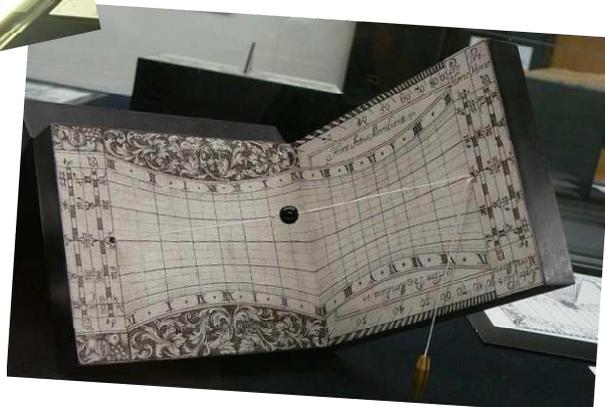


## Exposition sur Johannes Gaupp



*Maurice KIEFFER et Francis REYMANN ont visité l'exposition Johannes Gaupp (théologien, gnomoniste... 1667-1739) à l' "Universitätsbibliothek" de Bâle*

Info de J. Theubet: A cette occasion, un catalogue en Allemand a été publié par les éditions Schwabe avec beaucoup de photos de CS. Prix CHF 28.-, soit 19,50 € (+ port), site ▼



<http://www.schwabe.ch/k2/pages/support/view.asp?k2dockey=C%3A%5Cinetpub%5Cwwwroot%5Cschwabe%5Cdocs%5Cbooks%5C26114.html%40schwabe&serverSpec=schwabe03:9920&querytext=&OrigQuery=&QueryParser=Simple&logTitle=&dtype=3>



## 37 cadrans, 6 abaquages, 4 tables

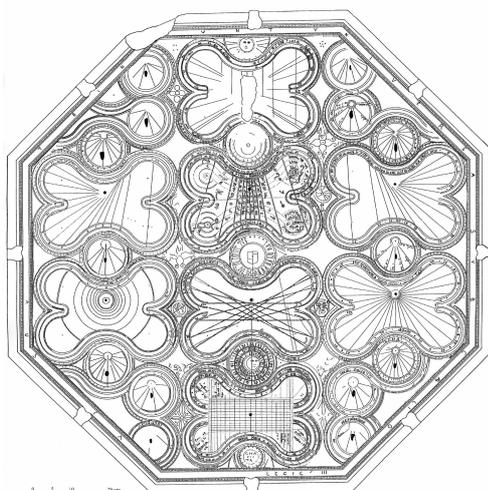
Par Michel Ugon

*Il reste très peu de tables gnomoniques en France, bien qu'elles aient été utilisées assez couramment dans les monastères du Moyen-âge. Ces tables horizontales sont intéressantes car elles comportent un certain nombre de cadrans solaires et d'autres éléments qui témoignent des savoir-faire astronomiques et géographiques d'une époque.*

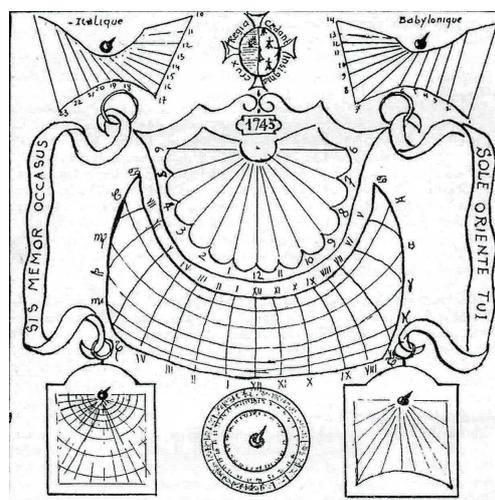
Comme personne jusqu'à ce jour n'a pu déterminer les auteurs de ces tables, ni parfois leur date de création, il est intéressant de se pencher sur les analogies et les différences observables sur celles qui subsistent. Avant de poursuivre, rappelons les textes publiés qu'il est bon d'avoir en tête avant cette lecture:

- L'étrange table de Château Saint-Julien sur la commune de La Celle (Var) – (voir l'article de Michel Ugon et Paul Gagnaire dans C.I N° 19 de mai 2009)
- La table de Sarzeau conservée au musée de Vannes (Morbihan) – (voir l'article de l'auteur dans ce C.I. N° 20 d'octobre 2009)
- La table conservée dans l'église de Saint-Mars-sous-Ballon (Sarthe) – (C.I N° 20)
- La table du château de Rosanbo à Lanvellec (Côtes d'Armor)- Cette œuvre a été dérobée en 1988, mais elle a été heureusement étudiée auparavant par notre collègue Jean-Paul Cornec.
- Extrait du BSPM (*Bulletin de la Société Polymathique du Morbihan*) 1998 tome CXXIV, pp 99 à 106 de R.Majendie « Le cadran solaire de Vannes » .
- Extrait du BSPM 1963 p.v. pp 23 à 25- communication de M. Hourrière.
- Cadran solaire en l'église de Saint-Mars-sous-Ballon – Paul Deciron: Sciences et Arts n° 627 – 1987
- Cadran horizontal sur mur vertical à l'intérieur de l'église de St-Mars-sous-Ballon (Sarthe)- Etude faite par Alain Ferreira, Club Chavillois d'Astronomie- 2008
- La table de Saint-Mars-sous-Ballon (C.I N° 20)

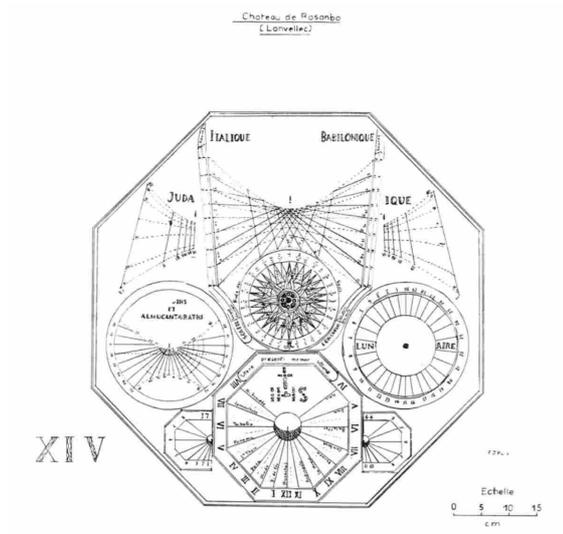
Voici les illustrations rappelant les tables de St Julien, Sarzeau, Rosanbo et St-Mars :



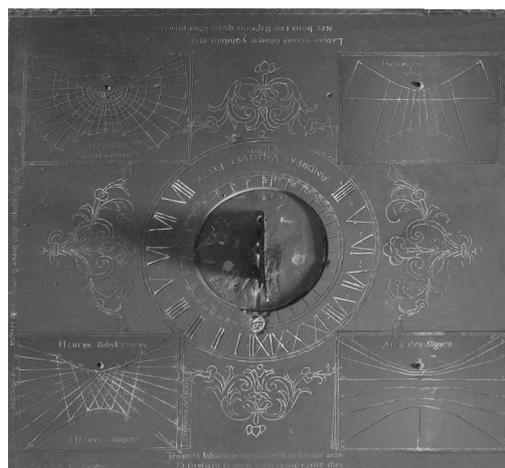
Saint Julien



Sarzeau



Rosanbo



Saint-Mars-sous-Ballon  
(cliché reconstitué)

L'ensemble des analyses faites sur ces quatre tables a montré que les 37 cadrans solaires et les 6 abaques étaient justes.

D'autres tables ont été trouvées, notamment celle du couvent des Ursulines à Angers, mais à ce jour aucune d'entre elles, à notre connaissance, n'a donné lieu à des vérifications gnomoniques.

On en retrouve les divers éléments dans le tableau ci-dessous qui donne les repères matriciels des emplacements des divers motifs:

type ↓	lieu →	Saint Julien	Sarzeau	Rosanbo	Saint Mars
Cadran judaïque		M3 +astrologie	-----	G1 – D1	D1
Cadran italique - babylonique		D4 – G4	G1 – D1	M1	G3
Azimuts & hauteurs		G6 – D6	G4	G2	G1
Courbes dates		M1	M3	----	D3
Calendrier lunaire		M2	----	----	----
Convertisseur lunaire		M6	M4	D2	M2
Lieux à Midi		D1,G1,D5,G5,D9	D4	M3	----
Lieux à Minuit		D2,G2,D8,G8,G9	----	----	----
Cadran stéréographique		----	M3	----	----
Astrologique ascendants		M5	----	----	----
Abaque d'arcs diurnes		M7	----	----	----
Dates indiquées		?	1743	1744	1699

Il faut noter que pour les divers lieux concernés, toutes les longitudes ont pour méridien d'origine l'île de Fer, ce qui confirme la période et les dates indiquées.

A partir du tableau précédent et des études réalisées, on peut faire les remarques suivantes :

### **1 - la table du château Saint Julien :**

Comme on pouvait s'y attendre, cette table de Saint Julien est de loin la plus complète puisqu'elle possède 28 motifs dont 21 cadrans solaires différents et 3 abaqués. En outre, c'est la seule à notre connaissance dont les tracés s'appuient sur des pointillés très précis gravés autour de chaque motif. Elle possède des cadrans astrologiques et donne l'heure de près de 65 lieux de la planète !

L'état très dégradé de cette table et les nombreux textes latins écrits en caractères gothiques (que nous n'avons pas pu déchiffrer en totalité) nous ont orienté vers une réalisation de la deuxième moitié du XVII<sup>e</sup> siècle. Ce serait donc la plus ancienne des quatre tables.

Sa facture unique, sa complexité et ses tracés sans aucune erreur ne peuvent être l'œuvre que d'un ecclésiastique érudit exceptionnel, très probablement de l'ordre des Minimes, plus ancien et différent des autres gnomonistes. Malgré le très petit nombre de ces érudits à cette époque, il ne nous a pas été possible pour l'instant d'en trouver l'auteur.

### **2 - Tables de Sarzeau et Rosanbo :**

Ces deux tables étaient situées en Bretagne sur deux longitudes très voisines et ont été réalisées à une seule année d'intervalle.

En sus de l'heure solaire de leur lieu respectif, elles donnent toutes deux les heures italiques et babyloniennes, les azimuts et les hauteurs du Soleil et comportent un convertisseur lunaire. Ces deux convertisseurs peuvent paraître semblables, mais ils diffèrent par une caractéristique essentielle : Celui de Sarzeau est dans le sens horaire tandis que celui de Rosanbo est dans le sens inverse. Les différences entre ces deux tables (cadrans judaïque et stéréographique, courbes de dates, sens des convertisseurs ) correspondent peut-être à des souhaits des commanditaires, notamment pour les villes choisies à Sarzeau qui semblent bien être des destinations portuaires lointaines auxquelles rêvait un ancien marin nostalgique. Quand à celle de Rosanbo, elle est centrée sur une rose des vents...

Malgré leurs réalisations assez différentes, peut-on en conclure qu'il s'agit du même auteur ?

C'est probable, mais on est quand même en droit d'en douter.

### **3 – la table de Saint-Mars-sous-Ballon :**

Cette œuvre de la Sarthe a été réalisée en 1699, soit plus de 40 ans avant les deux autres.

Elle est réalisée sur une ardoise et possède également un cadran judaïque, un cadran italo-babylonien et un cadran d'azimuts et de hauteurs du Soleil. Cependant, on note des désignations très différentes des deux cadrans d'azimuts. En outre, c'est la seule dont le convertisseur lunaire central nécessite une rotation d'un plateau supportant le style polaire.

Les différences observées et la date de réalisation plaident plutôt en faveur d'un gnomoniste différent des deux précédentes. Cependant, il n'est pas interdit de penser que son concepteur était le maître des deux autres.

### **Conclusion (très provisoire) :**

Les quatre tables ont probablement été conçues et réalisées par des auteurs différents qui se sont succédés depuis la deuxième moitié du XVII<sup>e</sup> siècle jusqu'au milieu du XVIII<sup>e</sup>. Il est possible que la table de Saint-Mars-sous-Ballon ait servi de modèle pour celles de Sarzeau et de Rosanbo, à moins qu'elle partagent le même maître.





## Le secret de St-Romain (2<sup>ème</sup> partie: la statue)

Par Michel Ugon

*Dans la première partie, en étudiant les chiffres dissimulés dans la fresque de la première ouverture du mur Sud, nous avons vu que ces nombres sont en réalité ceux des lignes horaires d'un cadran solaire ancien à style polaire qui indiquait les heures où le soleil éclairait totalement les fenêtres de ce mur. De surcroît, l'architecte a orienté les parois Est de ces ouvertures dans le plan méridien, de telle façon que le soleil y pénètre toujours à midi quelle que soit la saison.*

*Nous avons alors émis l'hypothèse que ces rayons solaires pouvaient éclairer une statue de Saint-Romain judicieusement placée à l'intérieur de l'église. Or nous apprenions presque en même temps qu'une telle statue existe bel et bien...*

### 2 – La statue de Saint-Romain à Molines en Queyras

Cette église si pittoresque de Molines-en-Queyras, classée monument historique, nous cacherait-elle donc un autre secret ?



Un texte, à l'intérieur de l'église, nous rappelle qu'il s'agit du Saint Romain martyrisé à Antioche en 303 et fêté le 18 novembre.

Nous commençons à nous interroger, tandis que les recherches actives de Paul Gagnaire dans la base de donnée gouvernementale donnèrent un premier résultat qui fût confirmé par le cliché ci-dessous ; La statue est située dans une niche en hauteur à gauche d'une porte :

Le fait que cette statue soit dans une niche ouvragée encastrée dans le mur est important car il est très probable qu'elle s'y trouve depuis une date très ancienne, voire dès la construction de l'église.

Muni de ce premier renseignement, nous avons étudié à quelles conditions une telle statue pouvait être éclairée par le Soleil à travers la fenêtre au cadran, ou sa voisine. (arbitrairement

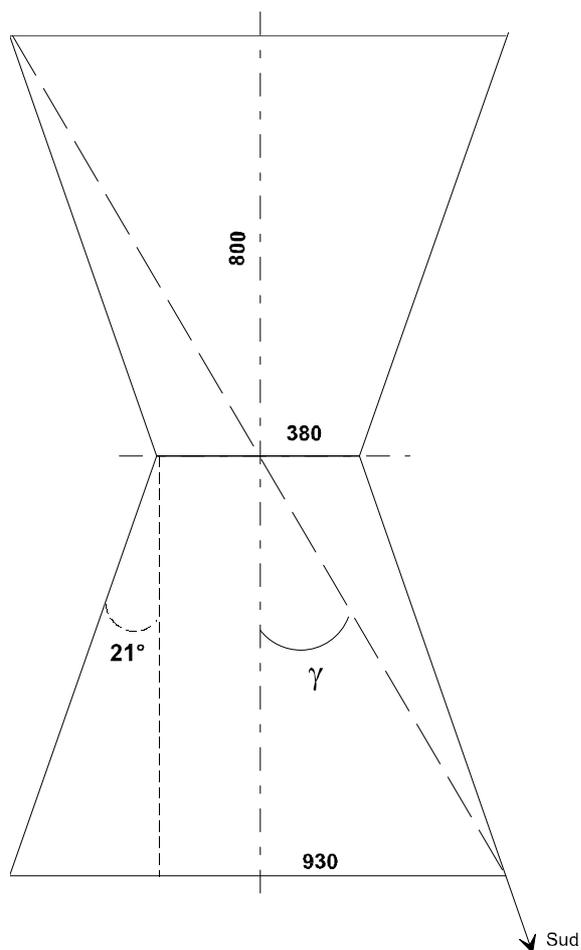
numérotées fenêtres n° 1 et n°2)

Dans un premier temps, la méconnaissance des dispositions intérieures nous a conduit à étudier la trajectoire d'un rayon de soleil passant par le haut d'une de ces premières fenêtres, à environ 2,70 mètres du sol . Nous verrons que ceci nous sera utile par la suite.

Il faut remarquer que l'éclairage des fenêtres Sud commence bien avant midi et se termine toujours avant 16H car les rayons limites correspondent aux bords des deux sections trapézoïdales des fenêtres, et non aux petits cotés d'un trapèze (figure 1).

Il y a trois phases d'éclairage:

Phase	Azimut de début	Azimut de fin
1-Eclairage partiel	- 10°	0°
2-Eclairage total	0°	+42°
3-Eclairage partiel	+42°	+51°



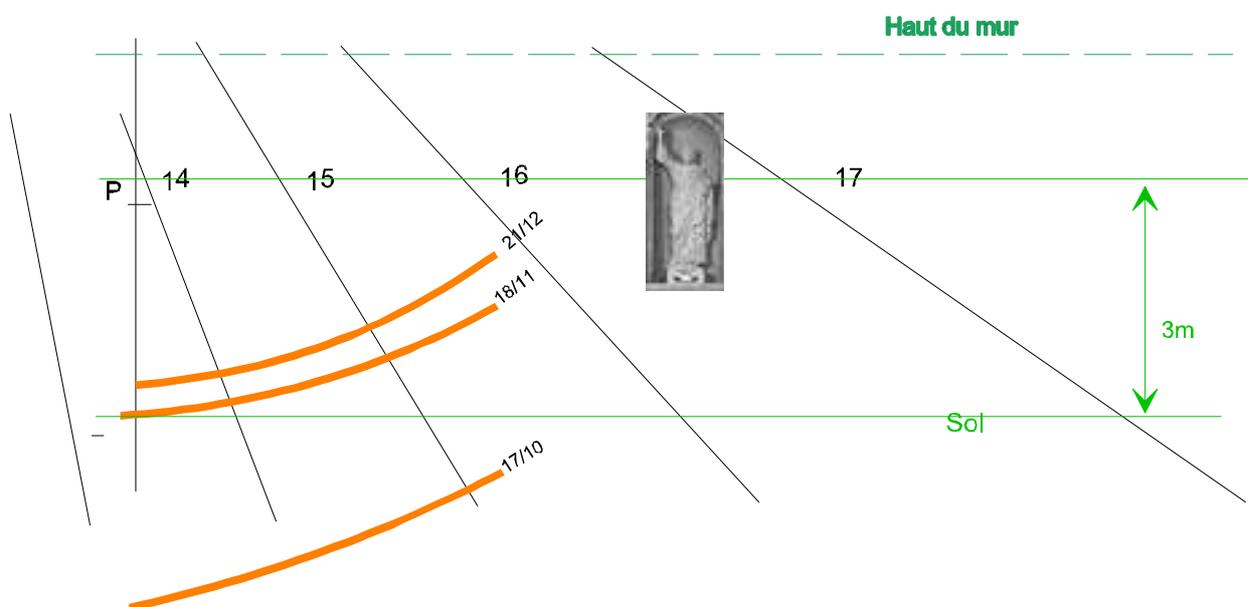
L'azimut de balayage varie donc pratiquement de  $-10^\circ$  à  $+51^\circ$ , et non pas de  $0^\circ$  à  $+42^\circ$  car cette plage correspond seulement à la phase d'éclairement total des fenêtres.

Nous considèrerons ici que la largeur de la nef est de 8 mètres environ. Dans ces conditions, la figure 2 montre les différentes trajectoires (courbes en orange) d'un rayon sur ce mur Nord, passant par un point P situé en haut et dans l'axe de la fenêtre considérée.

*Nota : Dans toutes les figures, les heures indiquées sont des heures solaires locales. Le point P est la projection du haut de la fenêtre sur le mur.*

◀ Figure 1 : Coupe horizontale d'une fenêtre Sud montrant les angles d'éclairement

▼ Figure 1' : Eclairement par le haut d'une fenêtre à 2,70m du sol



Nous avons placé sur ce graphique une vue de la statue, de telle façon qu'elle soit à 3 mètres du sol environ le 18 novembre. Dans ces conditions, on voit que le rai de lumière est toujours interrompu par le bord vertical intérieur de la fenêtre, bien avant le coucher du soleil. Cette solution n'est donc pas possible pour les deux premières fenêtres.

Les recherches de clichés qui ont continué en parallèle, ont été fructueuses car elles ont permis d'obtenir la vue Ouest-Est de la nef ci-après:



- Ce cliché montre que :
- Les deux premières fenêtres se situent au niveau du chœur et non de la nef où se trouve la statue
  - La statue de Saint Romain fait face à la troisième fenêtre
  - La fameuse porte est celle de la sacristie située au Nord
  - La statue se situe à 3 m de hauteur environ.

Or nous avons remarqué que cette troisième fenêtre est située nettement plus haut que les deux premières .

La figure 2 montre la situation des trajectoires passant par le haut d'une fenêtre situé à 4 mètres environ. Ce diagramme montre que la statue est trop haute pour intercepter les rayons solaires passant par cette fenêtre, quelle que soit la date. Le bord Ouest de la fenêtre limite aussi théoriquement cet éclairage vers 15h45 le 18 novembre ( calculs en Annexe). Il a été observé en réalité que les rayons solaires sont occultés beaucoup plus tôt (avant 14h) par les reliefs environnants, ce qui plonge alors l'église dans la pénombre.

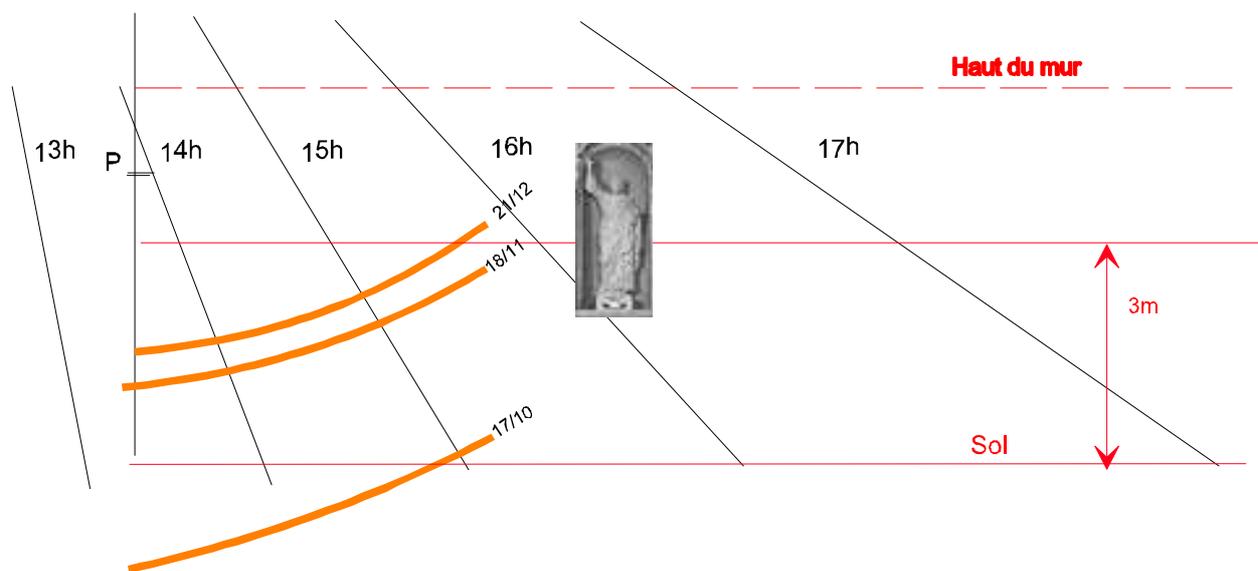


Figure 2 : Eclairage par le haut de la quatrième fenêtre.

MAIS cette figure montre que l'éclairage des bancs situés directement sous la statue intervient vers 13H15 le 18 novembre, pour durer plus d' ¼ d'heure. On peut évidemment penser que ceci a été voulu pour illuminer et réchauffer les fidèles recueillis aux pieds du Saint. Le phénomène a été observé et photographié ci-après.



Conclusion :

- La statue de Saint-Romain est positionnée face à la troisième fenêtre.
- Le 18 novembre, fête de Saint-Romain, le banc situé sous la statue est illuminé vers 13h15.
- Cette troisième fenêtre a été surélevée dans ce but (sinon le banc ne serait pas éclairé).

◀ A la fête de St Romain (Cliché G.Putelat)

Ces résultats ont alors conduits à la question suivante :

*Quel calendrier faut-il considérer ? Julien ou Grégorien ?*

Si la fête de ce Saint-Julien a été instituée avant le dimanche 9 décembre 1582, date de passage de la France du calendrier Julien au calendrier Grégorien, il faut aujourd'hui ajouter 10 jours pour avoir la même déclinaison solaire, ce qui nous amène à étudier ce qui se passe le ...28 novembre, car la tache lumineuse est alors située plus haut. Cependant le calcul donne une différence de 36 cm seulement et la figure 2 nous montre que la hauteur du rayon est toujours insuffisante, même pour éclairer les pieds de la statue. Nous n'en saurons pas davantage pour l'instant!

Mais il subsiste encore une question : *La statue est-elle éclairée également par l'oculus du mur Ouest, et quand?*

### 3 – Quid de l'oculus ?

Aujourd'hui, cet oculus est pourvu d'un vitrail qui a dû être posé lors d'une restauration, car nous avons pu constater qu'il n'existait pas auparavant, laissant ainsi les rayons solaires pénétrer directement dans l'église, lorsque le soleil éclaire le mur Ouest.

Pour étudier la trajectoire des rayons solaires, nous avons considéré que le centre de cet oculus se situe à 6 mètres de haut dans l'axe de la nef. Il faut considérer deux cas, selon que ces rayons éclairent le mur vertical Nord ou le sol horizontal. En faisant abstraction des reliefs environnants, nous avons regroupé ces deux cas dans le même graphique ci-après sur lequel on peut suivre la séquence suivante :

- Avant l'équinoxe de printemps et après celui d'automne, l'oculus n'éclaire ni le mur Nord ni le sol de la nef ( il faut aussi tenir compte de la tribune au fond de l'église, tribune qui intercepte les rayons obliques proches de l'équinoxe passant à faible distance du mur Ouest)
- Entre l'équinoxe de Printemps et le 21 mai, la tache solaire descend sur le mur Nord
- Le 1<sup>er</sup> mai, le coucher du soleil a lieu dans l'axe de la nef vers 19H
- Le 21 mai, vers 16H, le rayon passe du mur au sol
- Au solstice d'été, l'ellipse lumineuse rebrousse chemin sur le sol de la nef
- Jusqu'au 23 juillet, les rayons solaires balayent toujours le sol de la nef. Ensuite, ils remontent sur le mur Nord à partir de 16H
- Le 12 Août, le coucher du soleil a lieu à nouveau vers 19H dans l'axe de la nef, au fond du chœur
- La tache lumineuse continue ensuite à monter jusqu'à l'équinoxe

Si l'on considère une statue située sur ce mur Nord, à une hauteur de 3 mètres, on voit qu'il faut la placer au moins à 10 mètres de l'oculus pour qu'elle soit éclairée entre le 20 Avril et le 1<sup>er</sup> Mai ou bien entre le 12 et le 23 Août.

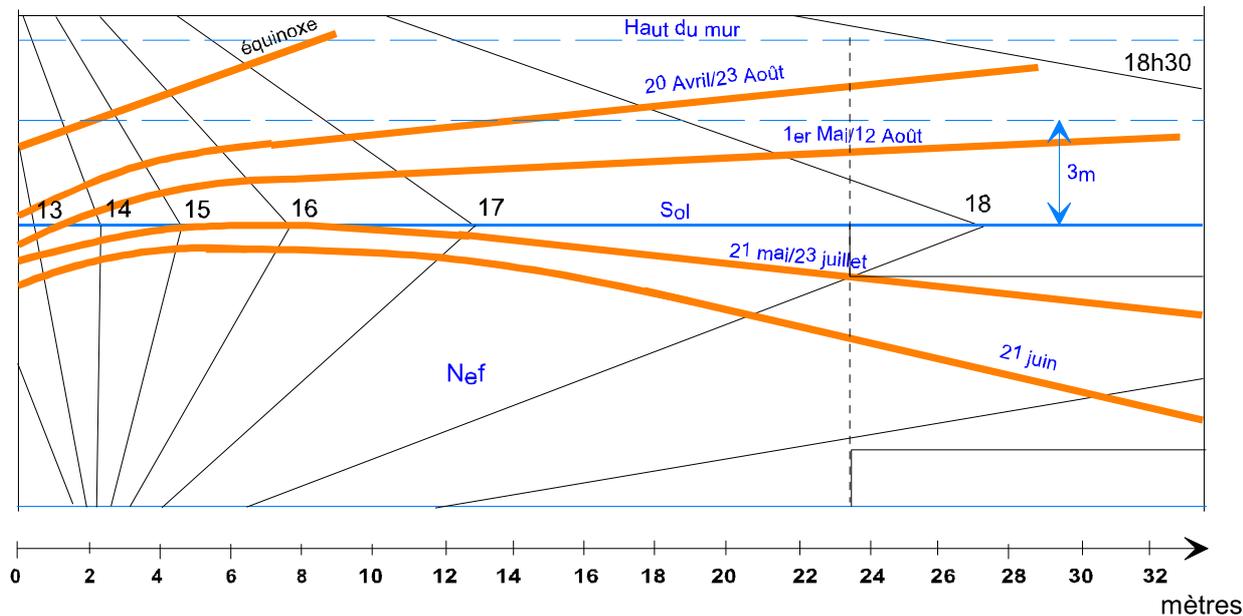


Figure 3 : Trajectoire d'un rayon solaire passant par le centre de l'oculus

Résultat n°1 : L'oculus ne peut éclairer une statue placée sur le mur Nord le 18 novembre.

Résultat n°2 : L'oculus ne pourrait éventuellement éclairer une statue qu'entre le 20 Avril et le 1<sup>er</sup> Mai ou entre le 12 et le 23 Août, à condition que le soleil ne se cache pas derrière les montagnes. (*ce point reste à étudier*)

*Remarque 1* : Les trajectoires indiquées ne concernent que le centre de l'ellipse lumineuse se déplaçant sur le mur ou sur le sol. Sur le mur Nord, cette ellipse possède un petit axe vertical de 0,80 mètre environ. (La hauteur de la statue est environ 1,50m)

*Remarque 2* : Mais avec un éloignement de l'ordre de 10 mètres, l'obliquité horizontale des rayons serait voisine de 21°. Dans ces conditions, une statue encastrée dans une niche ne serait pratiquement pas éclairée.

Saint-Romain n'est donc pas pleinement illuminé le jour de sa fête, n'en soyez pas attristé car cette étude a montré que ce sont les fidèles qui reçoivent les rayons solaires, à condition qu'ils prient sous sa statue. Et de toute manière :



Si vous séjournez dans ce splendide Queyras, allez à Molines et arrêtez-vous à Saint Romain : vous admirerez cette pittoresque église avec son clocher, sa couverture en mélèze, son célèbre retable, ses boiseries, ses fresques, ses sculptures... et ses cadrans solaires, c'est superbe ! Et si c'est une fin novembre ensoleillée, c'est encore mieux car vous pourrez vous asseoir sur ce fameux banc, vers 13 h 30 (heure légale)...

## ANNEXES

### Annexe 1 : Eclairage du mur Nord par les ouvertures du mur Sud

Il faut compléter l'étude de la première partie en considérant que les rayons du soleil pénètrent également dans l'église lorsque les fenêtres sont éclairées partiellement. L'angle limite  $\gamma$  de ces rayons correspond aux diagonales de la double section trapézoïdale des ouvertures. Il est donné par  $\text{tg } \gamma = 465/800$  soit  $\pm 31^\circ$  environ. Compte tenu de la déclinaison gnomonique du mur Sud ( $+21^\circ$ ), la plage azimuthale d'éclairage va de  $-10^\circ$  à  $+52^\circ$  pour chaque ouverture.

Les formules de la première partie donnant l'Azimut  $A_z$  et la hauteur  $h$  permettent de déterminer les plages horaires en fonction de la déclinaison solaire. Ainsi pour les valeurs vues plus haut, les résultats sont les suivants :

Déclin. $\delta$	date	évènement	Hdébut	h début	H fin	h fin	H coucher
$23^\circ,44$	21 juin	Solstice	11h44'	$68^\circ,5$	13h39'	$60^\circ,59$	19h42'
$21^\circ,5321$	15 juillet	-----	11h43	$66^\circ,57$	13h46	$58^\circ,17$	19h32'
$14^\circ,88$	12 août	Axe nef	12h20	$59^\circ,86$	14h06	$49^\circ,94$	19h
$0^\circ$	23 septembre	équinoxe	11h31	$44^\circ,86$	13h03	$43^\circ,13$	18h
$-9^\circ,2243$	17 octobre	---	11h27	$35^\circ,37$	15h13	$20^\circ,73$	17h23'
$-19^\circ,2487$	18 novembre	St Romain	11h21	$25^\circ,45$	15h42	$8^\circ,47$	16h40'
$-21^\circ,317$	28 novembre	St Romain	11h20	$23^\circ,38$	15h49	$5^\circ,86$	16h30'
$-23^\circ,44$	21 décembre		11h19	$21^\circ,23$	15h56	$3^\circ,16$	16h18'
$-22^\circ,46$	7 janvier	St Antoine	11h19	$22^\circ,22$	15h53	$4^\circ,39$	16h23'
$-20^\circ,9$	17 janvier	St Antoine	11h20	$23^\circ,79$	15h47	$6^\circ,39$	16h31'

Remarque : aucune plage d'éclairage n'est limitée par le coucher du soleil.

### Annexe 2 : Eclairage du mur Nord par l'oculus

Donnons d'abord la méthode de résolution de l'équation en H:  $a \sin H + b \cos H = c$

On pose  $\text{tg } \psi = b/a$ . Si  $-\pi/2 < \psi < \pi/2$   $\text{tg } \psi$  a le même signe que  $\sin \psi$ . Si  $\pi/2 < \psi < 3\pi/2$   $\text{tg } \psi$  est de signe contraire à  $\sin \psi$ . Ce qui donne:  $\sin(H + \psi) = c/a \cos \psi$

- Application aux coordonnées horizontales locales :

On a vu que l'azimut du soleil  $A_z$  satisfait la relation :

$$-\text{ctg } A_z \sin H + \sin \varphi \cos H = \cos \varphi \text{tg } \delta$$

soit en posant :

$$a = -1; \quad b = \text{tg } A_z \cdot \sin \varphi; \quad c = \text{tg } A_z \cos \varphi \text{tg } \delta \quad \text{et} \quad \text{tg } \psi = b/a = -\text{tg } A_z \cdot \sin \varphi$$

$$\text{il vient:} \quad \sin(H + \psi) = -\text{tg } A_z \cos \varphi \text{tg } \delta \cos \psi$$

Au début de l'éclairage du mur intérieur Nord on a  $A_z = +21^\circ$  et dans l'axe de la nef  $A_z = +111^\circ$ , ce qui donne les résultats ci-après pour saint Romain (avec  $\varphi = 49^\circ,699$  on a  $\psi_{\text{début}} = 15^\circ,1$  et  $\psi_{\text{nef}} = 61^\circ,38$ ):

L'heure du coucher du soleil est donnée par l'arc diurne avec  $\cos H_0 = -\text{tg } \varphi \text{tg } \delta$

$h$  : hauteur du soleil

Déclin. $\delta$	date	$\text{tg } \delta$	Hdébut	h début	H nef	h nef	H coucher
$23^\circ,44$	21 juin	0,43356	12h39'	$67^\circ,7$	18h24'	$12^\circ,2$	19h42'
$21^\circ,5321$	15 juillet	0,39456	12h36'	$65^\circ,6$	18h32'	$9^\circ,6$	19h32'
$14^\circ,88$	12 août	0,2657	12h44'	$58^\circ,7$	19h		19h
$0^\circ$	23 septembre	0	13h		-----		18h
$-9^\circ,2243$	17 octobre	-0,1624	13h13'		-----		17h23'
$-19^\circ$	17 novembre	-0,3443	13h21'	$23^\circ,6$	-----		16h40'
$-23^\circ,44$	21 décembre	-0,43356	13h30'		-----		16h18'



## Table de Serzeau

Par Michel Ugon

*Lorsque vous aurez visité la vieille ville si pittoresque de Vannes (56) et que vous irez ensuite au musée pour voir ce vieux cadran solaire répertorié, vous ne le verrez pas car il se trouve aujourd'hui bien caché dans les réserves des Archives Départementales du Morbihan, à quelques pas de là.*

### 1 – Introduction

Il s'agit d'une table gnomonique en ardoise « presque carrée (685 x 695 mm) sur laquelle sont finement gravés sept cadrans horizontaux dont six fournissent des indications particulières sur la position du soleil »<sup>1</sup>

En fait, cette table comporte huit motifs dont six cadrans solaires, un abaque et un blason, ainsi qu'ils apparaissent sur le dessin ci-après<sup>2</sup>. Pour cette étude, chaque motif sera repéré matriciellement pour un observateur placé face au sud comme indiqué sur la figure ci-après.

Ainsi, le cadran situé sous la date « 1743 » sera appelé M2, tandis que celui situé en bas à droite sera désigné par D4.

Notons dores et déjà les coordonnées géo-

graphiques de Sarzeau (Morbihan) qui seront utiles plus loin :

Latitude Nord: 47° 31' 37'' (47°,5269528) ; Longitude Ouest : 2° 46' 9'' (2°,76911)



### 2 – Le bason M1 et sa devise

M1 est un blason partagé en deux parties : à gauche, les armes de Bretagne et à droite les fleurs de lys royales. Rappelons que depuis Charles VIII, le Roi de France est Duc de Bretagne par son mariage avec Anne duchesse de Bretagne. Ainsi, lorsqu'il gouverne dans ce duché, il combine les lys de France avec les hermines de Bretagne. Jusqu'à une date récente, la terminaison de la devise qui entoure ce blason a été mal orthographiée (comme sur le dessin). La lecture attentive sur place nous donne : « **Regia Cedant Insigna Cruci** »

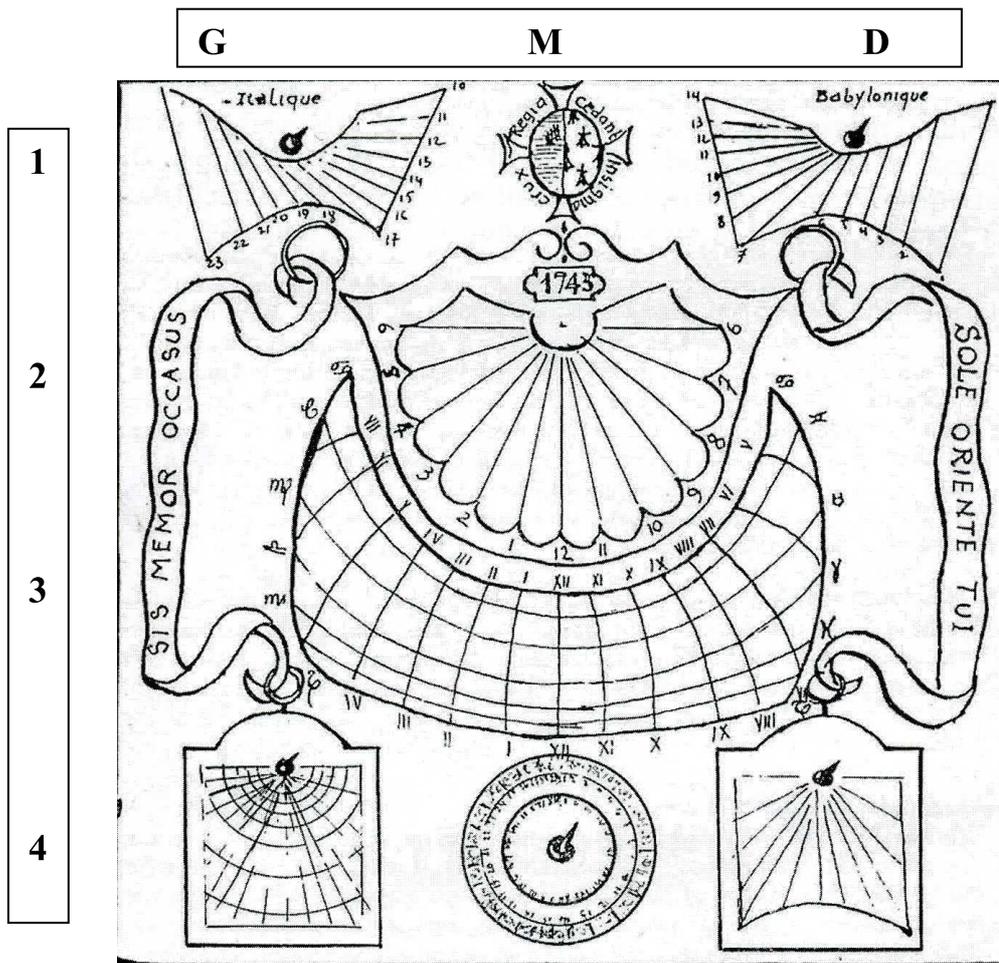
Ce qui peut se traduire par : « Les emblèmes de la royauté cèdent (le pas) à la croix. »

*Nota : Cruci est le datif de Crux, tout à fait régulier avec le verbe Cedant (source : Paul Gagnaire)*

<sup>1</sup> Extrait du BSPM (Bulletin de la Société Polymathique du Morbihan) 1998 tome CXXIV, pp 99 à 106 de R.Majendie « Le cadran solaire de Vannes ».

<sup>2</sup> Extrait du BSPM 1963 p.v. pp 23 à 25- communications de M. Hourrière.

Le cliché au-dessous du dessin de la table, montre bien l'orthographe qu'il faut retenir.



Dessin de la table <sup>(2)</sup> et repérage des 8 motifs



Le blason M1

### - la devise de la table

Elle figure dans les deux phylactères latéraux : " **SIS MEMOR OCCASUS SOLE ORIENTE TUI** ". Ce qui se traduit par : "Dès que le jour naît, rappelle-toi que tu dois mourir".

### 3- Motif M2

C'est un cadran horizontal classique à style polaire qui indique les heures et demi-heures solaires. La date de 1743 surplombe la ligne de midi, tandis que les graduations en chiffres arabes vont de 5 à 12 pour le matin et de 1 à 7 pour l'après-midi.

L'angle tabulaire entre la ligne de midi et celle de 15h (ou celle de 9h) mesuré sur le cliché est égal à  $37^\circ$ . Pour la latitude de Sarzeau qui figure clairement sur D4, le calcul donne  $36^\circ 25'$ . Compte tenu de la précision des mesures, nous ne pouvons faire mieux sur ce cadran.

C'est un premier résultat sur la localisation de cette table.



Les deux cadrans M2 et M3 sont visiblement associés par le style manquant. « *il est vraisemblable que ce style était constitué d'une lame métallique ayant la forme d'un triangle rectangle fixé par l'un des côtés de l'angle droit ; l'hypoténuse, servant de style polaire pour le cadran classique, était amincie pour ne pas avoir à tenir compte de l'épaisseur de la lame...Le deuxième côté de l'angle droit, placé verticalement, servait de style droit pour le cadran stéréographique* » <sup>(1)</sup> Ce style était fixé dans les deux trous subsistants.

Compte tenu de la longueur de la trace horizontale du style (182mm) entre le centre du cadran et le pied du style droit, et la latitude de Sarzeau, le calcul de la hauteur du style droit donne 199 mm environ.

### 4 – Motif M3

Il s'agit d'un cadran d'azimut à projection stéréographique (voir encadré). Le pied du style droit de ce cadran se trouve au centre du segment qui joint les points d'intersection du

cercle horizon avec le cercle de déclinaison nulle. Comme ce point est aussi le pied du style droit de M2, les deux cadrans M2 et M3 sont associés.

« Par le truchement de ces deux cadrans, on pouvait orienter correctement la plaque de façon à lire la même heure sur les deux cadrans, on pouvait connaître l'heure deux fois lorsque la plaque était bien orientée et éventuellement la date approximative si on ne la connaissait pas » <sup>(1)</sup>

### La projection stéréographique

On appelle projection stéréographique de pôle p, la transformation de la sphère céleste (S) dans le plan de l'équateur (E) qui à tout point M de (S) associe un point m de (E), intersection de la droite pM avec (E). La projection stéréographique conserve les angles que font entre elles les courbes tracées sur (S). Ses principales propriétés sont les suivantes :

- Les images des grands cercles de (S) passant par le pôle sont des droites
- L'image d'un cercle quelconque de (S) ne passant pas par les pôles est un cercle.

La projection stéréographique fût surtout utilisée pour construire les astrolabes, mais ses propriétés sont également intéressantes pour réaliser un cadran d'azimut. Les courbes de dates sont donc des cercles d'égale déclinaison solaire. Tous les centres de ces cercles de déclinaison sont situés sur la méridienne.

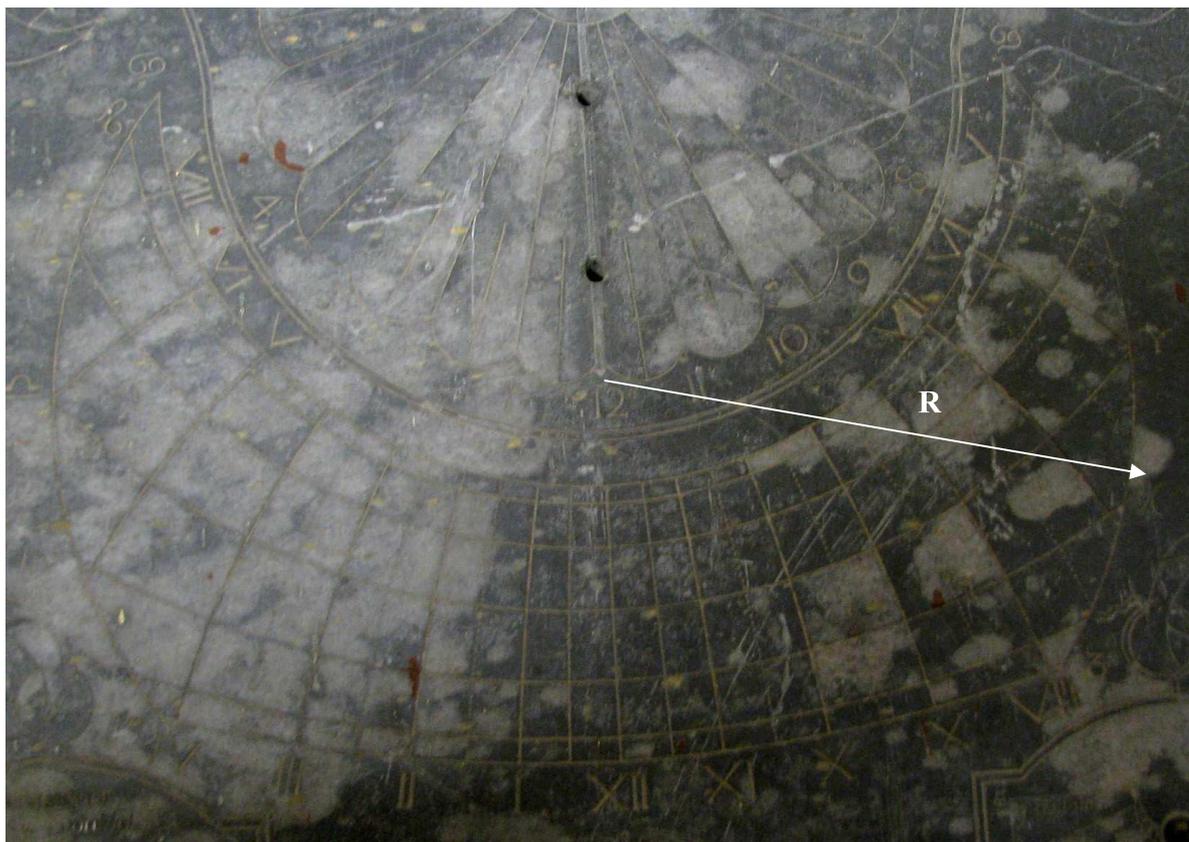
Les lignes horaires sont également des cercles, orthogonaux aux précédents.

Dans les cadrans d'azimut à projection stéréographique, le pôle de la projection est le zénith du lieu et le plan de projection est celui du cercle horizon. L'heure est déterminée par l'orientation de l'ombre d'un gnomon perpendiculaire au plan horizontal. Connaissant la date, l'ombre coupe le cercle de déclinaison correspondant sur un cercle horaire qui donne l'heure.

En toute rigueur, pour lire l'heure sur un cadran stéréographique il faut donc connaître la date. Sur ce cadran, l'auteur a tracé les 7 arcs classiques de déclinaison solaire. Donc, pour être assez précise, l'opération d'orientation de la table devait avoir lieu à l'une des 12 dates correspondant aux signes du zodiaque latéraux et qui sont rappelées ci-dessous.

Signe	date	déclinaison	date	Signe
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 (&)	21/12	- 23°, 44	21/12	Capricorne (&)

On voit donc, qu'en dehors de ces dates, la lecture donne des résultats très approximatifs, voire erronés.



Le cadran d'azimut M3

En choisissant le cercle de déclinaison du solstice d'hiver ( $\delta = -23^{\circ},44$ ) qui possède le plus grand rayon et pour une valeur de R mesurée, égale à 127 mm, on trouve les résultats suivants pour différentes valeurs de latitude:

$\varphi$	46°	46°30	47°	47°31'	48°	48°30	49°
$y_d$	274	267	260	252	246	240	233
$\rho_d$ calculé	362	356	349	<b>343</b>	337	332	327
$\rho_d$ mesuré	366	359	352	<b>343</b>	338	330	324

Ces résultats montrent que cette table a bien été réalisée pour la latitude de Sarzeau.

### 5 - Les deux cadrans G1 et D1

Il est clair que ces deux cadrans symétriques indiquent respectivement les heures italiques et babyloniennes.

Comme on le sait, les heures italiques sont comptées à partir du coucher du soleil tandis que les heures babyloniennes le sont à partir du lever. Les tracés de ces deux cadrans sont symétriques par rapport à la médiane. Pour Sarzeau, le calcul des heures des levers et couchers du soleil donne les résultats suivants (voir annexe) :

	Solstice d'été ( $\delta = 23^{\circ},44$ )	Solstice d'hiver ( $\delta = -23^{\circ},44$ )
Heure du lever	4H06'	7H53'
Heure du coucher	19H53'	16H06'

Ainsi, pour ces deux cadrans, les lignes horaires étant les projections gnomoniques de grands cercles sur la sphère céleste, ce sont des droites qui doivent couper les deux arcs

solsticiaux extrêmes, repérés par les signes zodiacaux classiques D et J, aux heures suivantes :

Heures	Solstice d'été ( $\delta = 23^{\circ},44$ )	Solstice d'hiver ( $\delta = -23^{\circ},44$ )
Italique $I_i$ ( $10 < i < 23$ )	19H53 - 24 + i	16H06 - 24 + i
Babylonique $B_b$ ( $1 < b < 14$ )	4H06 + b	7H53 + b

Les plages de i et b correspondent à la période éclairée.

Par exemple, la ligne italique  $I_{16}$  coupe les arcs solsticiaux d'été et d'hiver respectivement à 8H06 et 11h53, et la ligne babylonique  $B_7$  à 11H06 et 14H53.

Lorsqu'elles sont tracées sur un même cadran, les lignes italiques et babyloniennes coupent la ligne équinoxiale au même point sur une ligne d'heure, ce qui donne une méthode pour tracer les lignes qui coupent l'hyperbole d'hiver en dehors de l'épure. C'est le cas des lignes  $B_8$  à  $B_{14}$ .

Pour chacun des points de l'équinoxiale, l'heure d'intersection est donnée par: heure =  $b + 6$ ; avec  $i - b = 12$ . Par exemple, les lignes  $B_{10}$  et  $I_{22}$  se coupent sur la ligne de 16heures.

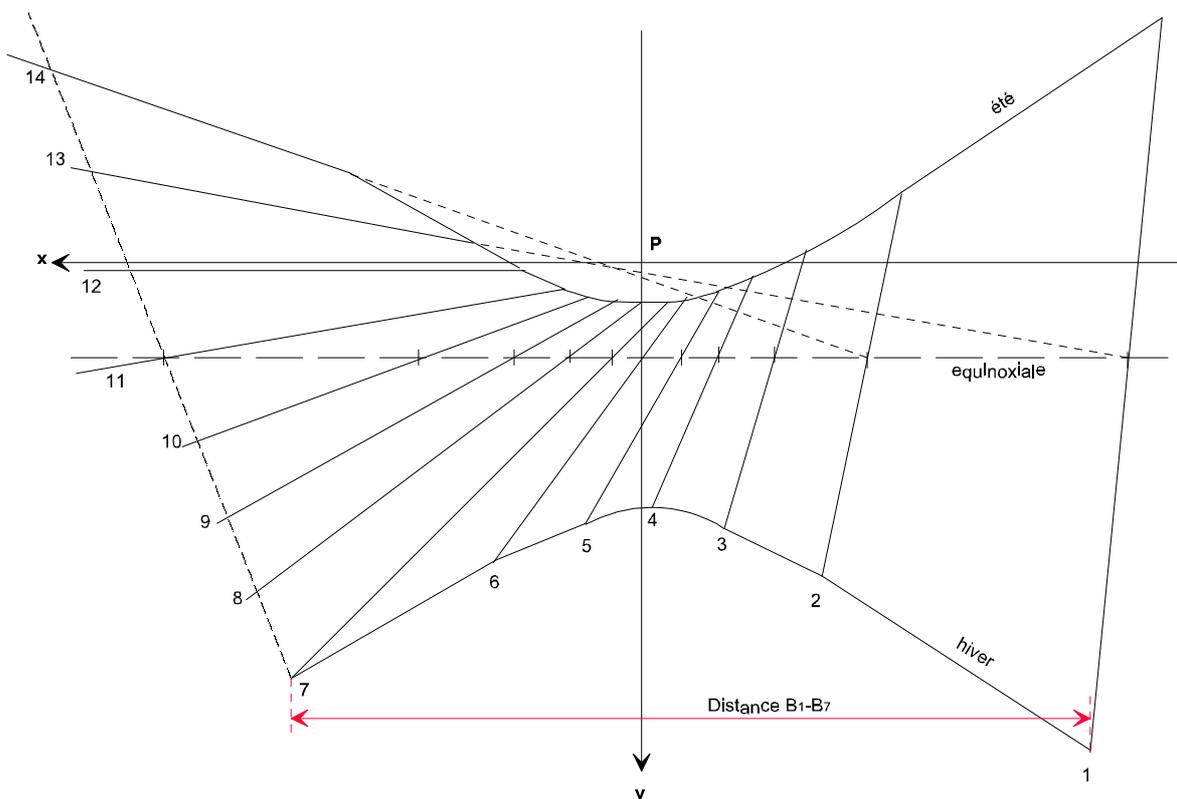
La table étant horizontale, les lignes 0 et 24, projections du cercle horizon sur la table sont rejetées à l'infini. Dans ce cas, les lignes italiques  $I_i$  et babyloniennes  $B_b$  sont respectivement parallèles aux lignes horaires XII +  $i/2$  et XII +  $b/2$ . Cette caractéristique peut être utilisée aussi pour tracer les points situés en dehors de l'hyperbole d'hiver.

Sur ces deux cadrans, le style droit est malheureusement brisé. Pour connaître sa hauteur « a », on suppose que ces styles étaient perpendiculaires à la table sur les pieds subsistants, la mesure de l'ordonnée de l'extrémum de l'hyperbole d'hiver donne 49 mm. Or cette distance doit être égale à:  $a \operatorname{tg}(\varphi + 23^{\circ},44)$

Connaissant la latitude de Sarzeau, on en déduit:  $a = 16,9$  mm.

Comme cette valeur ne correspond pas à celle de 22 mm trouvée précédemment, nous allons la confronter aux résultats d'une méthode différente.

La figure ci-après montre le tracé de D1 (babylonique) obtenu par le calcul en coordonnées cartésiennes pour la latitude de Sarzeau (voir annexe). Celui de G1 s'en déduit par symétrie autour de l'axe Py.



Sur l'hyperbole d'hiver, la distance (en rouge) mesurée sur la table entre les abscisses de B<sub>1</sub> et B<sub>7</sub> est égale à 150mm ( ce qui est confirmé sur un cliché remis à l'échelle).

Or cette distance croît linéairement avec la hauteur du style droit (voir formules en annexe), comme l'illustre le tableau suivant :

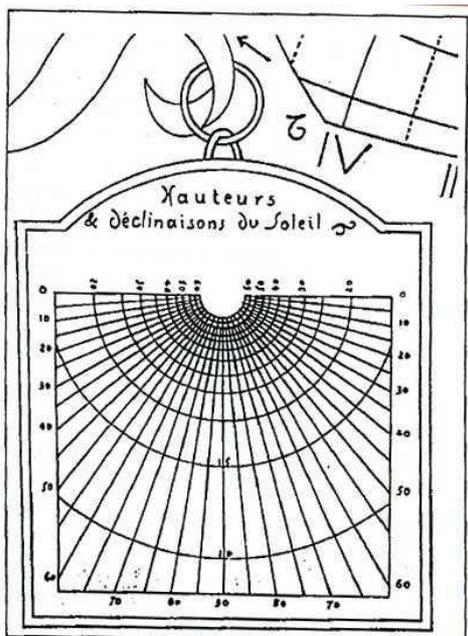
a (mm)	15	16	16,2	16,6	16,8	17	18	19	20	22
Distance B <sub>1</sub> -B <sub>7</sub>	136	145,2	147	<b>150,7</b>	152,5	154,3	163,4	172,5	181,5	199,7

On voit donc que la hauteur du style droit de 22 mm doit être écartée car elle donnerait une distance beaucoup trop grande par rapport à celle de la table.

Les deux méthodes précédentes donnent donc une plage de valeurs assez précises pour « a » : **16,5mm < a < 16,9 mm**

### 6 – Le cadran G4

G4 n'est pas un cadran qui donne l'heure, mais la position du Soleil en coordonnées horizontales locales. De plus, le vocabulaire utilisé pour son titre est curieux : « **Hauteurs et Déclinaisons du Soleil** ».



Dessin du cadran G4

En effet, l'expression « déclinaison du soleil » n'indique pas ici la déclinaison solaire  $\delta$ , mais l'azimut (angle formé par le plan vertical du Soleil et le plan méridien du lieu.). On ne peut justifier ce titre par la date de réalisation car un cadran similaire de 1744 situé dans la même région à Rosambo ( Lanvellec) comporte celui de « **Azimuths et Almucantaraths**».

ce qui est beaucoup plus exact, mais apporte un doute quant à leur réalisation par un même auteur à des dates et des lieux aussi rapprochés.

Les cercles de hauteurs (ou almucantaraths) sont centré sur le pied du style droit et gradués de 10° à 65°, tandis que les azimuts sont repérés de 0° à 90° à partir du premier vertical, ce qui est assez classique.

Pour évaluer la hauteur du style absent, on peut partir du rayon r du cercle de 10° qui est de 87 mm environ. On peut ainsi calculer la valeur de r.  $\text{tg } 10^\circ \cong 15,5 \text{ mm}$ .

### 7 – Le cadran D4

Ce cadran à style polaire possède un éventail horaire identique à M2, mais chaque ligne indique des lieux où il est midi local. Les inscriptions ne sont pas toutes lisibles, mais on peut dresser le tableau suivant (les lettres illisibles sont signalées entre parenthèses) :

Heure	Inscription	graduation	Longitude en 1743
VI	I (Adam)ana	105	110°
VII	I (Kalpeni)	90	91°
VIII	Kerman	75*	75°
IX	La Mecque	60*	60°

X	Smirne	45	45°
XI	Venise	30	30°
XII	Sarzeau	15	15°,3
I	I de Fer (Canaries)	360*	360°
II	I de Corvo (Açores)	345	347°
III	St Pierre (& Miquelon)	330	323°
IV	(Antilles)	315	315°
V	(Cuba)	300	300°
VI	I de Santa Fe (Galapagos)	285	287°

\* commun avec la table de Rosanbo

L'île de Fer correspond au méridien d'origine déjà utilisé par Claude Ptolémé mais décrète par Louis XIII en 1634, l'île de Corvo étant la précédente référence. Avec R.Majendie, nous constatons que la majorité des noms correspond à des ports ou des îles lointaines. On voit à nouveau qu'il y a peu de lieux communs avec la table de Rosanbo à Lanvellec.

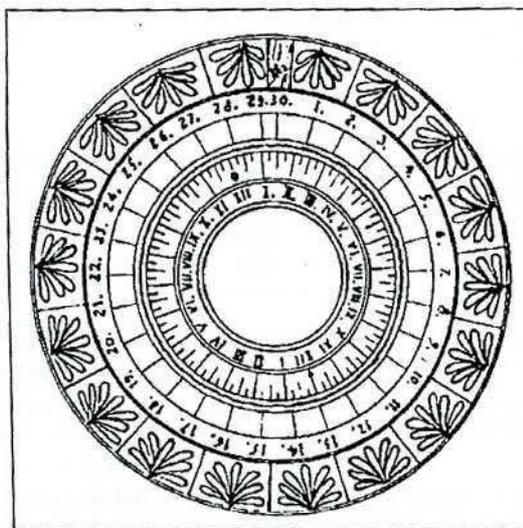
### 8 – le motif M4

C'est un abaque qui est un convertisseur lunaire. Ainsi, les nuits où la lune est suffisamment lumineuse, l'heure lue sur M2 peut être convertie en heure solaire. Les deux disques concentriques sont gradués dans le sens horaire. Le disque central rotatif divisé en deux fois 12 heures, est gradué en quarts d'heure. La couronne fixe extérieure possède 29,5 divisions représentant une lunaison. Le mode d'emploi a déjà été donné par R.Majendie :

« On tourne le disque central pour que l'heure lue sur le cadran principal lors d'un clair de lune, coïncide avec le repère origine de la couronne extérieure marqué 30. En face de l'âge de la lune lu sur la couronne on obtient l'heure solaire du moment » <sup>(1)</sup>



◀ Photographie de l'abaque M4



▲ Dessin de l'abaque M4

(Pour plus de détails sur les convertisseurs lunaires, voir notre article sur la table de Saint-Mars-sous-Ballon.)

## **9 – Le dos de la table**

Un examen du dos de la table, très strié pour faciliter sans doute sa fixation, ne révèle aucune indication ni signature.

## **10 – Conclusion**

Ce petit parcours vers Sarzeau nous a permis d'apporter des compléments sur les études précédentes faites sur cette table gnomonique quelque peu oubliée. En recalculant les cadrans, nous avons confirmé le lieu pour lequel cette table avait été conçue, approfondi son fonctionnement, retrouvé la hauteur des styles droits absents et vogué sous d'autres longitudes.

Il reste cependant des énigmes, notamment sur l'auteur de cette œuvre remarquable.

## **Remerciements :**

- A Christophe Le Pennec, Assistant de Conservation du Musée de Vannes qui nous a réservé le meilleur accueil et a procuré les documents antérieurs.
- A Pascal Lecomte qui a préparé la visite et m'a facilité les observations.

## **ANNEXES**

### **A-1 : Le cadran d'azimut à projection stéréographique**

En définissant un repère orthonormé dont l'origine est le pied du style droit, et

- l'axe des abscisses orienté vers l'Est
- l'axe des ordonnées orienté vers le Nord
- R : rayon du cercle horizon

On a :

Ordonnée du centre des cercles de déclinaison :  $y_d = R \cdot \cos \varphi / (\sin \varphi + \sin \delta)$

Rayon d'un cercle de déclinaison :  $\rho_d = R \cdot \cos \delta / (\sin \varphi + \sin \delta)$

Ces relations permettent en particulier de retrouver la valeur de la latitude  $\varphi$  pour laquelle le cadran a été conçu.

Sur M3 sont tracées les portions des cercles de déclinaison situées à l'intérieur du cercle horizon du lieu. Les cercles horaires sont orthogonaux aux cercles d'égale déclinaison, les cercles de l'après-midi étant symétriques de ceux du matin par rapport à la méridienne.

### **A-2 Tracé des heures babyloniennes par le calcul**

L'arc semi-diurne  $H_0$  se calcule par :  $\cos H_0 = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta$

En convertissant  $H_0$  en heures, on obtient ainsi l'heure du lever du soleil  $B_b$  heures après ce lever, l'angle horaire est  $H = B_b - H_0$

Le pied P du style droit étant pris pour origine des coordonnées, Px dirigé vers l'Est et Py vers le Nord, les coordonnées x et y de l'extrémité de l'ombre sont données par  $x \cdot D = a \sin H$  et  $y \cdot D = a (\sin \varphi \cos H - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta)$  avec  $D = (\cos \varphi \cos H + \sin \varphi \operatorname{tg} \delta)$

Connaissant la latitude  $\varphi$ , on calcule x et y pour  $\delta = \pm 23,44$  (et  $0^\circ$  pour vérifier), pour chaque valeur de H.





# Théorie du cadran à chapeau

Par Alexandre Vial

*La première trace du cadran à chapeau que j'ai trouvée provient de l'ouvrage *Gnomonique graphique* de Joseph Mollet (exercice 11, page 62 : construire un cadran solaire sur une colonne cylindrique, surmontée d'un chapiteau circulaire d'un diamètre plus grand que celui de la colonne, de manière que l'heure soit indiquée par l'ombre de ce chapiteau), publié en 1820.*

## Présentation

En fait, il est déjà suggéré dans les *Récréations mathématiques* de Jacques Ozanam (Tome 3, septième partie : gnomonique - Problème 28, page 256 : décrire un cadran sur la surface convexe d'un cylindre perpendiculaire à l'horizon, et immobile), nouvelle édition de 1778. Cependant, il y est précisé : « On pourroit aussi connoître l'heure par l'intersection du parallèle du soleil avec la ligne d'ombre du cylindre, comme l'enseigne M. Ozanam ; mais cette ligne étant toujours mal terminée, comme on l'a observé à l'égard des cadrans faits d'un globe, on ne doit point se servir de cette manière. » et la solution dans cet ouvrage correspond en fait à chercher l'intersection du bord inférieur de l'ombre du chapeau avec les lignes de hauteur du Soleil, telles que tracées pour le cadran de berger. Tout ce passe donc comme si on avait une infinité de styles contigus.

L'expérience montre cependant qu'il est tout à fait possible d'utiliser la ligne d'ombre du cylindre (voir par exemple les cylindres d'azimut de Joël Robic), et c'est donc cette solution, également retenue par J. Mollet (et plusieurs gnomonistes dont les réalisations sont visibles sur le site de Joël Robic), que je vais présenter ici.

## Principe du calcul

A priori, le calcul peut sembler ardu, dans la mesure où l'on doit déterminer l'équation de l'ombre d'un disque sur un cylindre, puis trouver le point d'intersection avec la limite d'ombre du cylindre, comme on le voit sur la figure 1.

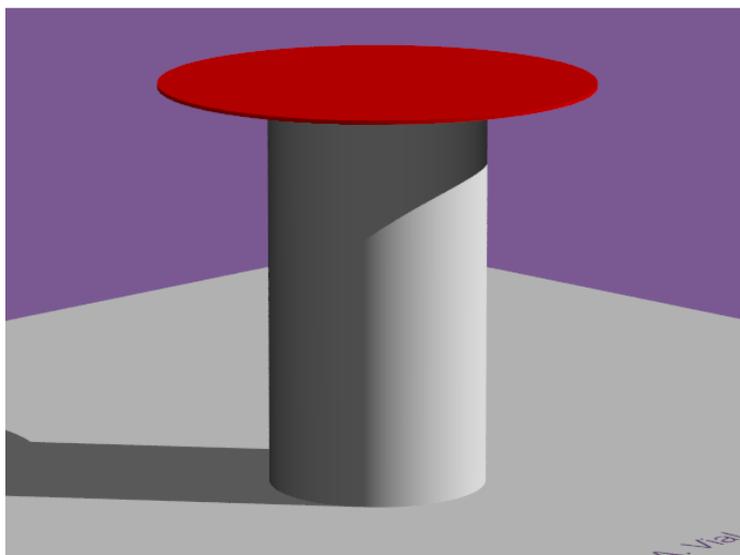


Figure 1 : Cadran à chapeau : version de base.

En fait les choses sont plus simple qu'il n'y parait, car en fin de compte seul le point d'intersection nous intéresse, et il est assez aisé de le déterminer. Toute l'astuce consiste à déterminer quel point du bord du chapeau correspond à ce point d'ombre. La figure 2 permet de trouver facilement ce point.

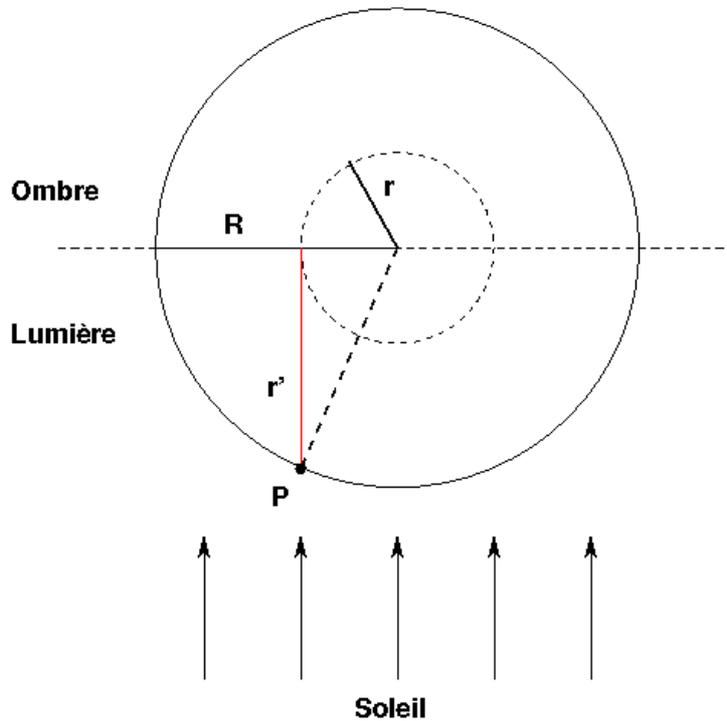


Figure 2 : Vue du dessus du cadran à chapeau.

On note R le rayon du chapeau, r le rayon du cylindre. Tous les rayons issus du Soleil sont parallèles entre eux. Le point d'intersection recherché est issu du point du bord du chapeau appartenant au plan tangent au cylindre à la limite d'ombre (plan contenant un rayon de soleil), et il est noté P sur la figure 2. On peut alors définir un style fictif de longueur  $r' = \sqrt{R^2 - r^2}$ , qui va permettre de déterminer la distance l le long de la limite d'ombre entre le haut du cylindre et le point d'intersection cherché, à savoir avec h la hauteur du Soleil pour l'heure et le jour considéré.

Le tracé des lignes horaires est ensuite assez simple, puisque pour un angle horaire H et une déclinaison  $\delta$  du Soleil, on calcule à l'aide des formules bien connues la hauteur h et l'azimut A du Soleil:

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

$$\tan A = \sin H / \sin \Phi \cos H - \cos \Phi \tan \delta'$$

et on trace ensuite l en fonction de -A (à cause de la convention sur le signe des angles horaires et des azimuts), pour obtenir une courbe semblable à celle présentée sur la figure 3 (l'équation du temps à été prise en compte).

Pour que le cadran soit utilisable en permanence, il faut que sa hauteur soit au moins égale à  $h_{min} = r' \tan(90^\circ - \Phi + 23.44^\circ)$  avec  $\Phi$  la latitude du lieu. Ainsi l'ombre la plus longue, obtenue à midi vrai au solstice d'été, ne dépassera pas au bas du cylindre. De même, pour que les lignes soient bien positionnées pour le placement ultérieur sur le cylindre, il faut que la figure 3 ait pour largeur :  $2\pi r$ .

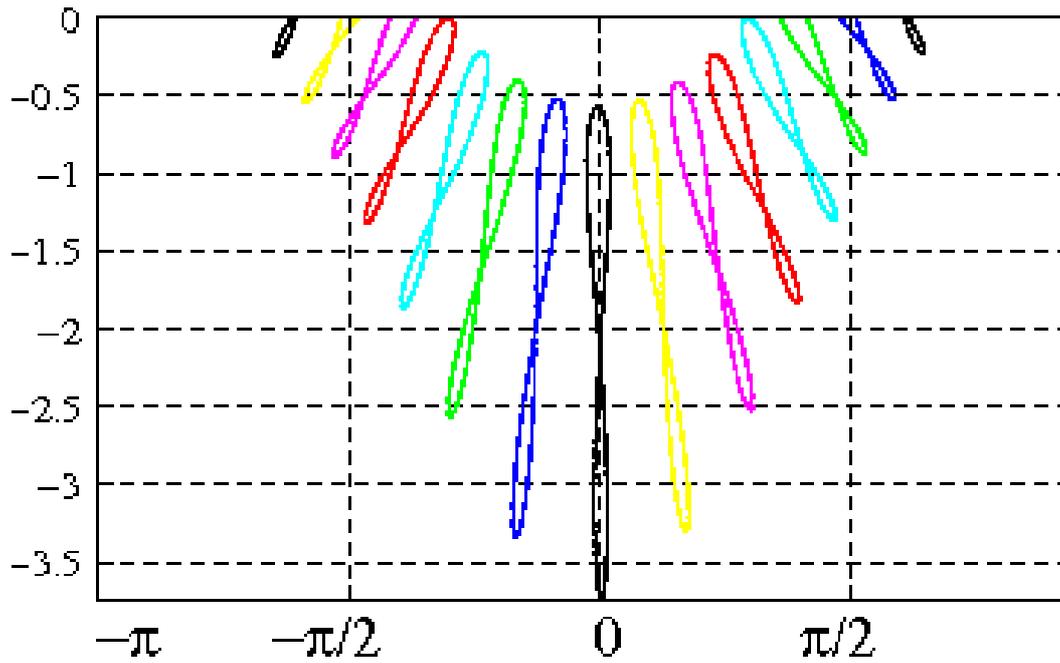


Figure 3 · Lignes horaires du cadran à chapeau, équation du temps incluse, pour une latitude  $\Phi$

On obtient le cadran final en reportant le dessin de la figure 3 sur le cylindre, comme on peut le voir sur les figures 4(a) et 4(b).

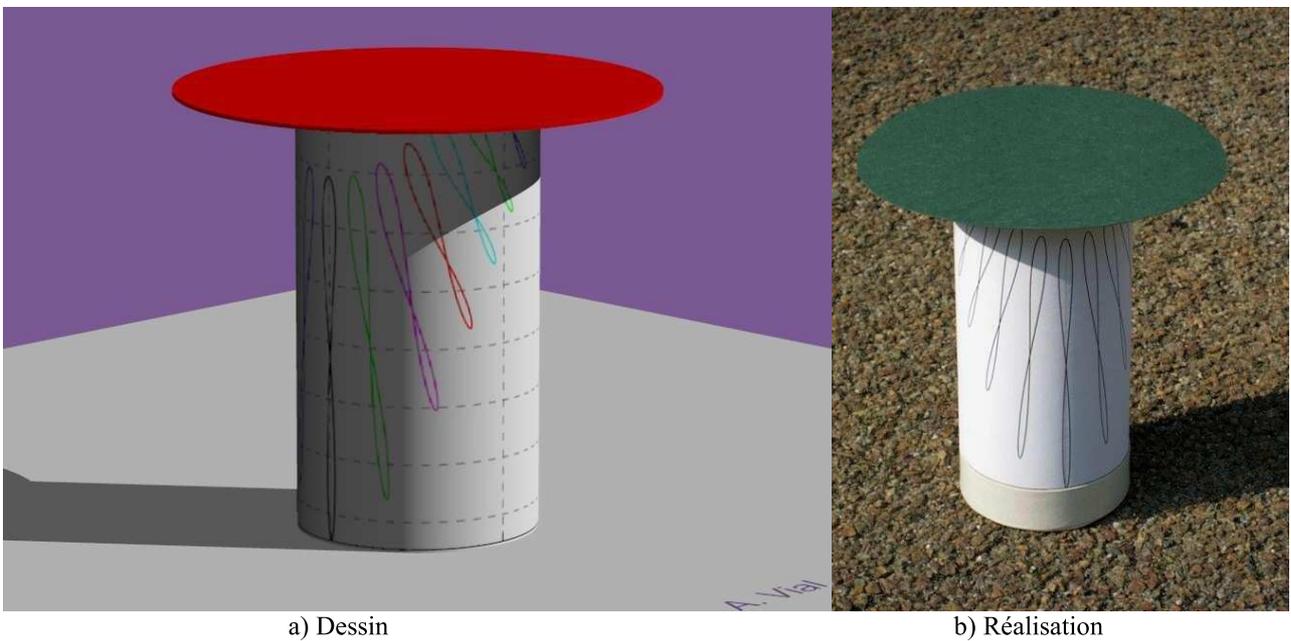


Figure 4 : Cadran à chapeau : version finale.





## Cadrans analemmatiques à style fixe

Par Michel Vercasson

*Un nouveau type de cadran analemmatique circulaire à style fixe est né.*

### Rappel sur le cadran boréal de Foster-Lambert

Le cadran de Foster-Lambert (FL), dans l'hémisphère Nord, est constitué d'un cercle horizontal de rayon  $R_0$  portant des graduations horaires uniformément espacées de  $15^\circ$ .

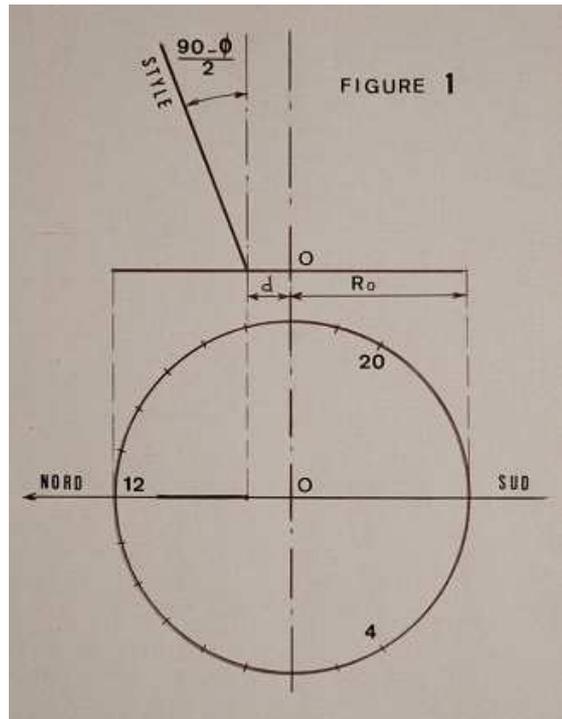
Le style, dans le plan méridien, est incliné vers le Nord et fait avec la verticale angle égal à  $(90^\circ - \Phi) / 2$ .

$\Phi$  est la latitude du lieu.

Ce style est mobile sur l'axe Nord-Sud, orienté positivement vers le Nord et doit être placé à une distance  $d$  du centre du cercle suivant:

$$d = R_0 * \text{tg } \delta * \text{tg } ((90^\circ - \Phi) / 2).$$

$\delta$  est la déclinaison du soleil. (Voir figure 1).



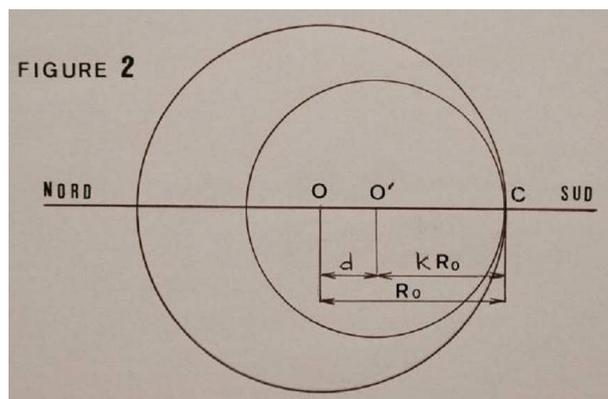
### Est-il possible d'éviter le déplacement du style?

Oui, à condition de déplacer le cercle ou de tracer autant de cercles que de valeurs souhaitées pour la déclinaison du soleil.

Le choix du rayon  $R$  des cercles est complètement arbitraire, seul le rapport  $d/R$  est fixé par le choix de la déclinaison.

Il est donc possible de s'imposer une condition supplémentaire afin que les cadrans ne se superposent pas et utilisent un style commun.

Une solution possible consiste à déduire les différents cercles du cercle de base  $R_0$  par une homothétie de centre  $C$ . Voir figure 2.



En désignant par  $k$  le rapport d'homothétie correspondant à la déclinaison  $\delta$ , on a:

$$d = R_0 - kR_0 = kR_0 * \text{tg } \delta * \text{tg } ((90^\circ - \Phi) / 2)$$

$$1 - k = k * \text{tg } \delta * \text{tg } ((90^\circ - \Phi) / 2)$$

$$1 = k [ 1 + \text{tg } \delta * \text{tg } ((90^\circ - \Phi) / 2) ]$$

$$k = 1 / [ 1 + \text{tg } \delta * \text{tg } ((90^\circ - \Phi) / 2) ]$$

$k$  est inférieur à 1 pour les valeurs de  $\delta$  positives et supérieur à 1 dans le cas contraire.

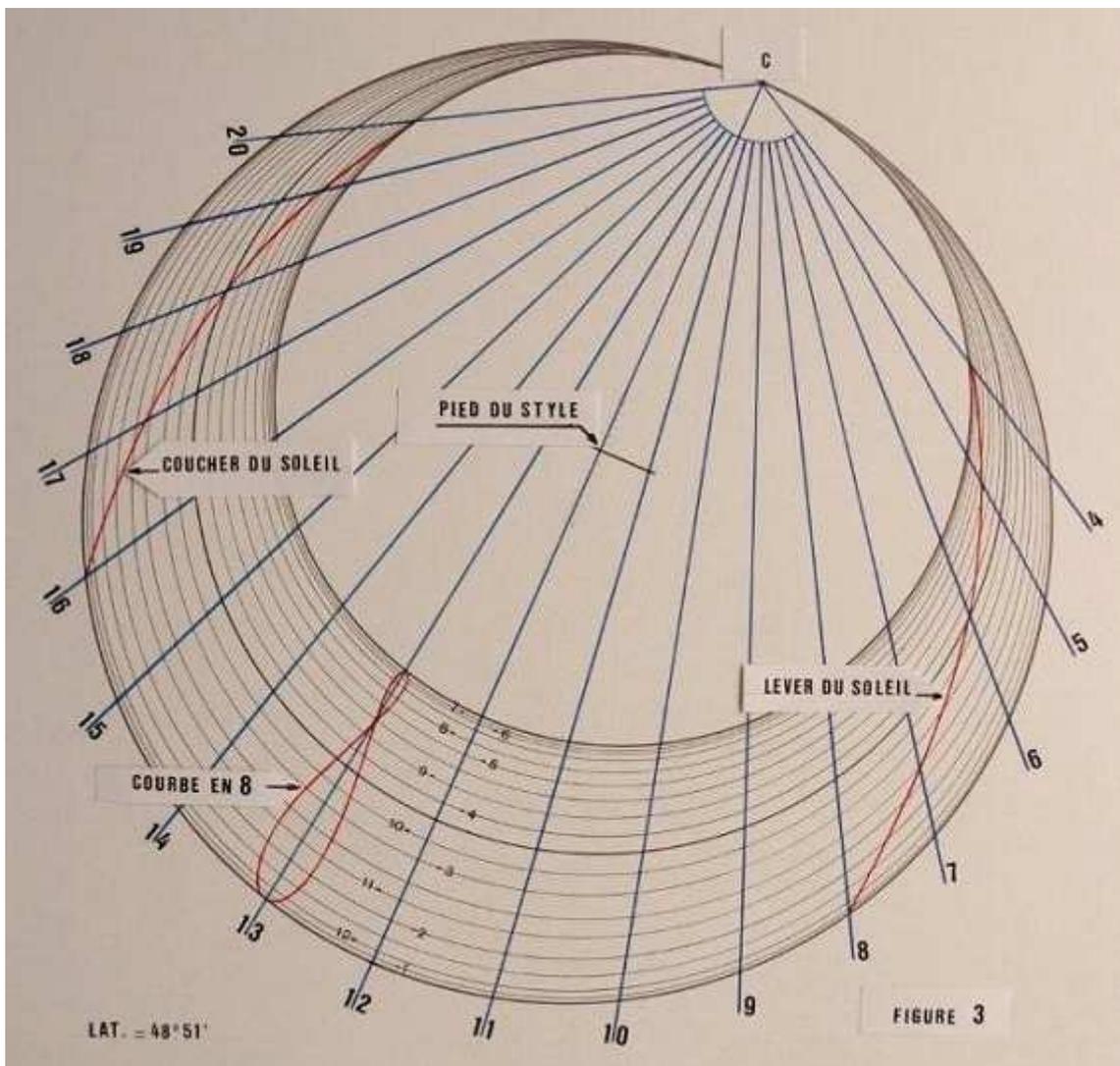
En donnant à  $\delta$  toutes les valeurs souhaitées entre  $23^{\circ}26'$  et  $-23^{\circ}26'$ , on obtient un ensemble de cadrans F-L étalés et emboîtés les uns dans les autres associés à un style unique et fixe.

### Combien de cadrans faut-il tracer?

A priori, le plus possible pour améliorer la précision, mais il importe de trouver un compromis entre la lisibilité et la précision en tenant compte des dimensions du cadran et de la nature du support.

On peut par exemple choisir de tracer 7 cadrans correspondant à l'entrée du soleil dans les 12 signes du zodiaque ou bien, 19 cadrans correspondant à l'entrée dans les 36 décans (figure 3 ci-dessous); ce qui correspond en moyenne à un cadran par période de 10 jours.

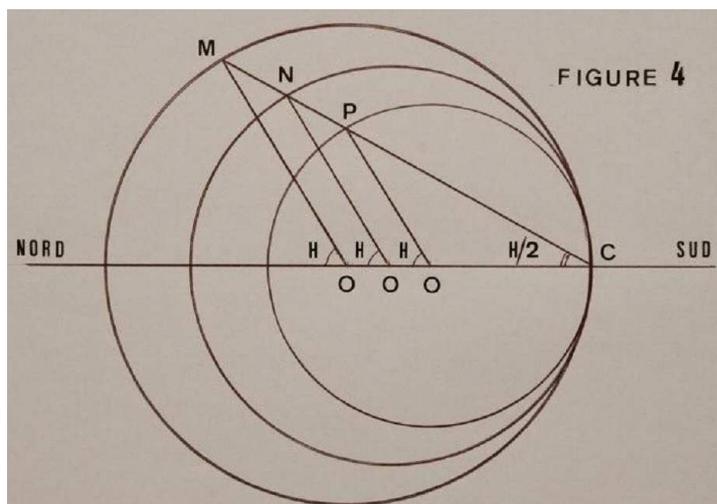
Chaque cadran doit être repéré par ses "dates de calcul" et doit être utilisé au voisinage de celles-ci pour la lecture de l'heure à l'intersection avec l'ombre du style.



### Graduations

Chaque cadran FL comporte des graduations horaires uniformément réparties tous les  $15^{\circ}$ . Les points homologues tels que M, N, P (figure 4) sont alignés avec le centre d'homothétie C et les "droites horaires" telles que CMNP sont uniformément réparties tous les

7,5°. Ceci résulte directement de la propriété de l'angle inscrit dans un cercle d'être égal à la moitié de l'angle au centre correspondant.



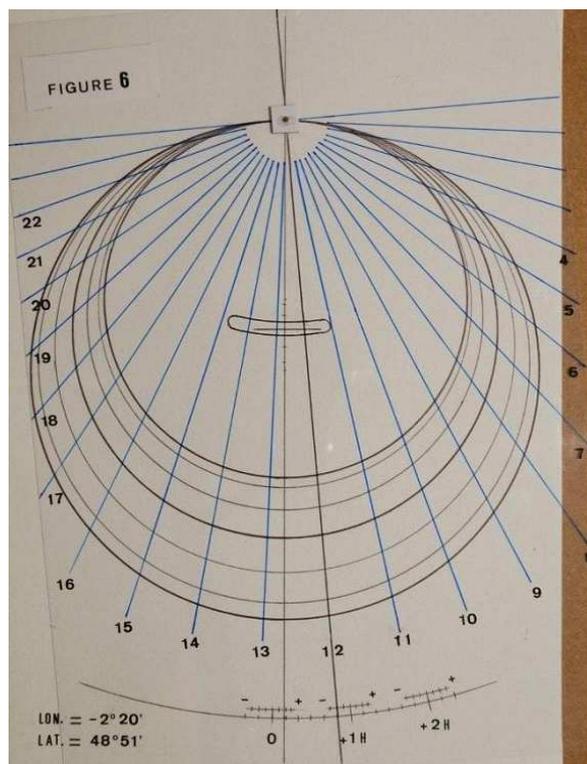
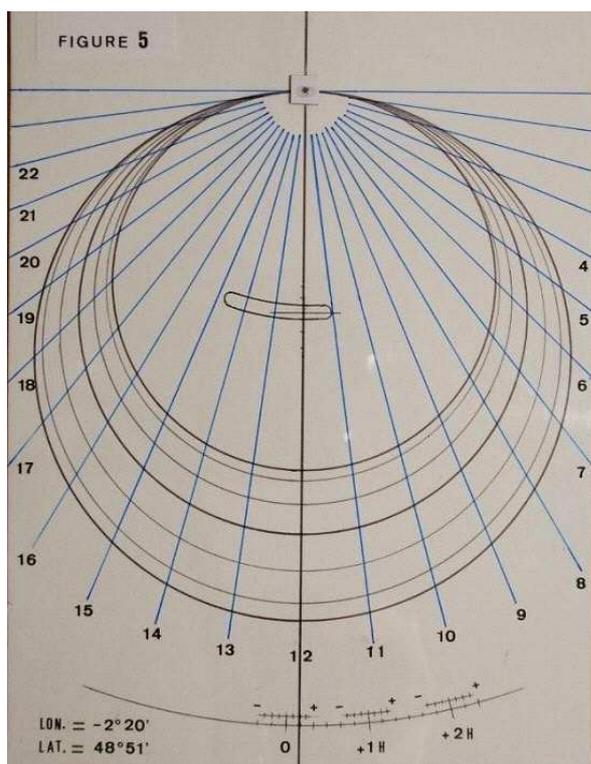
Cette propriété ouvre une perspective intéressante: Si l'on rend le faisceau des "droites horaires" indépendant de la base du cadran, une rotation de ce faisceau autour du point C produit un glissement uniforme de toutes les graduations horaires de tous les cadrans .

Il devient aussi possible d'ajouter au temps vrai une quantité égale à la somme de la longitude par rapport au méridien de référence et de l'équation du

temps. Le cadran indique alors l'heure légale du lieu.

Les figures 5 et 6 (ci-dessous) montrent un exemple de réalisation d'un faisceau de "droites horaires" tracés sur un support transparent.

La figure 7 (page suivante) représente la maquette d'un ensemble de 19 cadrans FL étalés dans le plan horizontal.



### Autre solution possible:

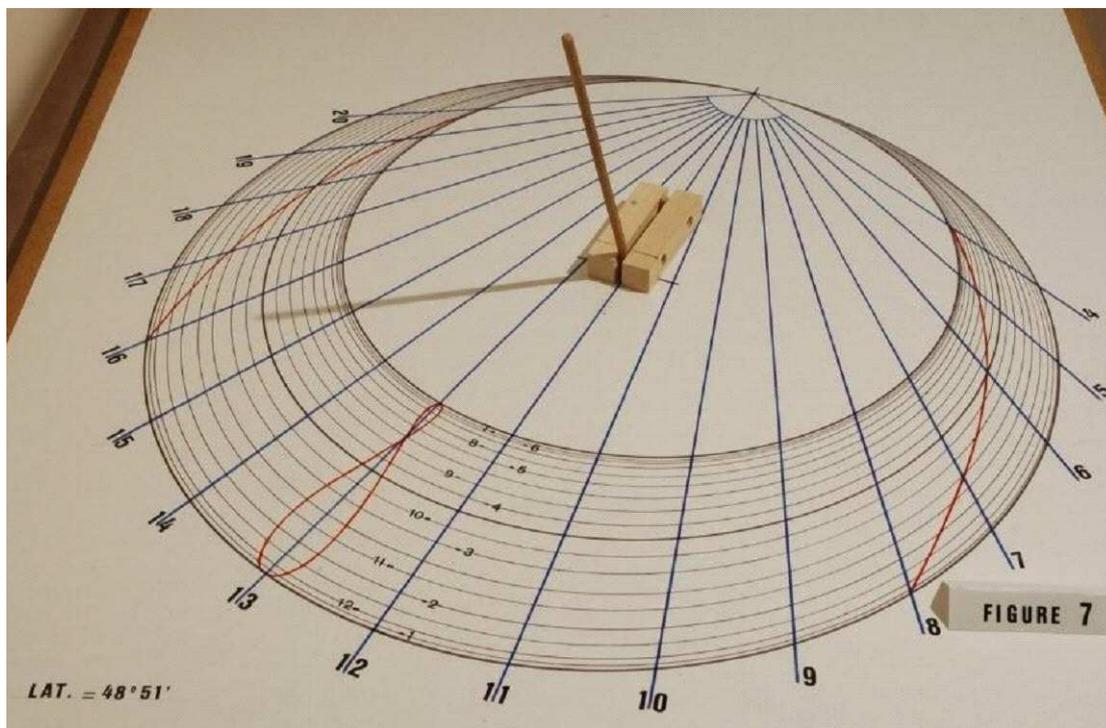
Au lieu d'étaler" plusieurs cadrans de diamètres variés dans le plan horizontal, on peut "empiler" des cadrans de même diamètre tracés sur un cylindre de révolution à axe vertical (voir figure 8 page suivante).

Sur le cadran situé à la cote y, le style se trouve décalé d'une quantité d, tel que:

$$d = y * \operatorname{tg} ((90 - \Phi) / 2) = R * \operatorname{tg} \delta * \operatorname{tg} ((90 - \Phi) / 2),$$

d'où l'on tire:

$$y = R * \operatorname{tg} \delta$$



### Avantages

Le tracé est indépendant de la latitude du lieu, seule l'inclinaison du style en dépend.

Les droites horaires sont parallèles et équidistantes, ce qui facilite la lecture par interpolation.

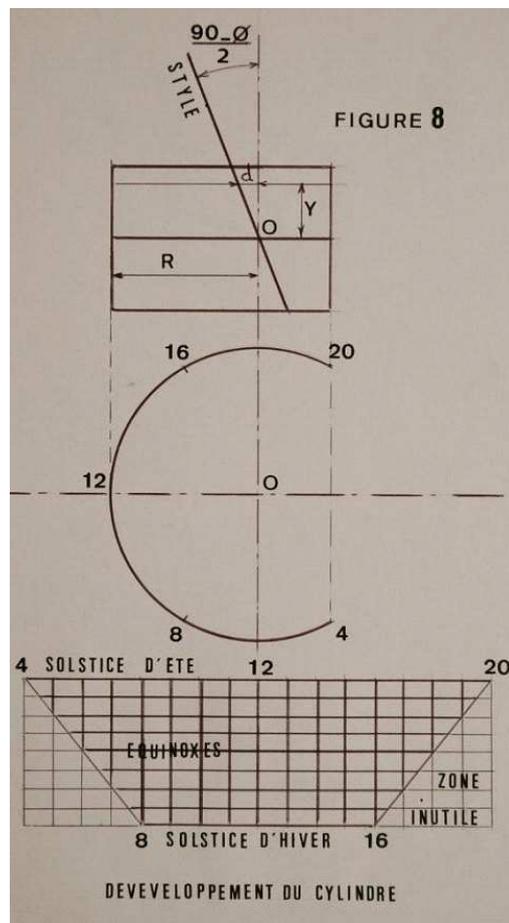
### Inconvénients

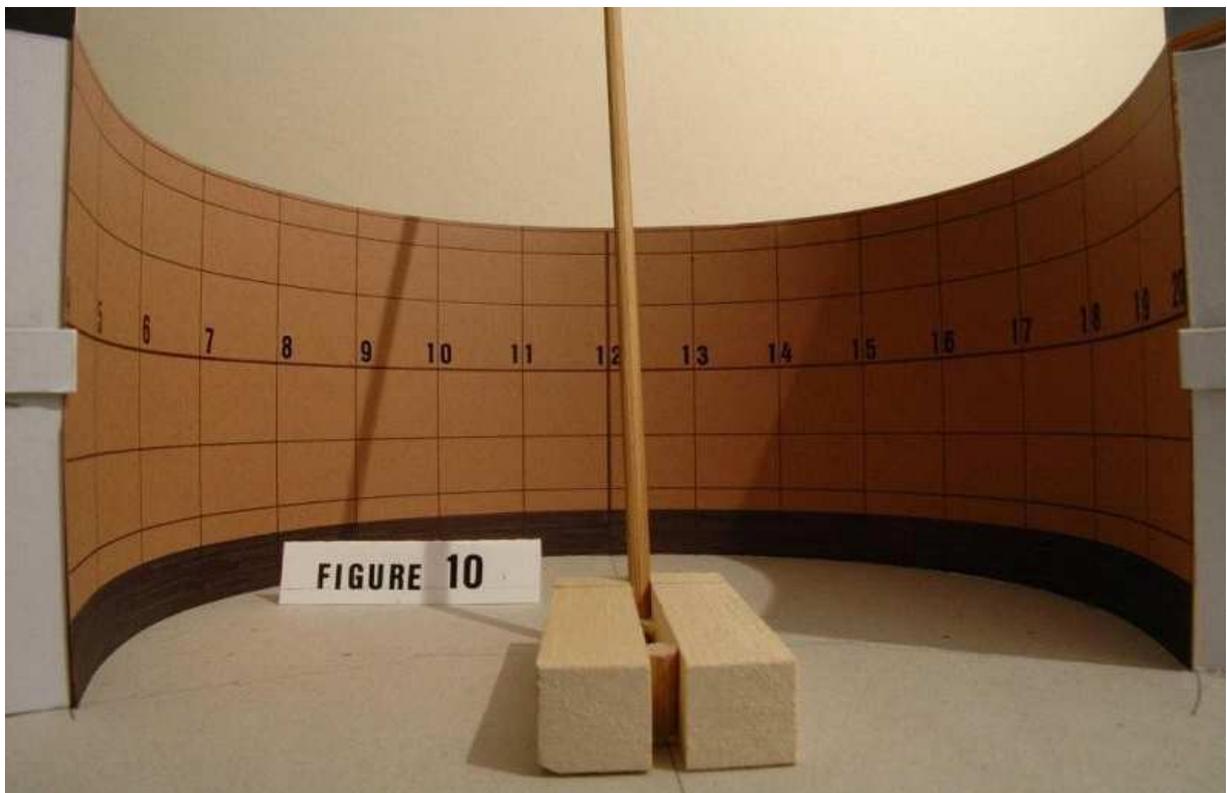
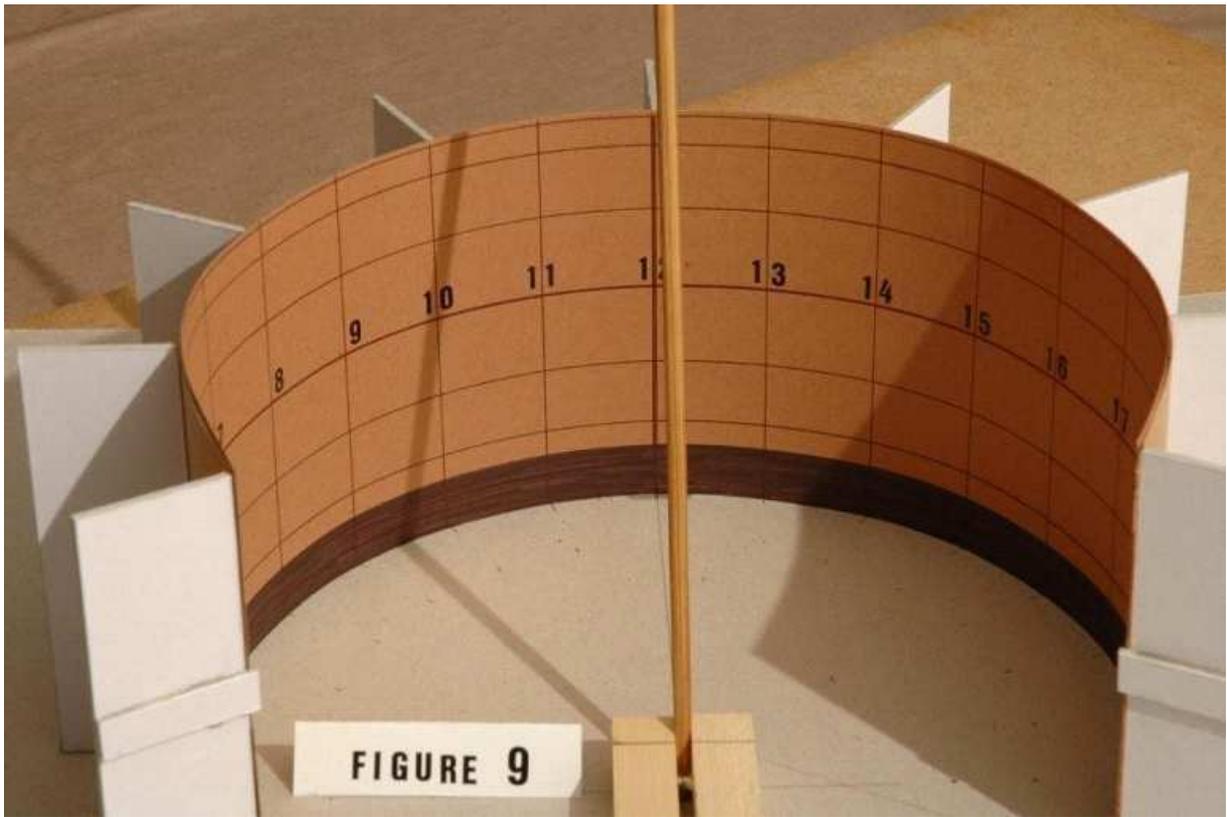
La lecture du cadran n'est pas possible au voisinage du lever et du coucher du soleil sauf aux deux solstices. Cela ne paraît pas être un défaut rédhibitoire.

Les figures 9 et 10 (page suivante), montrent la maquette d'un empilement de 7 cadrans FL.

### En conclusion

Il existe probablement beaucoup d'autres solutions... affaire à suivre.







## INFORMATIONS DIVERSES



### Les dernières réalisations:

- **Virginie MORUZZI:**

• **Des cadrans en pierre**

Virginie vient de rejoindre notre commission. Elle travaille avec Emmanuel SIX et tous les deux sont tailleurs de pierres: " PIERRES DE ROSETTE", Hameau des Moures, 83340 LE THORONET. Ils réalisent des fontaines, des cheminées, des restaurations de monuments et des .. cadrans solaires. Pour en savoir plus vous pouvez consulter leur site: : <http://www.pierres-rosette.fr>. Ici, ils nous confient leur passion de cadranier.

<<Nos cadrans sont en pierre. Les gravures sont réalisées à la main et mises en peinture avec des pigments naturels.

Le style est généralement en laiton sauf dans le cas du cadran de la fontaine du Thoronet (Var) où nous avons préféré utiliser l'inox pour lui donner un caractère plus moderne.

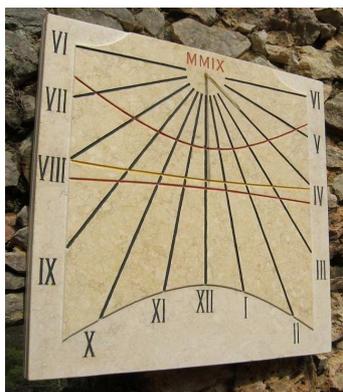
A toutes les étapes de la création d'un cadran (relevé, calcul, traçage, gravure, pose) nous nous efforçons d'être le plus précis possible.

Chaque cadran a été conçu en étroite collaboration avec son futur propriétaire ou un membre de sa famille. Le choix de la devise est très personnel. Par exemple, « FUI SUM ERO » (Je fus, je suis, je serai) a été choisie pour un cadran offert à l'occasion d'un anniversaire de mariage (60 ans) « J'ai besoin de la lumière » orne le cadran d'un couple allemand amoureux de la Provence.

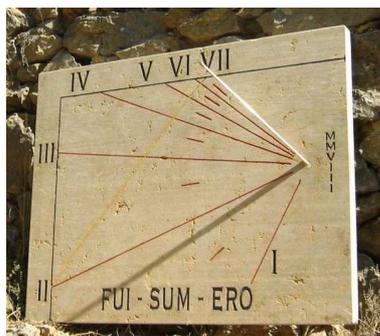
Une notice explicative personnalisée accompagne chaque cadran. Elle résume les caractéristiques du cadran et illustre la lecture de l'heure, le calcul de l'heure légale, les arcs diurnes.

A travers notre travail, nous prenons plaisir à faire redécouvrir les cadrans solaires. Nous expliquons notamment la différence entre un cadran calculé pour le lieu où il sera installé et ceux de série vendus dans les jardinerie.

Les cadrans solaires nous passionnent pour leur aspect scientifique, artistique et philosophique. >>

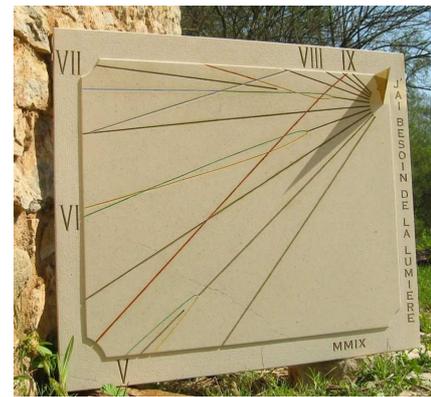


$\phi$  : 43° 23' 10'' N;  
 $\lambda$  : 5° 21' 21'' E;  
 D : - 0,3°; Dimensions : 60 x 60 x 4 cm; Heure : Temps solaire vrai; Arcs diurnes : 15 mars (anniversaire), 25 mars (réalisation du cadran), Equinoxes, Solstices;  
 40 Bd de la Limite, Notre-Dame Limite, 13240 SEPTEMES-LES-VALLONS



$\phi$  : 43° 39' 39'' N;  $\lambda$  : 7° 8' 39'' E;  
 D :  
 Année : 2008; Heure : Temps solaire vrai ; Dimensions : 90 x 70 x 4 cm; Arc diurne : 2 septembre (anniversaire de mariage); Devise : FUI SUM ERO (latin) Je fus, je suis, je serai...

35 Ch. du Dr Donat, 06800 CAGNES SUR MER



$\phi$  : 43° 34' 48'' N;  $\lambda$  : 6° 18' 1'' E  
 D : 163,2 °  
 Année : 2009; Dimensions : 90 x 70 x 3 cm; Heure : Heure d'été  
 Arcs diurnes : 1<sup>er</sup> août (anniversaire de mariage), Equinoxes; Devise : J'ai besoin de la lumière  
 18 Ch. des Laurons  
 83690 TOURTOUR



Cadran Armillaire

$\phi$  : 43° 26' 36'' N;  $\lambda$  : 6° 21' 23'' E  
 Dimensions : 38 x 140 cm; Heure : Temps solaire  
 vrai. Adresse: Pierres de Rosette, Hameau des  
 Moures 83340 LE THORONET



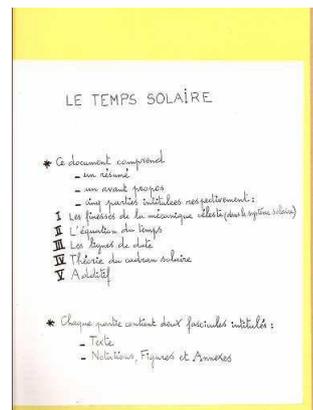
Cadran Horizontal; Dimensions : Ø 100 cm

Heure : Temps solaire vrai corrigé de la longitude et du  
 fuseau horaire de l'heure d'été. Place Sadi-Carnot 83340  
 LE THORONET

## - Edouard BASSINOT :

### • Le Temps solaire

Ce sont des années d'études et de recherches que M. Bassinot met à la disposition de tous. Ce dossier de 170 pages s'est construit progressivement: << Je me posais des questions et j'ai tenté d'y répondre avec enthousiasme mais aussi la naïveté du néophyte. Le "Temps solaire" est également une introduction à la gnomonique. Les termes et notations utilisés sont définis en début de chaque chapitre. Les formules sont détaillées, les calculs explicités afin de ne rien "parachuter".



L'étude comprend cinq parties:

- La 1<sup>ère</sup> partie, qualitative, décrit succinctement les **dérives séculaires et périodiques des plans et axes fondamentaux du trio "Soleil/Terre/Lune"**.

- La 2<sup>ème</sup> partie explique pourquoi le **mouvement apparent du soleil n'est pas uniforme**:

° dans l'écliptique, la vitesse angulaire du soleil varie périodiquement (mouvement à accélération centrale).

° l'inclinaison de l'équateur sur l'écliptique introduit une autre irrégularité périodique.

La superposition de ces irrégularités permet de calculer l'**équation du temps**.

- La 3<sup>ème</sup> partie donne en tout point du globe et en toute saison l'équation de la conique décrite par l'extrémité de l'ombre portée par un piquet vertical sur le plan horizontal du lieu.

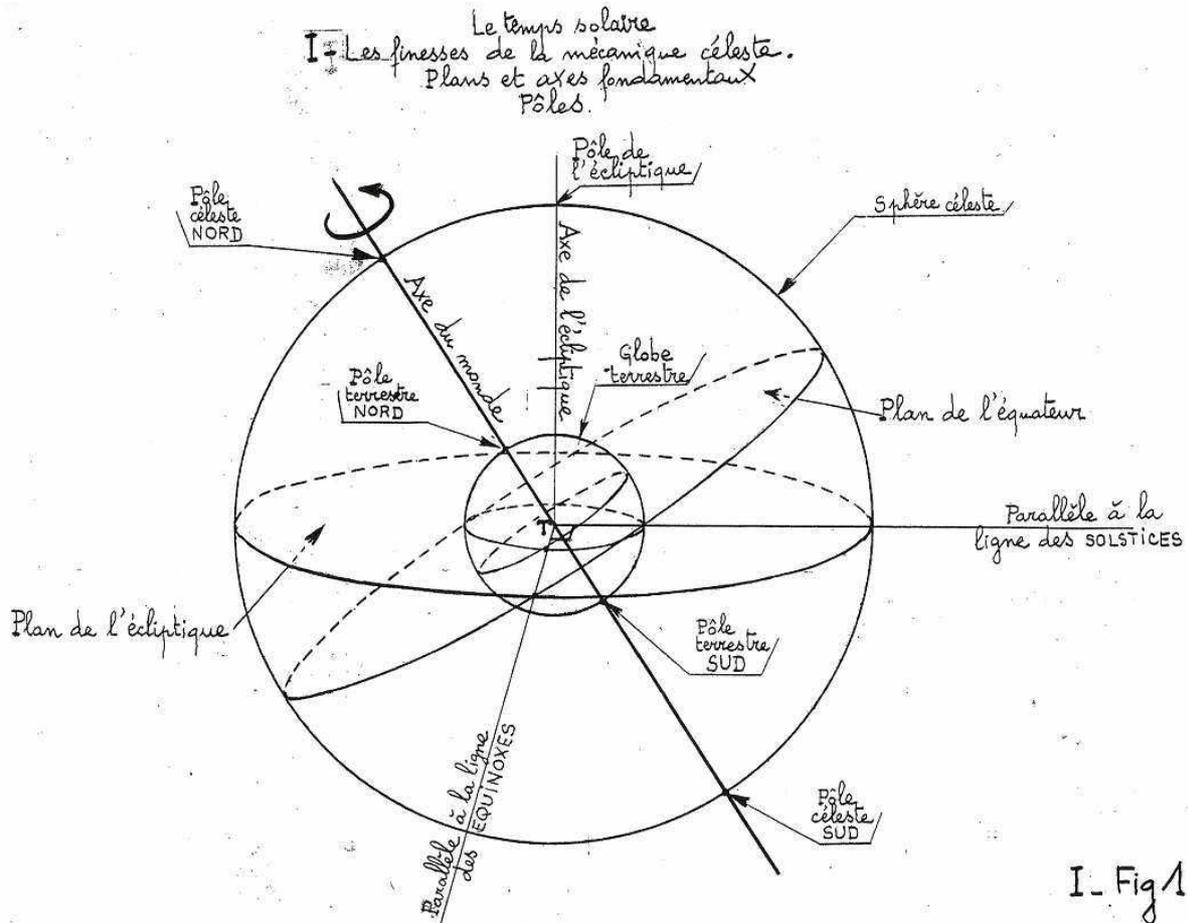
- La 4<sup>ème</sup> partie montre comment trouver la direction et la longueur de l'ombre portée par un style d'inclinaison quelconque fixé sur un mur vertical d'orientation quelconque. Naturellement, les équations se simplifient si le style est parallèle à l'axe du monde.

Au prix d'un léger sacrifice sur la précision du calcul, la 5<sup>ème</sup> partie simplifie l'équation du temps qui "relookée", se traduit à:

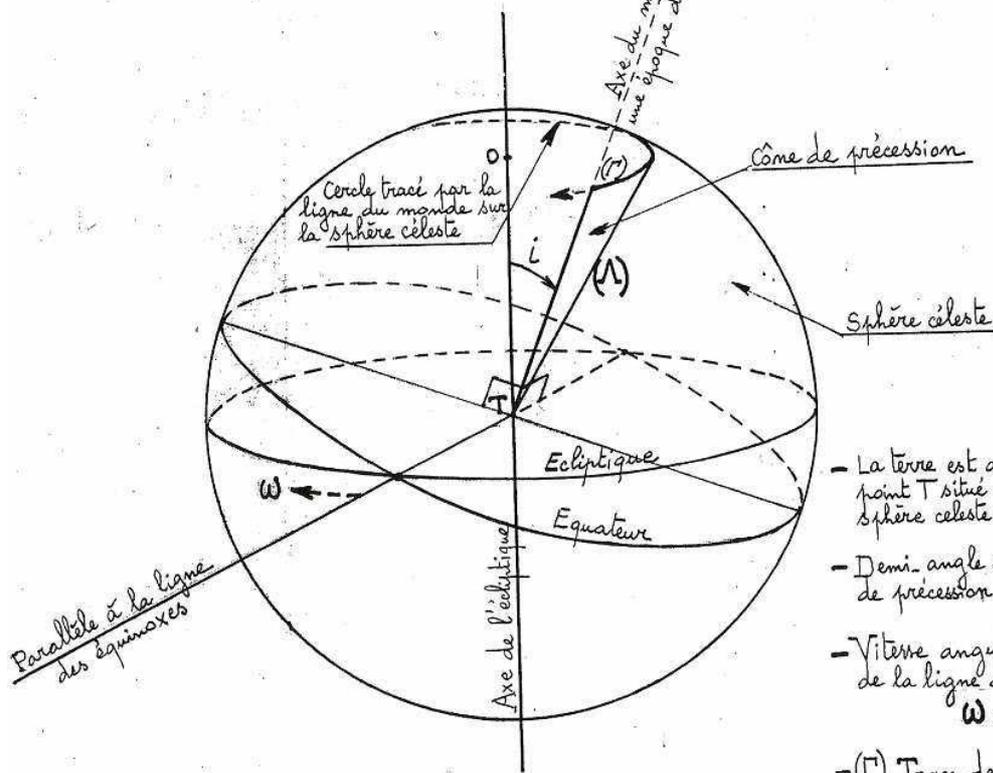
$$E = 7.793 \sin (2J/365 - 5/9) \pi - 9.872 \sin (4J/365 \times \pi).$$

Où E est exprimé en minutes de temps et où J désigne le nombre de jours allant de l'équinoxe d'automne jusqu'au jour du calendrier pour lequel on veut calculer E>>>.

Ci-dessous pour exemples, les figures et notations issues du chapitre I "Les finesses de la mécanique céleste", montrant la précision et les détails de l'étude.



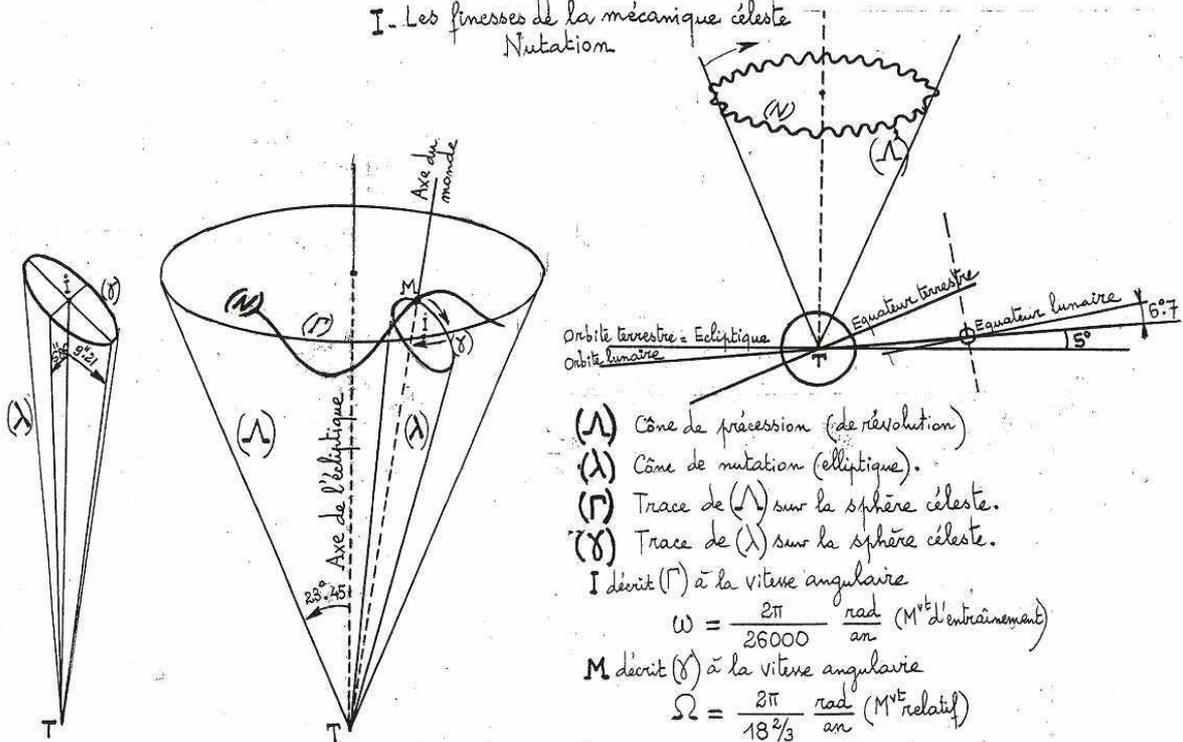
Le temps solaire  
I - Les finesses de la mécanique céleste  
Précession



- La terre est assimilable à un point T situé au centre de la sphère céleste.
- Demi-angle au sommet du cône de précession :  $i = 23^{\circ}.45$
- Vitesse angulaire de rotation de la ligne des équinoxes  
$$\omega = \frac{2\pi}{26000} \frac{\text{rad}}{\text{an}}$$
- (Γ) Trace de (Λ) sur la sphère céleste.

I - Fig 2

Le temps solaire  
I - Les finesses de la mécanique céleste  
Nutation



- (Λ) Cône de précession (de révolution)
- (λ) Cône de nutation (elliptique).
- (Γ) Trace de (Λ) sur la sphère céleste.
- (λ) Trace de (λ) sur la sphère céleste.

I décrit (Γ) à la vitesse angulaire

$$\omega = \frac{2\pi}{26000} \frac{\text{rad}}{\text{an}} \quad (M^{\text{vt}} \text{ d'entraînement})$$

M décrit (λ) à la vitesse angulaire

$$\Omega = \frac{2\pi}{18\frac{2}{3}} \frac{\text{rad}}{\text{an}} \quad (M^{\text{vt}} \text{ relatif})$$

I et M tournent dans le sens rétrograde et M décrit le cercle ondulé (λ).

I - Fig 3

- T Centre de la terre  
 S Centre du soleil  
 $m_s$  Masse du soleil  
 $m_T$  Masse de la terre  
 $m_L$  Masse de la lune  
 $d_{ST}$  Distance moyenne de la terre au soleil  
 $d_{LT}$  Distance moyenne de la terre à la lune  
 $d_{SL}$  Distance moyenne de la lune au soleil  
 $F_{T \rightarrow L}$  Force exercée par la terre sur la lune  
 $F_{S \rightarrow L}$  Force exercée par le soleil sur la lune  
 $F_{S \rightarrow T}$  Force exercée par le soleil sur la terre  
 $(\Lambda)$  Cône de précession  
 $(\lambda)$  Cône de nutation  
 $i$  Demi ouverture du cône de précession  
 ou angle de l'axe du monde avec  
 l'axe de l'écliptique  
 $j$  Demi-ouverture du cône de nutation  
 $(\lambda')$  Cône résultant de la superposition des  
 mouvements de précession et de nutation  
 $(\Gamma)$  Trace de  $(\Lambda)$  sur la sphère céleste  
 $(\gamma)$  Trace de  $(\lambda)$  sur la sphère céleste  
 $\omega$  Vitesse angulaire de précession  
 $\Omega$  Vitesse angulaire de nutation  
 R Rayon de  $(\Gamma)$  : proportionnel à  $i$   
 M Rayon de  $(\gamma)$  : proportionnel à  $j$

 Pour se procurer le document, s'adresser à M. Edouard BASSINOT [ebassinot@gmail.com](mailto:ebassinot@gmail.com) ou Ph. Sauvageot.

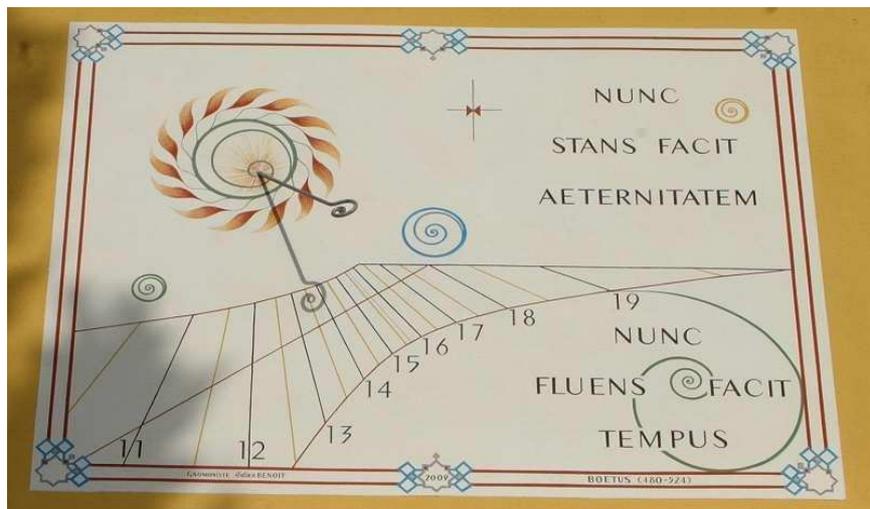
**- Didier BENOIT :**

• Cadran 51 av du Roucan à Carmaux 81400

Tracé et dessin : Dessin de style « art déco » pour cette villa des années 1936. Cadran solaire, réalisé sur enduit de chaux et ciment du fabricant Allemand « Keim ». Tracé et décors réalisés avec des peintures minérales Keim de type « granital ». Le dessin symbolise le mouvement et la fuite du temps par les spirales et leur arrêt imaginé ici par les deux flèches qui se rencontrent et par les spirales fermées. Le vortex cerclé avec le style du cadran font le lien entre le temps qui fuit et celui qui demeure.

L'œil situé à l'extrémité de la spirale du style cueille l'instant qui passe, celui du wortess le fige pour l'éternité.

La police employée pour les écritures et du type « Peignot » (*Le Peignot est une police d'écriture décorative, sans empattement et à construction géométrique, dessinée en 1937 par Cassandre*).



Latitude : 44° 3' N  
 Longitude : 2° 9' EG  
 Déclinaison gnomonique : 44.668°  
 REF SAF : à référencer.  
 Gnomoniste: D. Benoit

Cadran solaire vertical plan. Famille des cadrans à style ponctuel. Cadran à style polaire et à style droit ponctuel de type « bouleté ».  
 Dimension de la table: 225 cm x 175 cm;  
 Déclinaison gnomonique du mur 44.668° (Ouest);

Inclinaison de la table 90°. Style polaire 489.09 mm; Sous styleaire 420.36 mm; Style droit 250.00 mm; Angle style polaire / plan du cadran - 30.74°; Angle horaire à la sous styleaire 54.88°, soit 15h 39min 31s; Angle rotation de la sous styleaire 36.04°.

Devise latine: NUNC STANS FACIT AETERNITATEM, NUNC FLUENS FACIT TEMPUS attribuée à Boèce, philosophe et poète latin (Rome 480 – Pavie 524). L'instant qui demeure fait l'éternité, l'instant qui fuit fait le temps

## - Paul BOHU :

### • Analemme de la Plaine-sur-mer (Loire Atlantique)

C'est au lieu dit "La Tara", en bordure de l'Océan, qu'un cadran analemme a été inauguré le samedi 11 juillet 2009 en présence d'un représentant du Conseil régional, du conseiller général du canton, de Monsieur le Maire de la Plaine-sur-mer, de Madame Fortineau adjointe à la Culture et de Monsieur Charles Joubert adjoint au littoral et initiateur du projet.

Ce cadran analemme a été conçu par Pierre Bourriaud du club d'astronomie Grain de ciel avec la participation et coordination de Paul Bohu du club d'astronomie Orion-Adacv de Saint-Viaud.

Descriptif: Plateforme en béton de 5,5 mètres. Plots horaires, disques de diamètre de 300mm, épaisseur de 40mm. Granit. Plaque d'échelle des dates, 1900mm x 600mm, épaisseur 50mm, granit.



▲ Explications de P. Bohu à Madame Fortineau, adjointe à la Culture.

Pierre Bourriaud, Madame Fortineau, Paul Bohu (caché), Michel Bahuaud Maire, Charles Joubert, initiateur du projet. ▼



**- Michel MONNERIE :**

**• Cadran déclinant à "Prix" 37240 La Chapelle Blanche Saint Martin**

Cadran pour l'azimut 214° donnant l'heure solaire vraie. Graduation toutes les 20 minutes de 8 heures du matin à 7 heures quarante du soir. Pas de corrections (équation de temps ou autres)

Gravé sur l'angle de la maison située à "Prix" 37240 La Chapelle Blanche Saint Martin par 47°04'08" de latitude nord et 0°45'37" de longitude est.

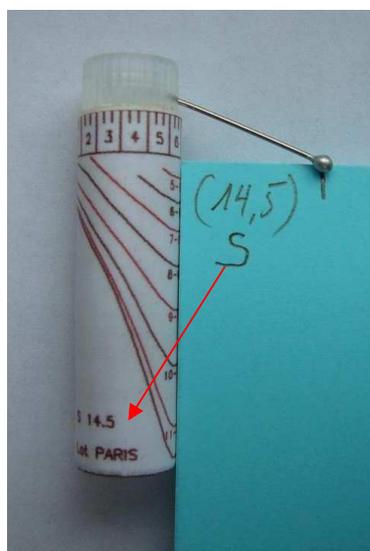
La pierre mesure 51cm sur 30 et le pied du style est scellé à 180 cm du sol.

Sa devise: "Soleil, je sais le prix de l'heure, dis-moi l'heure de prix" est un jeu de mots sur le nom du lieu-dit: "Prix" où il se trouve!



**- Michel KIEFFER :**

**• Un cadran homéopathique**



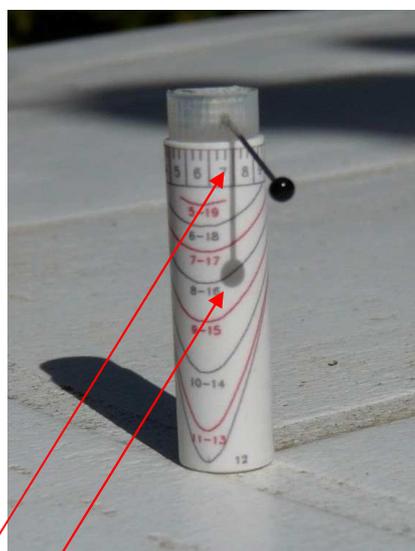
Sur un tube de pilules homéopathiques:

1 Tracer sur une fiche Bristol la distance S imprimé sur le bas du cadran du berger. (mm)

2 Enfoncer à fond le bouchon porte style.

3 Positionner le coin du bristol sur la ligne des X du tracé.

4 Régler le style de façon à ce que le centre de la tête se trouve sur le repère.



Pour lire l'heure:

- 1 Pivoter le bouchon de façon à ce que le style soit situé sur la date du jour. (Graduation 10 jours / mois)
- 2 Présenter verticalement le cadran vers le soleil.
- 3 L'ombre du style doit être à la verticale
- 4 Le centre de la tête du style marque l'heure (ici 8 ou 16 h)



**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° 19.

■ = information encore valable. ● = information périmée, juste pour mémoire

	2009
<p>■ MàJ du logiciel Calcad d'Yvon Massé sur <a href="http://perso.wanadoo.fr/ymasse/calcad">http://perso.wanadoo.fr/ymasse/calcad</a> Sommaire des revues: Le Ciel avril 2009; Deutsche Gesellschaft für Chronometrie N° 116 et 117; Horlogerie Ancienne et d'Art N° 113 et 114; Gnomonica Italiana N° 17 mars 2009; catalogue 148 de Rogers Turner Books; Cadrons solaires de France, un voyage dans le temps, l'espace et une invitation à une promenade gnomonique par Ph. Sauvageot dans l'Astronomie N° 16 de Mai 2009.</p>	N13 09 20/05
<p>● Liste des restaurants pour réunion de notre commission du 30 Mai</p>	N14 09 20/05
<p>■ Sommaire "Le Gnomoniste" volume XVI N°2 de juin: le consulter ou le télécharger à l'adresse: <a href="http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/">http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/</a></p>	N15 09 26/05
<p>■ Logiciels disponibles: "Solarium" et "AlgoSola": M Pierre Jesepe DALLET <a href="mailto:dallet.pierre.joseph@orange.fr">dallet.pierre.joseph@orange.fr</a>; Logiciel "Calcad" de M Yvon MASSE <a href="mailto:ymasse2@wanadoo.fr">ymasse2@wanadoo.fr</a>; Logiciel Shadows de François Blateyron sur <a href="http://pagesperso-orange.fr/blateyron/sundials/shadowspro/fr/index.html">http://pagesperso-orange.fr/blateyron/sundials/shadowspro/fr/index.html</a>; Pierre Schmit <a href="mailto:pierre.schmit@aliceadsl.fr">pierre.schmit@aliceadsl.fr</a> va reprendre le logiciel Solarium-AlgoSola pour le rendre le plus facile possible d'utilisation: On recherche des testeurs.</p>	N16 09 02/06
<p>■ Sommaire "The Compendium" volume 16 N°2 de June 2009, de la North American Sundial Society</p>	N17 09 04/06
<p>■ Sommaire du "Bulletin de la British Sundial Society" volume 21ii June 2009</p>	N18 09 12/06
<p>■ Le plus grand cadran solaire du monde: premières photos de l'inauguration</p>	N19 09 23/06
<p>■ Le plus grand cadran solaire du monde: informations par son réalisateur D. Savoie.</p>	N20 09 26/06
<p>■ CR de la réunion du 30 Mai 2009</p>	N21 09 30/06
<p>■ Un livre à paraître: "De l'analemme aux cadrons de hauteur" Ecrit par Yvon MASSE <a href="mailto:ymasse2@wanadoo.fr">ymasse2@wanadoo.fr</a>; ● Le Centre Mediterrani del Rellogte de Sol invite à un voyage; ■ sommaire de La BUSCA DE PAPER N° 63 de la Societat Catalana de Gnomonica; ● Exposition de cadrons solaires</p>	N22 09 02/07
<p>■ Sommaire de "Scaphe" n° 2 du Centre Mediterrani del Rellogte de Sol</p>	N23 09 10/07
<p>■ Sommaire de Arbeitsgruppe Sonnenuhren N° 37 juin 2009 de la GSA; photos éclipse du 22 juillet; présentation cadran Polaris 1000 et site de la Helios e.K: <a href="http://www.helios-sonnenuhren.de">www.helios-sonnenuhren.de</a></p>	N24 09 28/07
<p>■ Sommaire de "ZONNETIJDINGEN" bulletins N° 49 et 50</p>	N25 09 12/08

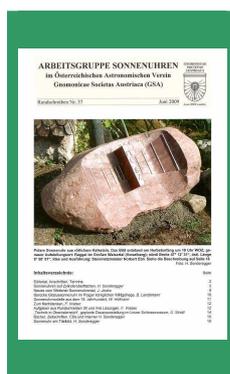


Pour tout renseignement, s'adresser à Ph. Sauvageot.



## Gnomonique du Monde

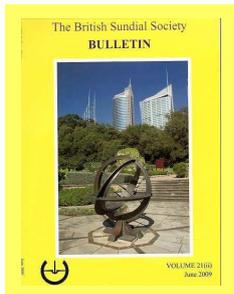
### - Sommaires des dernières revues ou bulletins:



#### **Arbeitsgruppe sonnenuhren im Österreichischen Astronomischen Verein N°37 Juin 2009 (papier) de la GNOMONICAE SOCIETAS AUSTRIACA GSA**

Editorial, Adresses, Termes ; Sonnenuhren auf Zylinderoberflächen, H. Sonderegger ; Neues vom Weitener Sonnenuhrental, J. Jindra; Barocke Globussonnenuhr im Prager königlichen Wildgehege, B. Landsmann ; Sonnenuhrmodelle aus dem 18. Jahrhundert, W Hofmann ; Zum Nachdenken, F. Vrabc ; Aufgaben aus Rundschreiben 36 und ihre Lösungen, F. Vrabc ; "Technik in Oberösterreich", geplante Dauerausstellung im Linzer Schlossmuseum, U. Streitt; Bücher, Zeitschriften, CDs und Interner H. Sonderegger ; Sonnenuhr am Titelbild, H. Sonderegger

o o o o o



**VOLUME 21(ii) – Juin 2009** (papier) de la **BRITISH SUNDIAL SOCIETY**

2. The 67 Sundials of Caius Court, Cambridge - Mick Le Moignan ; 5. Folkard and Ward, Sundials Australia: a visit report - Douglas Bateman ; 8. Reader's Letter - Lester ; 9. Two Newly Discovered Sundials on the Isle of Wight - Elizabeth Hutchings; 10. Errors in Dials at the Wrong Latitude - Tony Belk ; II. The Double Horizontal Dial- Then and Now; at the Oxford Museum of the History of Science - John Davis; 12. The 'Lost' Barrington Stained Glass Dial Rediscovered - John Davis ; 13. Early East-Facing Dials - Tony Wood ; 14. The Adjustment of Wall Mounted Vertical Dials – Ortwin Feustel 18. Sundials Within the Tropics - Malcolm Barnfield ; 24.

An Equatorial Sundial with EoT Adjustment - Roger Bunce 31. The BSS Photographic Competition 2008-9 - Patrick Powers 34. A Lead Domestic Windowsill Dial - Peter Baxandall ; 40. Postcard Potpourri 12-Rock Island Arsenal, Illinois, USA - Peter Ransom ; 41. Altitude Dials for Tropical Regions - Mike Cowham 42. The Prevalence of English Mass (Scratch) Dials c. 1650-Part 1 - Chris H K Williams ; 43. New Dials - Moir, Harber ; 44. The Gravestone of a Sundial Maker - Roger Bowling ; 45. A Novel Reflecting Dial in Sweden - Dina Hviid and Curt Roslund ; 46. Chiming Sundial - JD

o o o o o



**GNOMONICA ITALIANA N° 17 mars 2009** (papier) de la **COORDINAMENTO GNOMONICO ITALIANO - CGI**

2 Un metodo inusuale per tracciare graficamente un orologio solare- Alessandro Gunella; 6 L'orologio solare piano verticale di Altino romana-Paolo Albéri-Auber; 13 Nuove soluzioni,- Gianni Ferrari ; 14 Rassegna Stampa- Alessandro Gunella; 16 Quiz- Alberto Nicelli; 17 Il problema del foro- Gino Bressan; 18 Gli orologi solari del Palazzo di Giustizia a Mondovì (CN)- Riccardo Anselmi ; 24 Spunti per la didattica- Maria Luisa Tuscano; 26 Due coppie di quadranti solari a riflessione- Giorgio Mesturini; 29 Recensioni- Gianni Ferrari; 31 L'orologio lunisolare di casa Pascoli a

Castelvecchio in Garfagnana- Pier Giuseppe Lovotti; 36 Kircher e la tartaruga- Alessandro Gunella; 37 Eventi- Fabio Garnerò; 39 Le ore antiche, il percorso travagliato del primo sistema orario- Fabio Savian; 49 Congressi gnomonici- Giorgio Mesturini; 51 L'orologio di san Willibrord ed i diagrammi radiali antichi e medievali- Mario Arnaldi; 58 Un'antica formula approssimata usata per più di mille anni- Gianni Ferrari

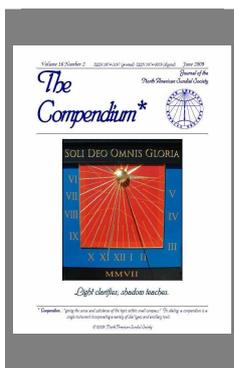
o o o o o



**LE GNOMONISTE Volume XVI- 2 Juin 2009** (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: XVI-2) par André E. Bouchard- 2; Les Inuit canadiens et la mesure du temps par Mélanie Desmeules – 4; (DOSSIER) Le cadran du XVIIe siècle de Pointe-à-Callière – 7; Une analyse des secrets du cadran du 17e siècle par André E. Bouchard- 8 La vitrine du cadran du Musée par Pointe-à-Callière et la CCSQ- 14; Les maquettes du cadran de Pointe-à-Callière par André Beaulieu- 16; Correspondance- 18; Un cadran sur l'avenue du Mont-Royal par Geneviève Massé- 21; Un nouveau cadran à Saint-Damien par Yvette Bernard et Henri Jaffart- 24

o o o o o



**"THE COMPENDIUM vol 16-2 Juin 2009"** (sur CD) de la **NORH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY**

Sundials for Starters – The NASS Website Robert L. Kellogg 1; Another Shadow Plane Hours Until Sunset Dial Mac Oglesby 4; Intersection Of Equinox Line And Substyle Line Herbert O. Ramp 5; The Enigma Of Ai Khanum Jack Aubert 6; Quiz Answer: Bob's Design Parameters Ortwin Feustel 11; Development Of The Christ Church Sundial Don Petrie 13; Polar Storm Fred Sawyer 15; Quiz: Mr. Williams' Shaded Plot Fred Sawyer 16; The Sundial, Conscientious Objector (Poem) Amos R. Wells (1921) 16; A Sundial Dating To The 17th Century André E. Bouchard 17; Method For Recovering Design Parameters Of A Sundial Gianpiero Casalegno 21; Digital Bonuses 28; Angling For Precision Tony Moss 29; The Tove's Nest 38

o o o o o



**SCAPHE N° 2 été 2009** (sur papier) du **CENTRE MEDITERRANI DEL RELLOTGE DE SOL**

Editorial pàg. 3 - Re/ojes canonicos con numeracion (2e parte) pàg. - El tiempo y el sol en el antiguo Egipto pàg.10 - Cinclaus, els rellotges de sol i Victor Català pàg.14 - La filatelia y la gnomonica-III pàg.18 - La meridiana di Palazzo Pitti pàg. 20 - Recorregut per la poblacio de Tordera pàg. 29 - Agenda - Resum d'activitats pàg. 33 – Incorporacions al catàleg del CMRS pàg. 35.

Avec un cadran solaire horizontal à découper (latitude 40°N)

o o o o o



**La BUSCA de PAPER N° 63 Printemps-été 2009** (CD et papier) de la **SOCIETAT CATALAN DE GNOMONICA**

**Correus dels Socis**- 4; **Dies de sol**. Crònica gnomònica de la primera expedició de discapacitats al Pol Sud, per X. Valbuena- 5; **2<sup>a</sup> Trobada Gnomònica - Mallorca 2009**, per C. Bou- 9; **Per a navegants**- 10; **Quadrants solars dels Alts-Alps**. Quadrants dels Escartons, per A. Ferreira- 11; **Mesura del radi de la terra**, per P. Closas- 14; **Relloige vertical declinant amb hores solars i oficials**, per V. González- 16; **Una cronologia de la cronometria (II)**, per E. Farré- 18; **Notícies gnomòniques**- 20; **Seguim parlant de lemes**, per C. Bou- 21; **Equació del temps i analemes (II)**, per J. M. Casals- 23; **Textos en castellà**- 26; **20 Anys de la Busca de Paper**- 3

o o o o o



**"ZONNETIJDINGEN" bulletin 2009-1 (49)** (papier) de l'association flamande **"ZONNEWIJZERKRING VLAANDEREN"**.

Voorwoord 3; Een zonnewijzer die veel zwijgt maar wei heel mooi is 4; Een historische zonnewijzer 7; Leiden kreeg (bijna) de grootste zonnewijzer van Nederland 9; Uiterste uren zonneshijn op een willekeurig zonnewijzervlak (deel 3) 12; Boekbespreking " Les méridiennes du monde et leur histoire par Madame A. Gotteland 15; Kringleven 17.

**"ZONNETIJDINGEN" bulletin 2009-2 (50)**

VoonNoord 3; Rupelmonde heeft nu ook een analemmatische zonnewijzer 4; Uiterste uren zonneshijn op een willekeurig zonnewijzervlak (deel 4) 6; Bohan, een zonnewijzer rijker 8; Het zonnewijzerontwerp van het Prinsenhof in Groningen (deel 1) 11 ; Van wanneer tot wanneer 'werkt' een zonnewijzer? 15; Kringleven 17; Article et photo (D. Collin) du cadran sur le barrage de Castillon 18.

o o o o o

 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.

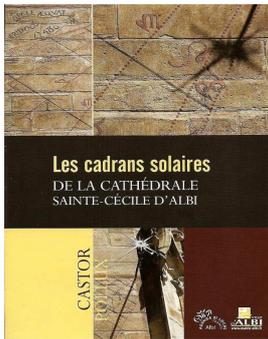
**- Informations des sociétés gnomoniques:**

° **SCHWARZINGER Karl**, âgé de 80 ans, se retire de son poste de président de la **GNOMONICAE SOCIETAS AUSTRIACA (GSA)**. Il nous informe que le nouveau président est **HUSTY Peter** ("Pucateur principal du Musée de Salzbourg"). Nous souhaitons bonne continuation à M. Schwarzingler et la bienvenue à M. Husty.



**° Autres informations**

**- Brochure "Les cadrans solaires de la cathédrale d'Albi"**



Suite à la restauration des 2 cadrans solaires de la cathédrale Sainte-Cécile d'Albi par M. **Didier Benoit** (Cadran-Info N° 19), la mairie a édité un dépliant présentant et expliquant les cadrans jumeaux.



**- Montres-Cadrans solaires**



**M. Jean Fort** nous a fait parvenir les photos de deux montres-cadrans solaires exposées au musée d'Arras dans le Pas-de-Calais. << Ces cadrans horizontaux, orientés à l'aide d'une petite boussole, servaient à les mettre à l'heure. De tels instruments, véritables ouvres d'art étaient rarissimes.

La montre-cadran avec couvercle articulé (photo de gauche) serait de N. Lemaintre de Blois, vers 1620. Le boîtier est en laiton fondu, ciselé, doré. La décoration représente des animaux fantastiques et de chasse. L'autre cadran serait du XVIIIème siècle.



**- Exposition des cadrans de M. PJ Dallet**



Monsieur Dallet a prêté à l'Office de Tourisme de Meymac (19), 27 de ses cadrans solaires pour une exposition durant l'été 2009. Il s'agit d'un échantillon des différents types de cadrans qu'il a réalisés. Pour exemple, il nous présente les éléments contractuels passés entre lui et l'OT.

<<Le prêt était sans aucun but lucratif et a fait l'objet d'un contrat comportant:

° **Lettre de voiture:**

- Expéditeur (nom, adresse):
- Destinataire (nom, adresse):
- Date:
- Réserves et observations du transporteur lors de la prise en charge de la marchandise :
- Transporteurs successifs, noms, adresses :
- Objets transportés : Créations originales de cadrans solaires, prêtées durant l'été 2009 pour une exposition à Meymac: noms des cadrans, n°, photo de chaque cadran.
- Nombre de cadrans prêtés :
- Frais de transport aller et retour à la charge de l'Office de Tourisme de Meymac.
- En cas de besoin d'expertise (Casse, disparition, etc.) : Expert désigné : Mr X, adresse. Si cela lui été impossible nous choisirions un autre gnomoniste, membre de la CCS SAF réalisateur de cadrans, professionnel.

Date et signatures du propriétaire/expéditeur, du voiturier, du destinataire

° **Conditions d'exposition:** Liste des cadrans signée des deux parties. Les petits cadrans devaient être sous vitrine. L'ensemble était assuré contre la disparition et la casse par l'exposant. L'office de Tourisme a payé une assistante pour surveillance et a assuré le transport. Des photos in situ ont été prises.

° **Autorisation de photos et leurs publications** remis aux médias, s'ils voulaient écrire un "papier": Hors des publications par livres, les publications des photos sont libres.

L'auteur n'est affilié à aucun organisme d'encaissement et de gestion des droits d'auteur.

La publication des photos par des livres doit être autorisée par l'auteur par l'autorisation écrite.

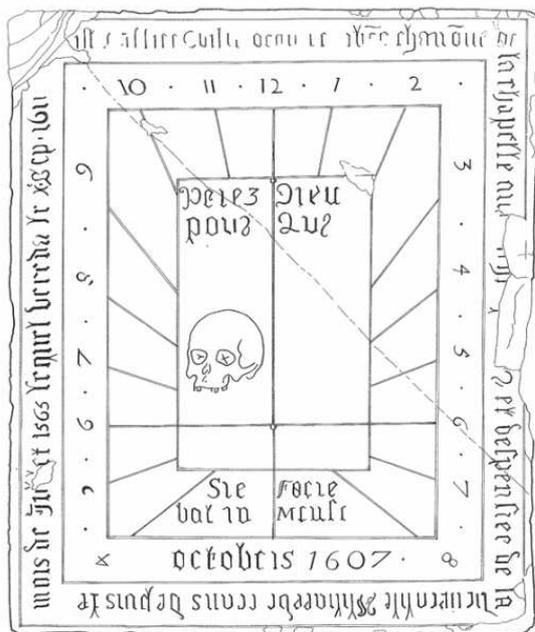
Contreparties aimablement demandée:

Pour les livres un exemplaire de l'ouvrage, à chacune des personnes ayant un droit d'auteur.

Pour les cartes postales. : Quelques cartes postales remise au propriétaire du cadran.

Pour les revues, journaux, télé : rien n'est demandé. >>

**- Conférence: "La gnomonique à travers les âges".**



C'est le vendredi 26 juin à 18h15, que **Denis Savoie** a donné une conférence sur les cadrans solaires au **Musée archéologique de Dijon** (5 rue du Docteur Maret). Cette intervention a eu lieu dans le cadre de la présentation d'un cadran solaire sur une tombe du 17<sup>ème</sup> siècle. Cette pièce très rare a été sorti des collections du musée spécialement pour la fête du soleil. Il s'agit d'une véritable énigme. Le cadran solaire a été réalisé en 1607, utilisé en pierre tombale en 1611 pour Guillaume Ocquidem, moine aux fonctions importantes de l'abbaye Saint-Benigne. Cette utilisation était-elle préméditée?

L'action a été conduite en partenariat avec la Section Astronomie de Valduc et de la Société Astronomique de Bourgogne.

(Photo et texte (partiel), issus du site web)

**- Inauguration du cadran solaire du barrage de Castillon.**

L'inauguration du cadran géant réalisé sur le Barrage hydro-électrique de Castillon s'est tenue le 20 juin 2009. Outre les personnalités d'EDF, des autorités, des membres de la commission étaient venu pour assister à cette cérémonie. Denis Collin a mis sur son site [http://cadsol.ovh.org/Barrage-Castillon\\_WEB/index.html](http://cadsol.ovh.org/Barrage-Castillon_WEB/index.html), un reportage photos. Voici quelques uns de ces instantanés.



Sur ces photos nous pouvons voir: les différentes personnalités et leurs invités, Denis Savoie, la devise du cadran, Gérard Baillet expliquant les recherches qui ont permis la réalisation du cadran, Denis Savoie et Roland Leboucq, concepteur du cadran, quelques vues du barrage. Il est 11h vrai.

### **- Randonnées et cadrans solaires dans le Queyras (27/06 au 7/07)**

Alain Ferreira a proposé à divers associations : (1) (2) (3) (4) (6), un séjour d'une semaine, du 27 juin 2009 au 4 juillet 2009, dans le Queyras (Hautes-Alpes), haut lieu des cadrans solaires, avec un supplément du 4 au 7 juillet dans le Briançonnais. 25 personnes ont participé à ces journées des plus sympathiques et d'une richesses incroyable.

### Samedi 27 juin 2009

Arrivée des participants, installation, dîner.

Soirée : réunion d'informations entre nous et organisation de la semaine.

### Dimanche 28 juin 2009

- Matin : visite de la vallée d'Arvieux, son habitat traditionnel et ses cadrans solaires.

Brunissard. visite du four banal qui n'était utilisé qu'une à deux fois par an pour cuire le pain de seigle, la fruitière, la Tour du Procureur, lorsqu'on y sonnait sa cloche, tout le hameau se réunissait pour régler les corvées, curer les canaux, faire le pain etc. ...

A Arvieux, nous remarquons le cadran de l'école, créé par les élèves, puis celui de l'église, de la Maison du Parc daté 1845, et les deux cadrans complémentaires de la maison Fantin datés 1717, enfin un cadran de Zarbula.

Midi : pot d'accueil et repas au centre de vacances.

- Après midi : Visite des cadrans solaires de la vallée du Guil : Ville-Vieille, Aiguilles qui fête son dernier jour de la foire aux livres et Abriès avec ses cadrans et ses pierres gravées

- Soirée : Diaporama faune et flore du Queyras par Ben (conférence offerte par le centre de vacances.

### Lundi 29 juin 2009

- Matin : Randonnée au lac de Roue, paysage alpin, flore endémique : maignante trifoliée, linaigrette libellule bleue ; marche jusqu'au village de Souliers, retour par le canal d'irrigation, de nombreuses orchidées sur le chemin. Retour voiture par le Clos du Riou, ferme isolée sortant de nulle part et comportant deux cadrans attribués à Giovanni Francesco Zarbula.

- Après midi : visite des cadrans du Guillemois, Mont-Dauphin, Saint-Crépin et Eygliers. Visite du fort Vauban de Mont-Dauphin avec un guide des Monuments Historiques.

Atelier Acacia : Joseph Auvray cadranier et membre de la commission des cadrans solaires de la SAF, nous présente un diaporama sur les difficultés rencontrées à travers les quelques 200 cadrans qu'il a réalisés.

- Soirée : Michel Ugon nous présente un diaporama sur la méthode de Zarbula, reprise des travaux de Paul Gagnaire et présentation de sa découverte du (des) points Z (voir cadran Info)

### Mardi 30 juin 2009

- Matin : randonnée dans les chalets d'alpage de Clapeyto.

- Après midi : Visite des cadrans solaires de Moline-en-Queyras et de Saint Veran. Michel Ugon nous fait découvrir le mystère du cadran dédié à l'éclairage de la statue de Saint Romain de l'église de Moline (voir cadran Info)

Cadrans solaires de Saint Veran et visite du musée du Soum commentée par Isabelle Pouderoux.

- Soirée : Alain Ferreira nous présente un diaporama sur l'histoire du pays du Viso à travers les cadrans solaires.

### Mercredi 1er juillet 2009

- Journée en Italie.

Val Varaita, les cadrans de Chianale, Ponte-Chianale et Casteldelfino.

Fabio Garnero, cadranier de la région de Cuneo, nous fait découvrir la magnifique vallée de Bellino et les 35 cadrans qu'il a restauré avec le cadranier Luccio Maria Morra en 1999 (Société Solaria).

Le musée des cadrans solaires de Celles nous ouvre exceptionnellement ses portes.

- Soirée : Avec beaucoup d'humour, Majo Diaz Andreu nous présente un diaporama sur les cadrans de Catalogne et une maquette d'un cadran sphère.

Francis Reymann nous présente des maquettes didactiques complexes expliquant les différents cadrans analemmatiques.

### Jeudi 2 juillet 2009

Ce jeudi 2 juillet nous nous divisons en trois groupes.



- Un groupe de bons marcheurs, amateurs de géologie, sous la conduite de Jean-Louis Narjoux va faire découvrir les pilows lava (oreillers de laves) du massif du Chenaillet à 2650 m d'altitude. Il s'agit de la remontée d'un fond océanique de l'ancienne mer de Thetis sous la poussée de la plaque tectonique africaine. Cette formation géologique est unique au Monde. Voir : [http://www.geol-alp.com/brianconnais/lieux\\_Cervieres\\_ENevache/Chenaillet.html](http://www.geol-alp.com/brianconnais/lieux_Cervieres_ENevache/Chenaillet.html),

- De leurs côtés, nos amis espagnols partent en voiture découvrir les cadrans du Haut Ubaye.

- Pour le troisième groupe :

Matin : Randonnée au lac Souliers (2492 m d'altitude)

Après-midi : Cadrans solaires de Meyriès et du Rouet.

Soirée : Véronique Hauguel nous présente un cadran Capucin Régiomontanus, un Nocturlabe complexe et un Astrolabe. Ce sont de magnifiques copies en laiton d'objets anciens réalisés par un Lycée Professionnel.

#### **Vendredi 3 juillet 2009**

Randonnée journée au village des Escoyères, deux cadrans solaires de Zarbula, chapelle avec fresques d'un cadranier inconnu et pierres romaines de réemploi attestant une présence ancienne des Romains.

- Soirée : Antonio Canones nous présente les cadrans solaires qu'il a réalisés, visibles sur son site :

<http://webs.ono.com/andana>

Il nous présente également le riche site AARS : Asociacion Amigos de los Relojos de Sol : <http://relojesdesol.info>

On y trouve entre autres de belles photos des cadrans solaires de Paris.

<http://relojesdesol.info/gallery2/main.php/gallery/otros/fr/1-d-fr/>

#### **Samedi 4 juillet 2009**

- Matin : La plupart des participants nous quittent mais certains continuent avec la découverte des cadrans du Briançonnais.

Visite des cadrans de la vallée de la Durance, Saint-Martin de Queyrières, Saint Blaise, Prelles, Chamandrin, Puy Saint-Pierre.

Déjeuner dans notre nouveau centre de vacances à Serre-Chevalier.

- Après midi : Visite la ville fortifiée de Briançon, ses cadrans solaires.

#### **Dimanche 5 juillet 2009**

- Matin : Visite des cadrans de la vallée de la Clarée : Les Alberts, La Vachette, Le Rosier, Val-des-Près.

- Après midi : Visite des cadrans de la vallée de la Vallouise : Les Vigneaux, Puy-Saint-Vincent, Le Villard de Vallouise.

Fin d'après midi, piscine, spa et sauna.

- Soirées : Visite nocturne des cadrans de la Salle-les-Alpes.

#### **Lundi 6 juillet 2009**

Journée en Italie.

- Départ de nos amis espagnols accompagnés par Serge et Anne-Marie Grégori pour la découverte de 65 cadrans solaires dans le Val Chisone.

#### **Mardi 7 juillet 2009**

- Dernier jour de la découverte des cadrans solaires dans la vallée de la Guisane (Serre-Chevalier) avec nos amis espagnols accompagnés par Serge et Anne-Marie Grégori.

(1) CCSSAF : Commission des cadrans solaires de la Société Astronomique de France

<http://www.astrosurf.com/saf/> > Commission des Cadrans Solaires.

(2) CCA Club Chavillois d'Astronomie: <http://astronomie.chaville.free.fr/>

(3) ACDS : Association Création Diffusion Sciences : <http://acds.viabloga.com/>

(4) AARS : Asociacion Amigos de los Relojos de Sol: <http://relojesdesol.info>

(5) CLEA : Comité de Liaison Enseignants Astronomes Cahiers Clairaut: <http://www.ac-nice.fr/clea/CleaCahiers.html>

(6) CMRS : Centro Mediterraneo de los relojes de sol: <http://www.rellotgedesol.org/>

(7) Association les Amis de Camille Flammarion: <http://www.astrosurf.org/amis2camille/>

(8) Dasypodius : <http://dasypodius.free.fr/>



Photos d'Antoine et Bénédicte Duflocq

Michel Kieffer prépare un diaporama sur ce magnifique voyage de découverte. Il sera présenté et disponible sur CD lors de la prochaine réunion du 17 octobre à Paris.

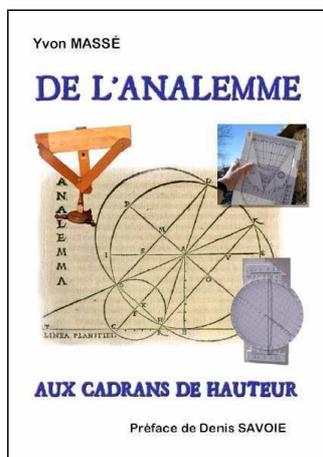
Italie: Val Bellino ▼

Alain Ferreira



## Des livres et des revues

### - Nouvelles publications:



#### ■ DE L'ANALEMME par Yvon MASSE (A paraître le 17 octobre 2009)

Dans un format agréable à consulter, une compilation des 4 articles "De la résolution du triangle sphérique de position par l'analemme à différents cadrans de hauteurs" publiés dans Le Gnomoniste depuis décembre 2006, avec: Préface de Denis Savoie; Nombreuses corrections et additions; Figures de référence en planche à la fin du recueil pour faciliter l'étude; Redécouverte récente: le "sabot à voile" était déjà publié en 1535 par Hartmann !; Bibliographie complétée avec des liens Internet vers les ouvrages numérisés; Annexe avec tableaux de synthèse soit un livre d'environ 100 pages, format 14 x 20 cm.

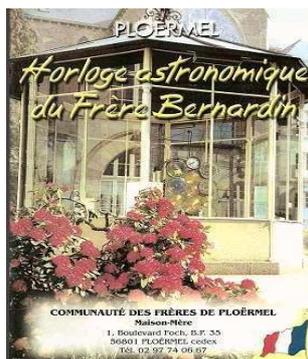
Prix de vente: 13,50 Euros + frais de port: En France: 2,50 Euros; En Europe: 4,50 Euros; En Amérique du nord: 6,00 Euros. S'adresser à:

## Yvon Massé 2 ruelle de la Ravine, 95300 PONTOISE

<<L'analemme nous vient de l'antiquité grecque. C'est une méthode géométrique pour résoudre les problèmes de la sphère céleste.

Le principe de l'analemme utilise principalement une projection orthogonale sur le plan du méridien, plan de référence pour la mesure de l'angle horaire et de l'azimut. Ces angles sont limités par un second plan qui peut, lui aussi, recevoir la projection de l'analemme. L'emploi de ces derniers plans n'a, semble-t-il, jamais été évoqué dans l'histoire de la gnomonique. Cet emploi donne toutefois une clef particulièrement performante pour expliquer le principe de certains cadrans de hauteur caractérisés par des lignes exclusivement géométriques (droites, cercles et ellipses).

Après un rappel sur la technique de l'analemme, ce livre recense l'ensemble de ces cadrans qui ont aussi, pour la plupart, la particularité d'être universels. Chaque cadran est analysé et situé dans le contexte historique de son invention>>.



### ■ HORLOGE ASTRONOMIQUE du frère Bernardin

M. **Gauthier Marcel** nous a communiqué une revue d'une cinquantaine de pages de la communauté des Frères de Ploërmel\*, présentant l'horloge astronomique mécanique réalisé par le frère Bernardin MORIN entre 1850 et 1855.

Ce recueil présente outre l'horloge, ses détails, des courriers de l'ecclésiastique, des explications sur le temps et les mouvements des planètes.

\* 1, boulevard Foch, BP 35, 56801 Ploërmel cedex tél: 02 97 74 06 67



### Quelques Sites internet

- Une adresse toujours bonne à connaître, celle de l'**Institut Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides** (Information de M. PJ Dallet) Outre l'Astronomie pour tous, offrant la connaissance du système solaire, la connaissance du temps ... vous pouvez trouver des informations ponctuelles telles: la direction de La Mecque grâce au soleil (Cadran Info N° 19) ou l'heure de coucher du soleil dans l'axe du Grand Canal à Versailles (type de calcul réalisable avec le logiciel AlgoSola de M. Pierre Joseph Dallet.

<http://www.imcce.fr/page.php?nav=fr/actualites/actu.php?news=88>

- Le site de M. **Guillain SEUILLOT**, permet de réaliser des **cadrans rapidement** par des relevés d'orientation à l'aide des outils GoogleEarth ou Géoportail puis de l'emploi de son logiciel.

<http://guillain.seuillot.free.fr/>



### Articles à paraître dans le prochain Cadran Info

Merci aux auteurs ci-dessous pour leurs articles en réserve de publication:

\* **Gagnaire Paul**

\* **Gotteland Andrée**

\* **Denis Savoie**

\* **Dominique Collin**: Traduction de "Recherche sur le caractère géométrique des lignes horaires dans les cadrans solaires antiques par T.S. Davies, Esq. F.R.S.Ed. F.R.A.S".

Les informations du présent bulletin sont arrêtées au 31 Août 2009.

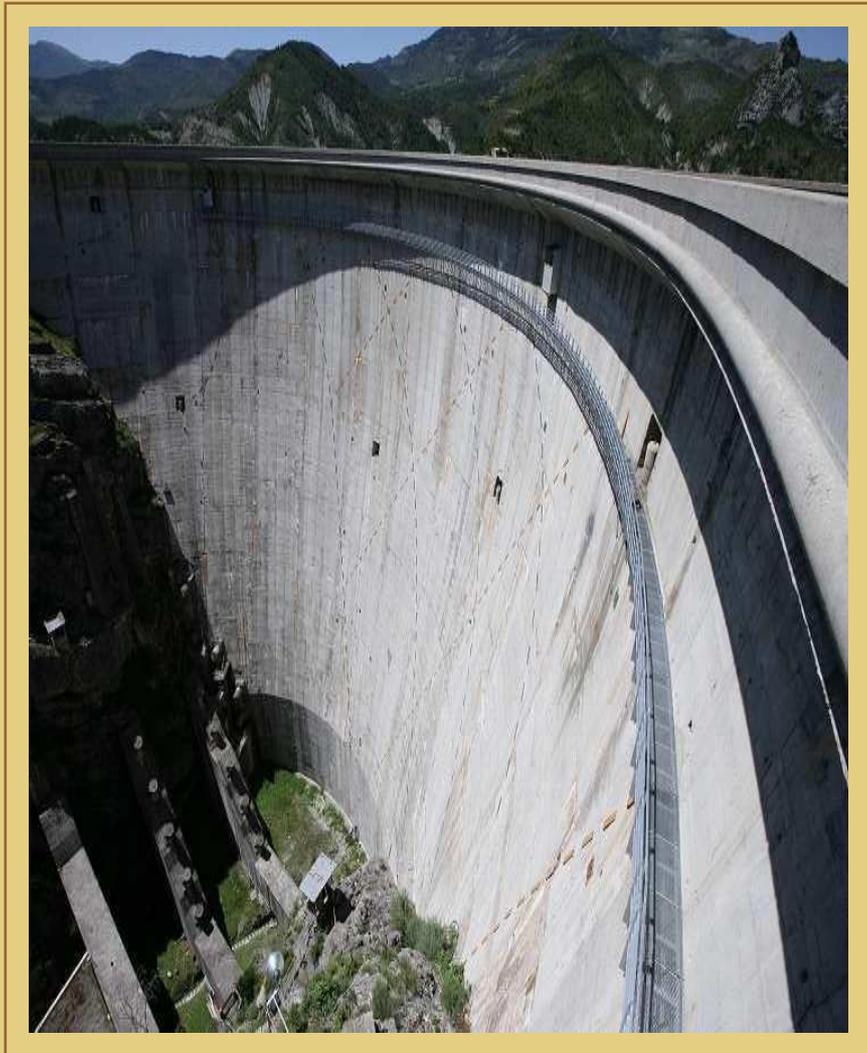


photo de Denis SAVOIE

Cadran du barrage de Castillon