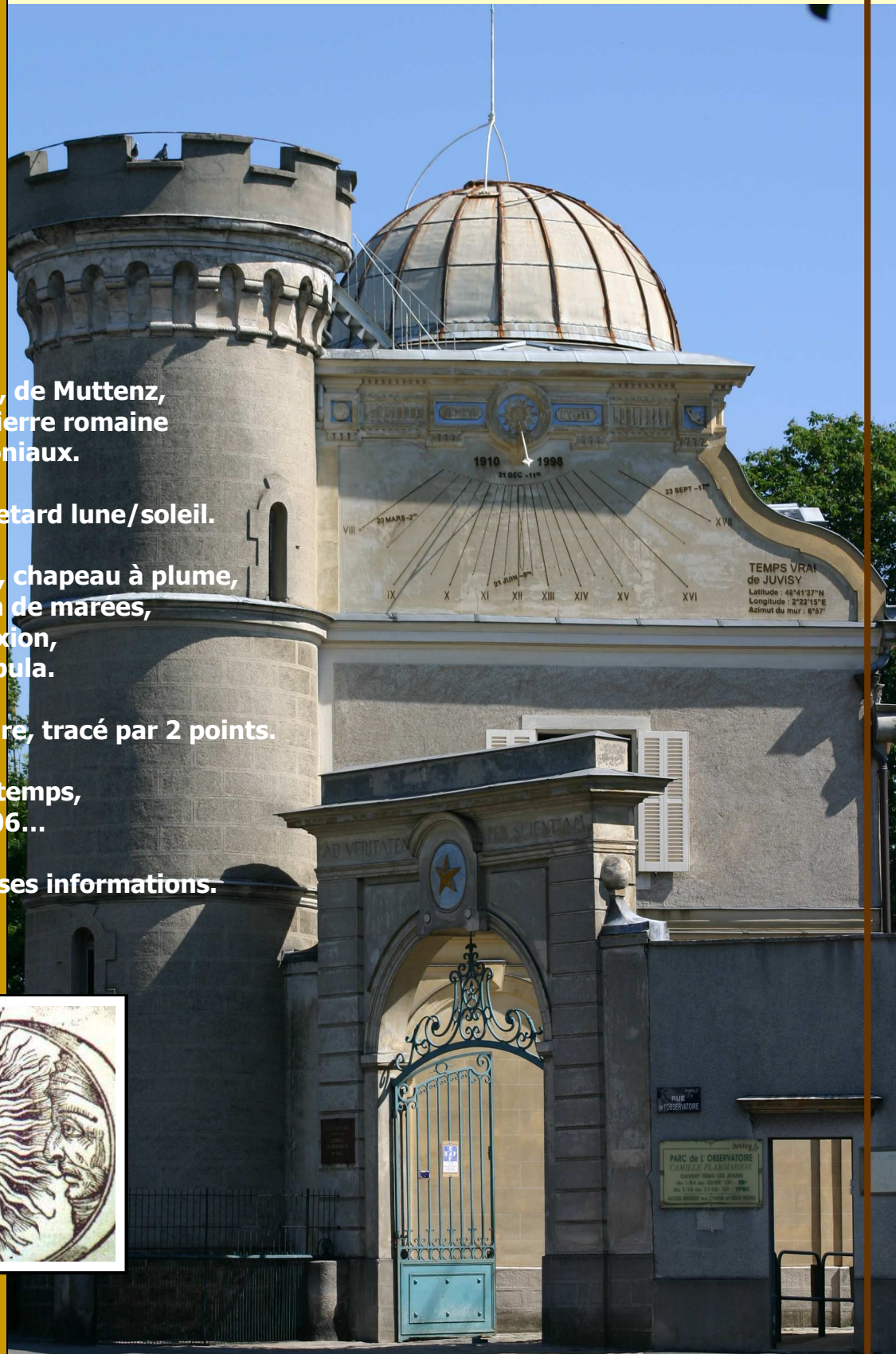


[www.saf.fr](http://www.saf.fr)

### Au sommaire :

- Descriptions:  
cadrans du Tarn,  
de Lyon, de Die, de Muttenez,  
à 124 faces, pierre romaine  
cadrans canoniaux.
- Etudes:  
durée du jour, retard lune/soleil.
- Explications:  
cadran sur tasse, chapeau à plume,  
bifilaire, cadran de mares,  
cadran à réflexion,  
le "style" Zarbula.
- Technique:  
graver sur marbre, tracé par 2 points.
- Divers:  
Rapport avec le temps,  
inventaire 2006...

et de nombreuses informations.





Cadran "Chapeau" de PJ Dallet



## Sommaire du N° 14

|  |  |                          |    |
|--|--|--------------------------|----|
| <a href="#">Nouveaux cadrans du Tarn</a>       |  | Benôît D                 | 6  |
| <a href="#">Cadran à 124 faces</a>             |  | Busquets JS              | 9  |
| <a href="#">Cadran "Chapeau à plume"</a>       |  | Dallet P J               | 12 |
| <a href="#">Cadran pour "Petit déjeuner"</a>   |  | Dallet P J               | 14 |
| <a href="#">Retard Lune/soleil</a>             |  | Dallet P J               | 18 |
| <a href="#">Pierre romaine</a>                 |  | Del Favero E             | 20 |
| <a href="#">Cadran à réflexion</a>             |  | Echard JF                | 28 |
| <a href="#">Cadran de l'hôtel Dieu</a>         |  | Gagnaire P               | 35 |
| <a href="#">Plaidoyer pour les heures...</a>   |  | Gojat P                  | 38 |
| <a href="#">Cadran par 2 points</a>            |  | Massé Y                  | 50 |
| <a href="#">Cadran de la cathédrale de Die</a> |  | Oudenot P                | 54 |
| <a href="#">Géométrie bifilaire</a>            |  | Rouxel B                 | 55 |
| <a href="#">Cadran des marées</a>              |  | Robic J                  | 57 |
| <a href="#">Durée du jour</a>                  |  | Savoie D                 | 61 |
| <a href="#">Inventaire 2006</a>                |  | Sauvageot Ph/ S. Grégori | 65 |
| <a href="#">Cadrans canoniaux</a>              |  | Scheiner D               | 67 |
| <a href="#">Jouets astronomiques</a>           |  | Theubet J                | 71 |
| <a href="#">Le Style Zarbula</a>               |  | Ugon M                   | 74 |
| <a href="#">Graver sur le marbre</a>           |  | Vandenheede/ Theubet J   | 90 |
| <a href="#">Informations diverses</a>          |  |                          | 96 |

Version numérique CDrom:

*Cliquer sur le titre (souligné) de l'article pour ouvrir celui-ci (lien hypertexte)*

Indique que l'étude détaillée ou le logiciel est inclus dans le dossier "annexe" de la version sur CDROM:

### Couverture de "Cadran Info"

Cadran solaire de la SAF ornant l'entrée de l'observatoire de Camille Flammarion à Juvisy (Essonne)  
 Caractéristique du cadran: vertical méridional déclinant (6°57'), latitude 48°41'37" N, longitude 4°22'15" E.  
 Date de construction: 1910, restauration en 1998.

Photo P. Gojat

# CADRAN-INFO

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

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

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

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

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

A partir du N°11, les logiciels ou certains documents présentés 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, Belgique, Canada, Espagne, Italie, République Tchèque, 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 leur responsabilité.
- ◆ Les articles<sup>1</sup> sont à envoyer à Ph. Sauvageot (directement à son domicile) sur disquette/CDrom PC (logiciel Word, Excel, Access) éventuellement sur papier. Certains sujets pourront être repris dans une parution ultérieure de "L'Astronomie" ou "Observations & Travaux".
- ◆ Les personnes qui souhaiteraient que leurs articles soient réservés exclusivement aux revues "L'Astronomie" ou "Observations & Travaux" devront le préciser dans leurs envois.
- ◆ Toute reproduction totale ou partielle des présents articles ne peut se faire qu'avec l'accord des auteurs.
- ◆ Les articles, documents, photos... ne sont pas retournés aux auteurs après publication.

## **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

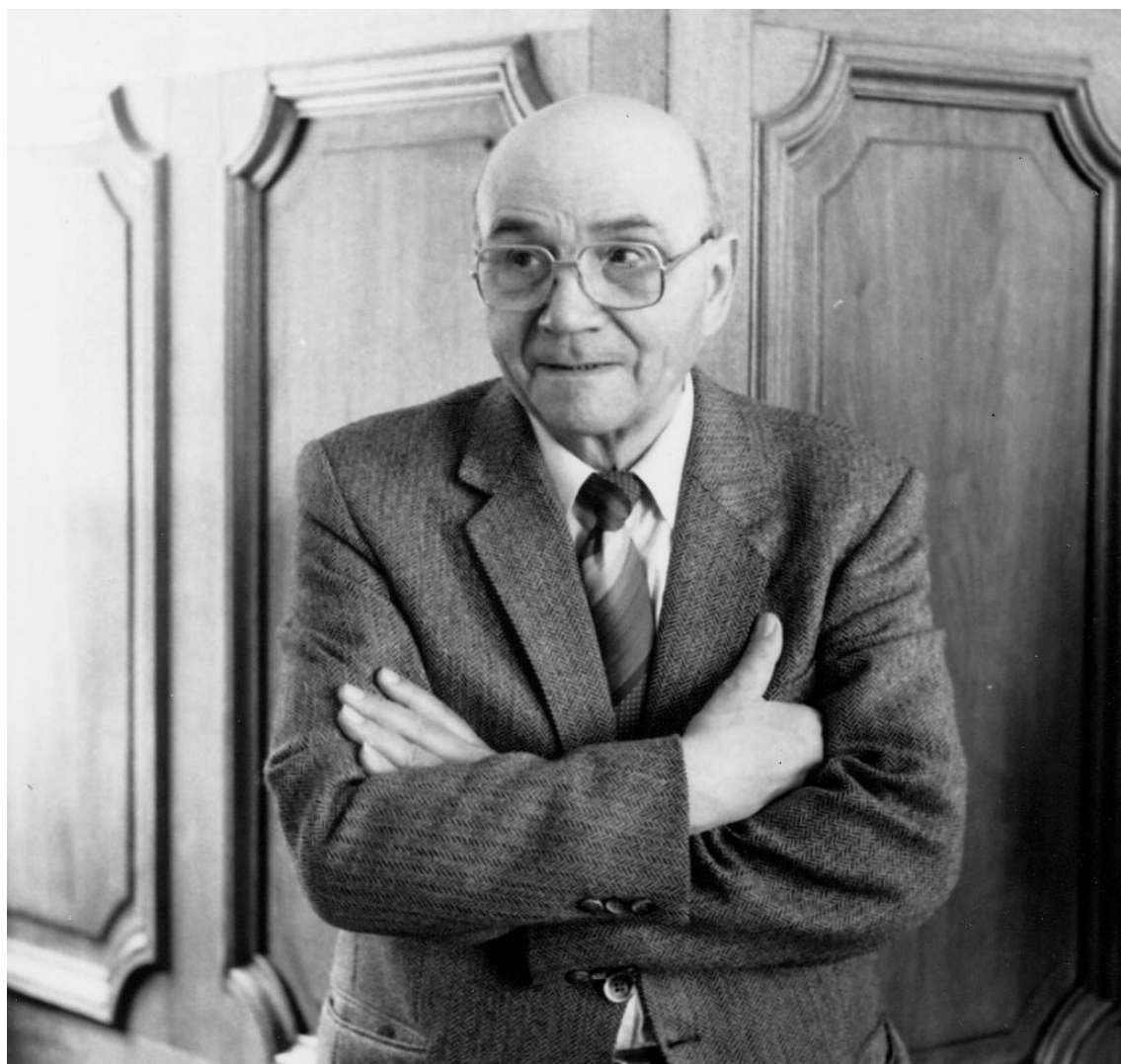
*Aucun caractère publicitaire dans les informations données dans le bulletin*

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

## Robert Sagot et les cadrans solaires

La Société Astronomique de France vient de perdre un de ses membres les plus illustres, et la communauté gnomonique internationale un de ses plus éminent spécialiste.

Pour tous ceux qui l'ont connu aux cours de ces trente dernières années, Robert Sagot était ce monsieur discret, toujours coiffé d'un béret, et qui symbolisait les cadrans solaires. C'est dans les années 1960 qu'il commence à s'intéresser à la gnomonique, après avoir été un passionné d'éclipses et d'étoiles doubles.



C'est à son initiative que la Commission des cadrans solaires est créée en 1972, d'abord présidée par Jean Kovalevsky, aujourd'hui membre de l'Institut. Il en sera le secrétaire, puis le Président jusqu'en 1990. C'est d'ailleurs avec Jean Kovalevsky et André Duplay qu'il restaure le célèbre cadran solaire de l'Observatoire Flammarion de Juvisy en 1972. Il sera le véritable maître-d'oeuvre de cette commission, aujourd'hui si prospère et si réputée. Consacrant ses journées, du lever au coucher, à analyser les cadrans, à les chasser, à s'attaquer parfois à de difficiles problèmes, Robert Sagot a aussi passé un temps considérable à répondre aux courriers, demandes diverses, calculs, conseils, épures, classements, comptes-rendus, conférences, etc. Ses très volumineuses archives sont le meilleur témoignage de son impressionnante activité.

Robert Sagot devient rapidement une référence incontournable en matière de gnomonique. Il faut dire qu'il a acquis en matière d'astronomie de position, de trigonométrie plane et sphérique, et d'un point de vue général en mathématiques, un niveau qui lui permet de s'attaquer aux problèmes les plus difficiles. En quelques années, il dépoussière les vieilles méthodes gnomoniques du XVII<sup>e</sup> siècle, en les remplaçant par des procédés modernes, adaptés au calcul informatique. Ses centres d'intérêt couvrent pratiquement tous les types de cadrans solaires : cadrans plans d'angle horaire, cadrans analemmatiques – sa spécialité –, cadrans de hauteur, cadrans bifilaires, etc. Il met au point des techniques inédites, traite des problèmes escamotés dans les ouvrages classiques. Il devient un expert dans l'analyse d'un cadran solaire photographié ou découvert, en mettant au point des méthodes de détermination des paramètres d'origine.

En 1981, il fait partie du jury de l'Ecole des Mines de Sophia Antipolis. Avec Louis Janin, spécialiste de l'histoire des cadrans solaires, il élucide de nombreux problèmes sur les débuts de la gnomonique et l'évolution de ses méthodes.

Grand chasseur de cadrans solaires (plus de 1500 cadrans visités et 1154 cadrans découverts), il a contribué de façon indiscutable à la renaissance et à l'essor de la gnomonique en France. Il est à l'origine du recensement des cadrans solaires et a fait prendre conscience de la richesse de ce patrimoine qu'il fallait inventorier et préserver. Aujourd'hui encore, ce sont les milliers de fiches sur lesquelles il a minutieusement chaque cadran solaire qui servent de référence pour le fichier de la Commission.

Mais si Robert Sagot a modernisé les techniques de calculs des cadrans solaires, il est toujours resté dans les problèmes concrets et pratiques : jamais la gnomonique n'a été pour lui un exercice de mathématiques appliquées ou un prétexte pour faire de l'informatique. Ce spécialiste de l'ombre, au sens strict du terme, restait bien souvent en retrait, mais ses avis, ses conseils et sa hauteur de vue étaient écoutés de tous, et beaucoup sont celles et ceux aujourd'hui qui lui doivent la passion des cadrans solaires.

Cet homme infatigable et discret, à la forte personnalité, d'une très grande générosité, n'a jamais compté son temps et son dévouement pour tous ceux qui venaient au siège de la Société ou qui lui écrivaient pour lui poser des questions sur presque tous les domaines de l'astronomie.

C'est en 1981 que j'ai connu, alors adolescent. Je sortais à l'époque d'un camp d'astronomie SNCF organisé à Céreste, où un de ses amis, Hubert Naudot, – aujourd'hui disparu –, m'avait fait construire mes premiers cadrans solaires. J'avais lu dans ce camp un tiré-à-part de l'*Astronomie* intitulé "Le nouveau cadran solaire de l'Observatoire de Juvisy". Ce texte m'avait fasciné; je décidais donc de rencontrer l'auteur, ce qui eut lieu en septembre 1981 au siège de la Société. De cette rencontre allait naître une profonde amitié, bien que plus d'un demi-siècle nous séparait. Rapidement, je devins son élève en gnomonique, avec cependant un *modus vivendi* tacite : il me posait un problème sans me donner la solution. A moi de la trouver. Je peux avouer aujourd'hui que je fus quelques fois très découragé, passant des semaines et des semaines à résoudre des équations, à chercher des solutions, qui des années plus tard me paraissent évidentes.

Robert Sagot fut pour moi un exemple et un maître, et je l'admirais profondément, à la fois pour ses connaissances, mais aussi sa profonde honnêteté intellectuelle, sa rigueur et son humilité. Nous étions très liés, formant un des attelages les plus curieux de la gnomonique; "Sagot", comme je l'appelais, savait bien qu'il fallait une transition et il décida en 1990 de passer la main de la présidence de la Commission des cadrans solaires pour me la confier. La publication de *Gnomonique moderne* fut pour lui un aboutissement, de même que la réalisation du cadran solaire de Tavel. Je me souviens très bien qu'il me dit un jour, à propos de Tavel, que l'élève devait réaliser une "oeuvre" pour être un maître; car telle était notre relation. Combien de temps nous avons passé à discuter, à calculer, à griffonner des équations sur des nappes de papier lors de nos séjours dans le Luberon, mais aussi à parler de nos vies, surtout de la sienne qui fut bien remplie. Ce fut pour moi un plaisir infini d'apprendre l'astronomie et la gnomonique avec cet homme exceptionnel, et aujourd'hui encore, quand je relis ses notes, je ne peux m'empêcher d'être ébloui.

La Société Astronomique de France perd une véritable mémoire vivante; il a consacré sa vie à cette Société qu'il aimait tant, et la Commission des cadrans solaires, sa plus grande fierté. Quant à ses amis les plus proches, Lucien Tartois, Bernard Clouet et moi, nous perdons certainement le plus fidèle ami et maître que nous ayons eu.

Denis Savoie

Président de la Commission des cadrans solaires



# 4 nouveaux cadrans dans le Tarn

Par Didier Benoit

*Au mois d'octobre, j'ai réalisé un cadran solaire pour mes parents que j'ai mis en place lors des travaux de ravalement des façades. Il se trouve au hameau de Chavagnac. Cet hiver, à carmaux j'ai restauré les façades de l'hôtel Gambetta, j'en ai profité pour intégrer dans la décoration trois cadrans solaires et un grand tableau de correction de l'équation du temps.*



Chavagnac est situé sur la commune de Gagnières dans le département du Gard (30), au coeur des Cévennes. Le cadran mis en place est réalisé sur marbre blanc de carrare avec des peintures d'artistes "KEIM". Il a été fabriqué en atelier à Carmaux. Il est maintenu en place par de solides pattes en inox, car il pèse 150 kg.

Une plaque en sérigraphie (voir ci-dessous) porte l'identité du cadran, des explications sur la devise, sur le dessin et sur la notion du temps ainsi que la correction de l'équation du temps, suivant celle mise par Denis Savoie sur le cadran de Tavel.

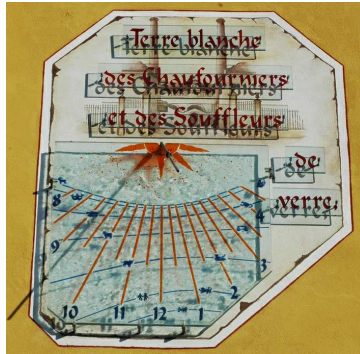
| CADRAN SOLAIRE VERTICAL<br>PLAN DECLINANT SUD/OUEST  |  | LECTURE DE L'HEURE   |          | TABLEAU DES CORRECTIONS   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
|--|--|--|----------|---|----------|-------|--|-----------|---------|----------|----------|--|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|--|----------|----------|-------|--|----------|-------|--|----------|-------|-------|--|----|-------|----------|-------|--|--|--|--|----------|-------|--|--|--|--|----------|-------|--|--|--|--|----------|-------|--|--|--|--|----------|-------|
| Lieu-dit :<br>GAGNIERES  | Chavagnac - 30160  | Pour convertir le temps solaire indiqué par le cadran en temps légal lisible sur vos montres, trois corrections sont nécessaires :<br><br><i>En raison de l'inclinaison de l'axe de rotation et de la variation de la vitesse de la terre, le temps solaire vrai indiqué par le cadran solaire n'est pas uniforme. En fait, la position de la terre par rapport au soleil n'étant pas exactement la même 24 heures après, il s'ensuit que l'on doit ajouter au temps solaire une première correction appelée "équation du temps".</i><br><br>Depuis 1917, la France a rattaché son heure au méridien de Greenwich (temps universel) de sorte que l'on doit systématiquement retrancher du temps solaire la longitude du lieu, soit pour Chavagnac: 16mn 31s.<br><br>En 1916, a été créée l'heure d'été. Depuis 1976, le rajout d'une heure sur l'année fait que nous sommes en avance de deux heures en période "heure d'été" et de une heure en période "heure d'hiver" sur le temps universel. |          | <table border="1"> <thead> <tr> <th>JANVIER</th> <th>FÉVRIER</th> <th>MARS</th> <th colspan="2">AVRIL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01 au 02</td><td>47 mn</td><td>01 au 25</td><td>57 mn</td><td>01</td><td>56 mn</td></tr> <tr><td>03 au 04</td><td>48 mn</td><td>26 au 28</td><td>58 mn</td><td>02 au 03</td><td>55 mn</td></tr> <tr><td>05 au 07</td><td>49 mn</td><td></td><td>07 au 10</td><td>54 mn</td><td>04 au 10</td><td>45 mn</td></tr> <tr><td>08 au 09</td><td>50 mn</td><td></td><td>11 au 15</td><td>53 mn</td><td>11 au 14</td><td>44 mn</td></tr> <tr><td>10 au 12</td><td>51 mn</td><td></td><td>16 au 17</td><td>52 mn</td><td>15 au 16</td><td>43 mn</td></tr> <tr><td>13 au 14</td><td>52 mn</td><td></td><td>18 au 20</td><td>51 mn</td><td>16 au 23</td><td>42 mn</td></tr> <tr><td>15 au 17</td><td>53 mn</td><td></td><td>21 au 24</td><td>50 mn</td><td>24 au 29</td><td>41 mn</td></tr> <tr><td>18 au 21</td><td>54 mn</td><td></td><td>25 au 27</td><td>49 mn</td><td>30</td><td>40 mn</td></tr> <tr><td>22 au 25</td><td>55 mn</td><td></td><td>28 au 30</td><td>48 mn</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26 au 30</td><td>56 mn</td><td></td><td></td><td>31</td><td>47 mn</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td>57 mn</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>   |          |       |  | JANVIER   | FÉVRIER | MARS     | AVRIL    |  | 01 au 02 | 47 mn | 01 au 25 | 57 mn | 01       | 56 mn | 03 au 04 | 48 mn | 26 au 28 | 58 mn | 02 au 03 | 55 mn | 05 au 07 | 49 mn |          | 07 au 10 | 54 mn    | 04 au 10 | 45 mn    | 08 au 09 | 50 mn    |       | 11 au 15 | 53 mn | 11 au 14 | 44 mn | 10 au 12 | 51 mn |          | 16 au 17 | 52 mn    | 15 au 16 | 43 mn    | 13 au 14 | 52 mn    |       | 18 au 20 | 51 mn | 16 au 23 | 42 mn | 15 au 17 | 53 mn |          | 21 au 24 | 50 mn | 24 au 29 | 41 mn    | 18 au 21 | 54 mn    |       | 25 au 27 | 49 mn | 30       | 40 mn | 22 au 25 | 55 mn |  | 28 au 30 | 48 mn    |       |  | 26 au 30 | 56 mn |  |          | 31    | 47 mn |  | 31 | 57 mn |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| JANVIER  | FÉVRIER  |  |          | MARS  | AVRIL    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 01 au 02   | 47 mn  | 01 au 25   | 57 mn    | 01  | 56 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 03 au 04   | 48 mn  | 26 au 28   | 58 mn    | 02 au 03  | 55 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 05 au 07   | 49 mn  |  | 07 au 10 | 54 mn   | 04 au 10 | 45 mn |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 08 au 09   | 50 mn  |  | 11 au 15 | 53 mn   | 11 au 14 | 44 mn |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 10 au 12   | 51 mn  |  | 16 au 17 | 52 mn   | 15 au 16 | 43 mn |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 13 au 14   | 52 mn  |  | 18 au 20 | 51 mn   | 16 au 23 | 42 mn |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 15 au 17   | 53 mn  |  | 21 au 24 | 50 mn   | 24 au 29 | 41 mn |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 18 au 21   | 54 mn  |  | 25 au 27 | 49 mn   | 30       | 40 mn |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 22 au 25   | 55 mn  |  | 28 au 30 | 48 mn   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 26 au 30   | 56 mn  |  |          | 31  | 47 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 31   | 57 mn  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Latitude   | 44°18,4' Nord  |  |          | <table border="1"> <thead> <tr> <th>MAI</th> <th>JUIN</th> <th>JUILLET</th> <th colspan="2">AOÛT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01 au 05</td><td>40 mn</td><td>01 au 04</td><td>41 mn</td><td>01 au 03</td><td>47 mn</td></tr> <tr><td>06 au 11</td><td>41 mn</td><td>05 au 09</td><td>42 mn</td><td>04 au 05</td><td>46 mn</td></tr> <tr><td>12 au 14</td><td>42 mn</td><td>10 au 10</td><td>43 mn</td><td>11 au 15</td><td>45 mn</td></tr> <tr><td>15 au 19</td><td>43 mn</td><td>20 au 31</td><td>50 mn</td><td>16 au 20</td><td>47 mn</td></tr> <tr><td>20 au 23</td><td>44 mn</td><td></td><td></td><td>21 au 24</td><td>48 mn</td></tr> <tr><td>24 au 28</td><td>45 mn</td><td></td><td></td><td>25 au 31</td><td>49 mn</td></tr> <tr><td>29 au 30</td><td>46 mn</td><td></td><td></td><td>30 au 31</td><td>44 mn</td></tr> </tbody> </table>  |          |       |  | MAI       | JUIN    | JUILLET  | AOÛT     |  | 01 au 05 | 40 mn | 01 au 04 | 41 mn | 01 au 03 | 47 mn | 06 au 11 | 41 mn | 05 au 09 | 42 mn | 04 au 05 | 46 mn | 12 au 14 | 42 mn | 10 au 10 | 43 mn    | 11 au 15 | 45 mn    | 15 au 19 | 43 mn    | 20 au 31 | 50 mn | 16 au 20 | 47 mn | 20 au 23 | 44 mn |          |       | 21 au 24 | 48 mn    | 24 au 28 | 45 mn    |          |          | 25 au 31 | 49 mn | 29 au 30 | 46 mn |          |       | 30 au 31 | 44 mn |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| MAI  | JUIN   | JUILLET  | AOÛT     |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 01 au 05   | 40 mn  | 01 au 04   | 41 mn    | 01 au 03  | 47 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 06 au 11   | 41 mn  | 05 au 09   | 42 mn    | 04 au 05  | 46 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 12 au 14   | 42 mn  | 10 au 10   | 43 mn    | 11 au 15  | 45 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 15 au 19   | 43 mn  | 20 au 31   | 50 mn    | 16 au 20  | 47 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 20 au 23   | 44 mn  |  |          | 21 au 24  | 48 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 24 au 28   | 45 mn  |  |          | 25 au 31  | 49 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 29 au 30   | 46 mn  |  |          | 30 au 31  | 44 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Longitude  | 4°7,8' Est - soit -16mn 31s  |  |          | <table border="1"> <thead> <tr> <th>SEPTEMBRE</th> <th>OCTOBRE</th> <th>NOVEMBRE</th> <th colspan="2">DÉCEMBRE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01 au 05</td><td>49 mn</td><td>01 au 02</td><td>53 mn</td><td>01 au 14</td><td>57 mn</td></tr> <tr><td>06 au 10</td><td>48 mn</td><td>03 au 05</td><td>52 mn</td><td>15 au 16</td><td>56 mn</td></tr> <tr><td>11 au 09</td><td>47 mn</td><td>06 au 08</td><td>51 mn</td><td>17 au 22</td><td>55 mn</td></tr> <tr><td>10 au 11</td><td>46 mn</td><td>10 au 12</td><td>50 mn</td><td>23 au 25</td><td>53 mn</td></tr> <tr><td>12 au 14</td><td>45 mn</td><td>13 au 17</td><td>49 mn</td><td>27 au 28</td><td>51 mn</td></tr> <tr><td>15 au 17</td><td>44 mn</td><td>18 au 23</td><td>48 mn</td><td>29 au 31</td><td>50 mn</td></tr> <tr><td>18 au 20</td><td>43 mn</td><td>24 au 31</td><td>47 mn</td><td></td><td>49 mn</td></tr> <tr><td>21 au 25</td><td>42 mn</td><td></td><td></td><td>14 au 15</td><td>50 mn</td></tr> <tr><td>26 au 28</td><td>41 mn</td><td></td><td></td><td>16 au 17</td><td>50 mn</td></tr> <tr><td>29 au 30</td><td>40 mn</td><td></td><td></td><td>18 au 18</td><td>49 mn</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>20 au 21</td><td>48 mn</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>22 au 23</td><td>47 mn</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>24 au 25</td><td>46 mn</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>26 au 27</td><td>45 mn</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>28 au 29</td><td>44 mn</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>30 au 31</td><td>43 mn</td></tr> </tbody> </table> |          |       |  | SEPTEMBRE | OCTOBRE | NOVEMBRE | DÉCEMBRE |  | 01 au 05 | 49 mn | 01 au 02 | 53 mn | 01 au 14 | 57 mn | 06 au 10 | 48 mn | 03 au 05 | 52 mn | 15 au 16 | 56 mn | 11 au 09 | 47 mn | 06 au 08 | 51 mn    | 17 au 22 | 55 mn    | 10 au 11 | 46 mn    | 10 au 12 | 50 mn | 23 au 25 | 53 mn | 12 au 14 | 45 mn | 13 au 17 | 49 mn | 27 au 28 | 51 mn    | 15 au 17 | 44 mn    | 18 au 23 | 48 mn    | 29 au 31 | 50 mn | 18 au 20 | 43 mn | 24 au 31 | 47 mn |          | 49 mn | 21 au 25 | 42 mn    |       |          | 14 au 15 | 50 mn    | 26 au 28 | 41 mn |          |       | 16 au 17 | 50 mn | 29 au 30 | 40 mn |  |          | 18 au 18 | 49 mn |  |          |       |  | 20 au 21 | 48 mn |       |  |    |       | 22 au 23 | 47 mn |  |  |  |  | 24 au 25 | 46 mn |  |  |  |  | 26 au 27 | 45 mn |  |  |  |  | 28 au 29 | 44 mn |  |  |  |  | 30 au 31 | 43 mn |
| SEPTEMBRE  | OCTOBRE  | NOVEMBRE   | DÉCEMBRE |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 01 au 05   | 49 mn  | 01 au 02   | 53 mn    | 01 au 14  | 57 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 06 au 10   | 48 mn  | 03 au 05   | 52 mn    | 15 au 16  | 56 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 11 au 09   | 47 mn  | 06 au 08   | 51 mn    | 17 au 22  | 55 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 10 au 11   | 46 mn  | 10 au 12   | 50 mn    | 23 au 25  | 53 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 12 au 14   | 45 mn  | 13 au 17   | 49 mn    | 27 au 28  | 51 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 15 au 17   | 44 mn  | 18 au 23   | 48 mn    | 29 au 31  | 50 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 18 au 20   | 43 mn  | 24 au 31   | 47 mn    |   | 49 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 21 au 25   | 42 mn  |  |          | 14 au 15  | 50 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 26 au 28   | 41 mn  |  |          | 16 au 17  | 50 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| 29 au 30   | 40 mn  |  |          | 18 au 18  | 49 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
|  |  |  |          | 20 au 21  | 48 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
|  |  |  |          | 22 au 23  | 47 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
|  |  |  |          | 24 au 25  | 46 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
|  |  |  |          | 26 au 27  | 45 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
|  |  |  |          | 28 au 29  | 44 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
|  |  |  |          | 30 au 31  | 43 mn    |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Fuseau horaire :   | Greenwich + 1 heure  |  |          | <b>MODE D'EMPLOI DU TABLEAU</b><br>Exemple 1 : Le 6 août, on lit 14 heures sur le cadran. Le tableau indique une correction de 49 mn. Etant en période "heure d'été", on doit ajouter une heure de plus. Il est donc 15h49mn à votre montre.<br>Exemple 2 : Le 16 janvier, on lit 12 heures sur le cadran. Le tableau indique une correction de 53 mn. Il est donc 12h53mn.   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Ecart de longitude :   | -43mn 29s  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Style droit ponctuel :   | hauteur 244mm  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Style poaire :   | longueur 400mm   |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Inclinaison de la table :  | 90°  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Déclinaison géométrique du mur :   | 31°30' ouest   |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Angle style polaire/plan du cadran :   | -37°36'  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Angle horaire à la sous-stylaire :   | 41° 15,6'  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Année 2005   |  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Devise occitane : "obdiésetez pas, jovents, que lo temps passa coma fo l'ombra sur aqueis moires de sahol"<br>(N'oubliez pas, jeunes gens, que le temps passe comme fait l'ombre sur cette montre solaire) |  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Solstici d'estiu :   | solstice d'été (21 juin)   |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Equinoce :   | équinoxe de printemps (20 mars)<br>équinoxe d'automne (23 septembre) |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Solstici d'ivèrn :   | solstice d'hiver (21 décembre)                                       |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Dessin : Le vitrail du Douai en 1911 et le cadran des moires de Combeaugue du bois commun en arrière plan.   |  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |
| Géomètres : BENOIT Didier - 10, rue Jules Guesclé - 81400 Carmaux<br>Tél : 06 63 36 91 98  |  |  |          |   |          |       |  |           |         |          |          |  |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |          |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |          |          |       |          |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |          |          |       |  |          |       |  |          |       |       |  |    |       |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |  |  |  |  |          |       |



Trois cadrans ont été réalisés sur les façades de l'hôtel Gambetta à Carmaux. Ils sont en marbre blanc de carrare directement sur les murs avec des peintures d'artistes "KEIM". Le tableau de l'équation du temps mesure 60x70 cm.



Les 2 cadrans en angle



Détail cadran de droite



Troisième cadran

## CADRANS SOLAIRES VERTICAL PLAN DECLINANT

1/ NORD OUEST      2/ SUD OUEST      3/ SUD EST

**Lieu:** Place Gambetta 81400 Carmaux (Départ. du Tarn)

**Latitude:** 44° 3' Nord

**Longitude:** -2° 9' soit - 0h 8 min 36 s

**Fuseau horaire:** Greenwich + 1 heure

**Ecart de longitude:** - 51 min 24 s

**Année de référence:** 2006

### 1/ CADRAN SOLAIRE SUR FACADE NORD OUEST

Thème : la mine

Déclinaison gnomonique du mur + 92° 4.8'

Inclinaison de la table 90°

Style droit ponctuel (axe de la rondelle ajourée) Hauteur = 250 mm

Style polaire Longueur = 9492.33 mm

Angle style polaire / plan du cadran 1° 29.7'

Angle horaire à la sous stylaire 91° 26.8' soit 18h 5min 47s

### 2/ CADRAN SOLAIRE SUR FACADE SUD OUEST

Thème : le verre

Déclinaison gnomonique du mur + 5° 27'

Inclinaison de la table 90°

Style droit ponctuel (diabolo) Hauteur = 250 mm

Style polaire Longueur = 349.41mm

Angle style polaire / plan du cadran 45° 41'

Angle horaire à la sous stylaire 7° 48.8' soit 0h 31min 15s

### 3/ CADRAN SOLAIRE SUR FACADE SUD EST

Thème : l'agriculture

Déclinaison gnomonique du mur -60° 20.4'

Inclinaison de la table 90°

Style droit ponctuel (boule) Hauteur = 250 mm

Style polaire Longueur = 702,9mm

Angle style polaire / plan du cadran 20°49.8'

Angle horaire à la sous stylaire - 68°23.9' soit 7h 23mm 58s

### DEVISES FRANCAISES ET OCCITANNES

1/- Ami voyageur sois le bien venu au « **Païs de las doas Tèrras** », terre noire des mineurs.

2/- terre blanche, des chaufourniers et des souffleurs de verre,

3/- des paysans et des briquetiers. « Tèrras del monde de Segalar. »



La devise, le «pays des deux terres », fait allusion au monde de la nuit et de la lumière, représenté sur le cadran solaire n°1 par le travail des mineurs de fond et sur les cadrans solaires n°2 et n°3 par le travail des souffleurs de verre et des paysans. Travailleurs qui ont rythmé avec les chauxfourniers, les briquetiers et tant d'autres, pendant des décennies la vie Carmausine. Je dois l'idée de cette devise au livre d'Agnès Lazareff : «Lo país de las doas terras », qu'elle en soit vivement remerciée.

« Terras del monde de Segalar » : Terres des habitants du Ségala.

### DESSINS

1/- Sur le cadran solaire nord/ouest, vue partielle du carreau des mines de la Grillatié à Blayes les mines en 1902. Au premier plan cheval tirant des wagonnets dans une galerie, au dessus le chevalement du puit n°2 avec son habillage en tôles et sa forme de clocher, au fond la cheminée des chaudières des machines d'extraction à vapeur. Sur le cadran : la devise, les lignes horaires, les chiffres des heures, la courbe du solstice d'hiver du 21 décembre en haut, celle du solstice d'été du 21 juin en bas, et la droite des équinoxes du 20 mars et du 23 septembre. Deux déclinaisons de dates de naissance des enfants de la maison.

2/- Sur le cadran solaire sud/ouest, plaque en verre de sécurité de 40 kg positionnée en avant du mur, sur laquelle a été réalisé le tracé du cadran comprenant : les lignes horaires, les chiffres des heures, la courbe du solstice d'hiver, celle du solstice d'été, la droite des équinoxes, les déclinaisons des entrées en tiers de saisons des arcs du calendrier zodiacal avec leur signe respectif (création en verre fusionné «fusing»). Au dessus et par côté sur 5 plaques de verre en saillies, la devise est gravée et peinte avec des grisailles cuite au four. Sur le crépis, représentation de la verrerie Sainte Clotilde de Carmaux.

3/- Sur le cadran solaire sud/est, représentation d'une scène de dépiquage avec une machine locomobile à vapeur à Saint Jean de Marcel vers 1910. Sur le cadran : la devise, les lignes horaires, les chiffres des heures, la courbe du solstice d'été, celle du solstice d'hiver et la droite des équinoxes avec chacun leur date respective. Trois déclinaisons de dates de naissance.

### **Pour convertir le temps solaire indiqué par les cadrans de l'hôtel Gambetta en temps légal lisible sur vos montres, trois conditions sont nécessaires :**

En raison de l'inclinaison de l'axe de rotation et de la variation de la vitesse de la terre, le temps solaire vrai indiqué par les cadrans solaires de l'hôtel Gambetta n'est pas uniforme. En fait, la position de la terre par rapport au soleil n'étant pas exactement la même 24 heures après, il s'ensuit que l'on doit ajouter au temps solaire une première correction appelée « équation du temps ».

Depuis 1911, la France a rattaché son heure au méridien de Greenwich (temps universel) de sorte que l'on doit systématiquement retrancher du temps solaire la longitude du lieu, soit pour Carmaux 8minutes 36 secondes.

En 1916, a été créée l'heure d'été. Depuis 1976, le rajout d'une heure sur l'année fait que nous sommes en avance de deux heures en période « heure d'été » et de une heure en période « heure d'hiver » sur le temps universel.

\*\*\*\*\*



## Cadran multiple à 124 faces

Par Juan Serra Busquets, traduction Evelyn Schaad,  
(transmis par Joseph Theubet)

*Au cours des années précédentes, j'ai construit une série de cadrans portables, de table, ainsi que des maquettes qui me permettent de fantasmer, d'expérimenter et de chercher les différentes possibilités qu'offrent les cadrans solaires, parmi eux les multifaces.*

Au cours des années précédentes, j'ai construit une série de cadrans portables, de table, ainsi que des maquettes qui me permettent de fantasmer, d'expérimenter et de chercher les différentes possibilités qu'offrent les cadrans solaires, parmi eux les multifaces.

La réalisation de maquettes peut être une activité très satisfaisante et, en même temps, utile pour contrer la frustration qui envahit parfois le gnomoniste, par manque d'opportunités ou de moyens pour réaliser ses projets à une plus grande échelle et avec des matériaux durables.



Sur le site de Carpe Diem, le lien <http://www.bernisol.com/portatiles.htm>, montre quelques-uns des cadrans solaires portables ainsi que des maquettes que j'ai faits. J'en avais déjà réalisé quelques-uns à faces multiples, mais dans ma tentative d'aller toujours un peu plus loin je voulais en construire un qui incorpore un grand nombre de cadrans, disons environ une centaine. Pour cela, il me fallait trouver une figure géométrique comportant un nombre élevé de faces. J'ai découvert le rhombicosidodécaèdre, un polyèdre de 62 faces, et à la suite de cette découverte, mon idée a commencé à prendre forme.

Le premier défi fut de dimensionner la maquette et de la construire. Je ne dispose pas d'un petit atelier adéquat ni de l'habileté nécessaire pour travailler certains matériaux, de sorte que j'ai opté pour le carton qui est facile à manier tout en opposant une certaine résistance. J'ai soigneusement découpé les 62 pièces (12 pentagones, 20 triangles et 30 carrés) et j'ai commencé à les assembler. Le plus difficile fut d'obtenir que toutes les arêtes et tous les sommets coïncident et s'emboîtent avec précision, c'est pourquoi, sur les photos, vous pouvez apercevoir quelques petits défauts de construction, conséquence d'un manque d'expérience et d'un travail fait à la main.

Après avoir réalisé cette construction, j'avais deux options :

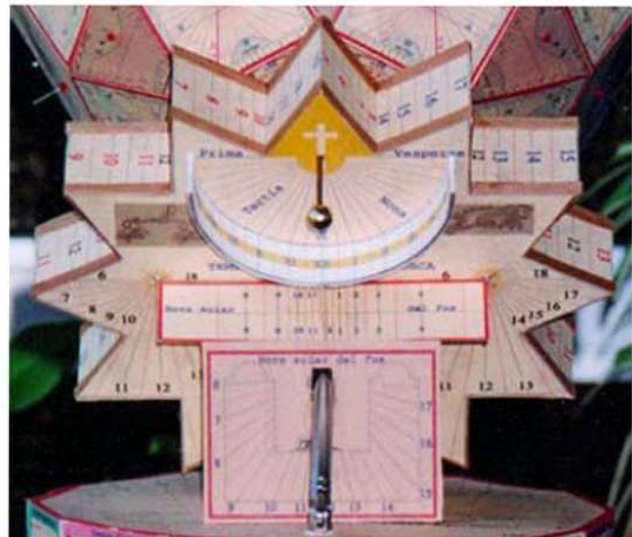
- a) la placer dans une position déterminée et tracer une horloge déclinante-inclinée sur chaque face selon la latitude de Majorque.
- b) l'incliner selon la latitude de Majorque pour qu'elle soit la représentation de la Terre telle qu'elle est en réalité. De cette manière, chaque face était située dans une latitude et une longitude déterminées.

J'ai choisi la deuxième solution et j'ai tracé sur chaque face un cadran horizontal pour chaque latitude. Sur tous les cadrans où c'était possible, j'ai inclus la méridienne qui correspond au midi de Greenwich. J'ai aussi ajouté sur chacune de ces faces, à l'exception des triangles trop petits, une photo d'un élément typique des coordonnées de chaque lieu. Comme la majorité des coordonnées coïncide avec les océans, j'ai dû insérer un grand nombre d'images de bateaux, baleines, dauphins, etc. Tous les carrés et tous les pentagones, excepté ceux qui correspondent à l'équateur, comportent une sentence ou une devise classique des horloges solaires.

L'idée était qu'une fois l'ensemble incliné et orienté correctement, toutes les faces indiqueraient la même heure que celle indiquée par un cadran horizontal dans chacune des coordonnées terrestres.

Un axe traverse la construction et la maintient dans l'inclinaison correcte, bien qu'elle puisse tourner librement pour pouvoir élire n'importe quel méridien comme méridien de référence, et pouvoir observer l'effet de l'ensoleillement dans les autres endroits de la Terre à un moment donné.

En profitant de cet axe et afin de donner plus de solidité à l'ensemble, j'ai ajouté une étoile à douze pointes installée sur le plan équatorial et appuyée sur un socle qui la maintient dans son inclinaison et évite de la sorte une pression sur l'axe.



Les douze pointes forment 24 faces sur chacune desquelles il y a un tracé où se projettent les ombres des pointes. La superficie plate de l'étoile qui regarde vers le nord contient un équatorial plat dont le gnomon est l'axe lui-même, et un équatorial cylindrique avec des tracés intérieur et extérieur. Ce cylindrique est complété par un équatorial plat avec des heures canoniques indiquées par ce même gnomon.

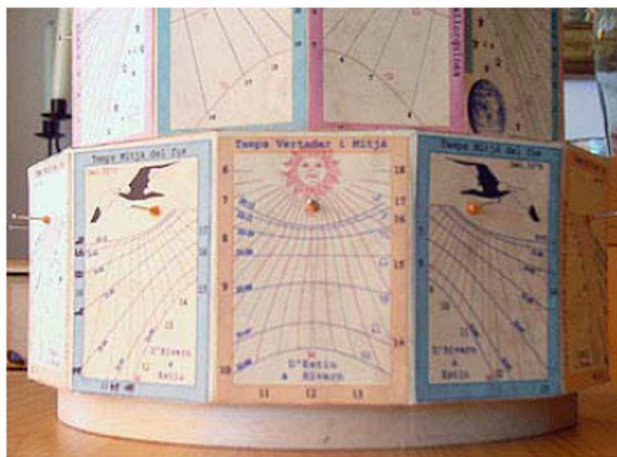
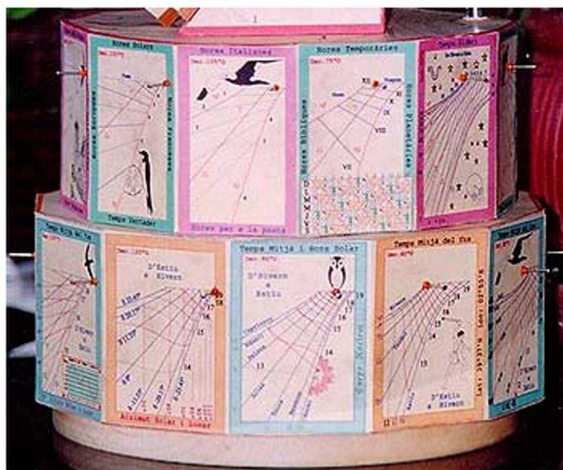
Sur la face sud, le cylindrique avec le canonique est répété, et au lieu d'un équatorial plat, il y en a deux : un de chaque côté du socle qui soutient l'étoile. Dans la partie supérieure du socle, il y a un polaire dont les extrémités servent de gnomon aux deux équatoriaux mentionnés, de même qu'à chaque latéral situé sur les côtés du socle. La face sud du socle présente un polyèdre vertical à huit faces. Chacun des tracés du socle présente le temps vrai du fuseau.

La base de l'ensemble est formée par deux polyèdres de 14 faces chacun, bien qu'en réalité on utilise seulement les douze faces latérales pour les horloges. Les faces ont chacune un angle de  $30^\circ$ , et l'élément supérieur par rapport à l'inférieur présente une déclinaison de

15°, de sorte qu'entre les deux corps, un cadran se présente alternativement à chaque 15° de déclinaison.

Les cadrans du corps supérieur présentent les heures babyloniennes, italiennes, sidérales, temporaires, planétaires et l'heure solaire.

Les cadrans du corps inférieur présentent le temps moyen du fuseau alternativement pour l'hiver et l'été. Dans les déclinaisons de 120° se produisent les lignes d'azimut. Dans les cadrans qui correspondent aux déclinaisons de 150° se produisent les lignes de hauteur solaire ou l'almicantarats, de même qu'un graphique avec la correction qui permet de passer du temps réel au temps moyen. Dans le cadran septentrional, il y a un abaque pour convertir l'heure lunaire en heure solaire. En tout : 124 cadrans.



Par manque de temps – car je souhaitais présenter la maquette à un concours de gnomonique – j'ai interrompu momentanément sa construction, mais j'ai l'intention de l'agrandir avec le temps par quelques cadrans supplémentaires.

*Ndlr : Ce multiface a obtenu le premier prix du concours « Le Ombre Del Tempo » de Brescia en 2005.*

\*\*\*\*\*

### ***Un cadran solaire non répertorié à l'inventaire...***



Il se trouve à VILLERS-sur-le-MONT département 08, dans le jardin de Mr et Mme LEFEVRE Luc.

Il s'agit d'un cadran octogonal en ardoise qu'ils ont toujours vu installé de façon horizontale.

La maison existe depuis 1678.

Ils ont retrouvé trace de l'existence de ce cadran au moins jusqu'en 1880.

***Michèle Zimmer***



## Chapeau à plume

Par Pierre Joseph Dallet

*Cadran semblant être le 1<sup>er</sup> de ce type. Il est composé d'un plateau circulaire, plan, horizontal nommé « bord du chapeau ». Il porte les graphismes des heures. Les heures sont lues par l'ombre d'un style en forme d'astroïde nommé « Plume ». La plume est à orienter vers le Soleil manuellement. Pour cela elle est fixée sous un cylindre mobile nommé « tête du chapeau » Un axe suffisamment long pour que la tête du chapeau tourne sans frotter, traverse la table du cadran, puis le joint et réunit la tête et le cylindre sur lequel est posé le cadran et le cadran.*

### - Caractéristiques du cadran:

Latitude : 45° 32'.N. Longitude 2°19' E. réalisé par M. PJ Dallet et visible à son domicile à Ussel.

Il est constitué de 6 pièces: Tête du chapeau : diamètre 122 mm, hauteur 80 mm (granit gris). Axe en laiton : diamètre 4 mm, longueur 71 mm (pour 70.8 mm de trou). Table, débord du chapeau : 240 mm de diamètre, 19 mm d'épaisseur (marbre rouge veiné de blanc). Style : Longueur 322 mm, épaisseur 3 mm, largeur 25 mm, courbé en forme d'astroïde (aluminium brossé peint en rouge). Joint entre le cylindre sur lequel est posé le cadran et le cadran : épaisseur 3 mm (caoutchouc). Cylindre sur lequel est posé le cadran : diamètre 122 mm, hauteur 115 mm.



Les constituants



Détail du style sur sa table.

### - Descriptions:

**Type** : Cadran plan, fixe, à style mobile en forme de quart d'astroïde (dit : chapeau à plume ). **Famille n°7** : Chapeau filtrant, style à orienter vers le Soleil. (Sans calculs, tracés à partir de tables donnant les hauteurs et les azimuts, d'heure en heure, de 10 en 10 jours). Cadran sur lequel l'heure se lit à un point, ce point est déterminé par l'ombre d'un style orienté vers le Soleil. Le style est à positionner manuellement. **Position** : Table horizontale.

### - Renseignements procurés par le cadran:

Heures vraies, lisibles de 6 à 18 heures, arcs des entrées en signes du calendrier zodiacal. **Inscriptions**: Chiffres des heures 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, date et signature, 2006 et DA.P.J. numéro du cadran: 72. Deux devises : LIBERA SIT ORATIO sur la table, à l'opposé des graphismes. Ce qui signifie « Que la parole soit libre ». SUB PETASO CAPUT SED A CAPITE PETASUS PRIMO sur la tranche. Ce qui signifie, mot à mot: « Sous le chapeau, la tête (1). Mais, d'abord, par la tête (2) le chapeau »

La « tête (1) » est la partie du corps humain sur laquelle on pose son chapeau et la « tête (2) » est la tête pensante. Ces devises sont gravées à la fraise de dentiste au diamant. Au ciseau je grave les U pointus (V), à la fraise arrondis (U).



Le cadran "Chapeau"

**- Problématique de ce type de cadran de cadran :**

La longueur de l'ombre est proportionnelle au cosinus de la hauteur du Soleil (schéma 1). Lorsque cette hauteur varie de 0 à 6° la longueur de l'ombre varie de 5 millièmes du rayon de l'astroïde. En revanche lorsque la hauteur varie de 84 à 90° la longueur de l'ombre varie de 100 millièmes du rayon de l'astroïde. Le résultat de ce montage fait que pour les faibles hauteurs le cadran est difficilement utilisable. Un montage inverse de l'astroïde résout le problème mais le cadran est cylindrique (schéma 2). Le but était ici de démontrer qu'il existe des cadrans de la famille « chapeau filtrant » plans.

**- Les calculs:**

Automatique dans le logiciel "Solarium (type: 175). Très voisin de celui du chapeau filtrant, les algorithmes des graphismes sont les mêmes, la forme du style demande un algorithme en plus.

Formulaire adopté dans Solarium :

$$Om = 1 - \cos(h) + \text{Rayon-Tête}$$

$$X = -Om * \sin(A)$$

$$Y = Om * \cos(A)$$

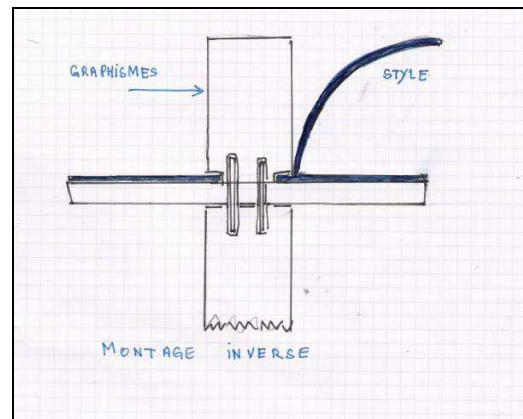
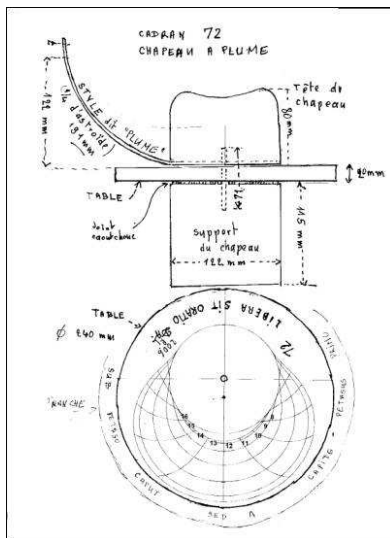
Om est la longueur de l'ombre mesurée depuis l'axe de rotation.

Equation de l'astroïde :

Pour y variant de 0 à 1 par pas de 0.01 :

R rayon de la tête du chapeau:

$$X = 1 + R - [R \wedge (2/3) - Y \wedge (2/3)] \wedge (3/2)$$



◀ Schéma 1

Schéma 2 ( Cylindrique, astroïde inversé.) ▲



## Cadran -Boussole (service petit déjeuner)

Par Pierre Joseph Dallet

*Un service en porcelaine pour petit déjeuner réalisé à la manufacture de Sèvres, capable de donner l'heure solaire? voilà un projet qui aboutira en octobre 2006, grace à la coopération de deux talents: celui d'un étudiant à l'ENSCI (école nationale supérieure de création industrielle de Paris) Pierre LAMBERT et celui de JP. DALLET pour la partie gnomonique.*

### Réponse de M. Dallet à M. Lambert :

A la question comment une tasse et une soucoupe peuvent-elles devenir un cadran solaire, M. Dallet répond:

<<Je ne peux pas vous proposer une "tasse cadran de berger" avec graphisme sur la sous tasse. Vers midi, (de 10 à 14 heures environ) ce cadran ne procurerait pas l'heure. Le matin ou le soir l'ombre du bord de la tasse sera rejetée à l'infini sur un plan horizontal.

Une tasse à style "droit sur le cadran" dont l'extrémité est un point appartenant à un style polaire (style ponctuel) exige la présence d'une ligne méridienne. C'est à dire une ligne joignant les deux pôles de la Terre. Il n'est pas envisageable d'obtenir cette ligne à l'aide d'une boussole à aiguille aimantée avec une précision suffisante. Un style polaire est une droite parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Il est contenu dans un plan vertical NORD-SUD. Il forme avec un plan horizontal un angle égal à la latitude de construction du cadran.

Une bonne solution consiste à coupler deux cadrans pour obtenir un ensemble auto-orientable. Cet ensemble est parfois connu sous le nom de "Boussole solaire". Lorsque l'on utilise un cadran de la famille des cadrans de berger il est nécessaire de tenir compte de la réfraction atmosphérique.>>

### Proposition

Je vous propose l'ensemble suivant: un service à petit déjeuner composé de 7 pièces.

° Une coupe à petits gâteaux hauteur ( intérieur) 10 cm, diamètre (intérieur) en haut 30 cm. Fond plat en forme de disque de 10 cm de diamètre. Cette coupe porte des graphismes, à l'intérieur, analogues à ceux d'un cadran de berger. Lignes d'heures et colonne de dates exprimées en calendrier zodiacal.

° Un pot à café haut de 10 cm environ, diamètre par le bout du bec verseur 10 cm environ aussi. Ce bout du bec verseur est le point porte ombre du cadran.

° Un pot à lait de mêmes dimensions. Un pot porte le graphique de l'équation du temps.

° Le pot à café une carte de la France avec les méridiens.

° Deux tasses et deux sous-tasses. Tasses hautes de 8 cm et de 8 cm de diamètre. Ces tasses sont complétées de deux styles droits chacun en prolongements de rayons, déclinants de 45°. Les styles droits sont des petits cylindre en porcelaine de 3 à 4 mm de diamètre et de 4 à 8 mm de long environ. Elles portent les graphismes habituels de cadrans à styles ponctuels : Heure vraie locale, et arc des signes du calendrier zodiacal. Deux cadrans : un SUD-EST un SUD-OUEST. Les sous-tasses portent des graduations de boussole ou une rose des vents.

### Utilisation.

Imaginons que l'utilisateur est un berger, en été dans un buron près du Sancy en Auvergne. Le matin il se lève, traite sa chèvre fait son café. Il s'attable : petits gâteaux, pot à café, pot à lait, deux tasses ( il a une compagne) et deux sous-tasses.

Les petits gâteaux sont mangés, il pose le pot à café dans la coupe à petits gâteaux. Il place le bec face à la date du jour. Il tourne l'ensemble de manière à obtenir que l'anse du pot soit exactement en direction du Soleil. Il obtient l'heure vraie locale. Les indications portées sur le pot à café et le pot à lait lui permettent d'obtenir le temps légal.

Maintenant il tourne sa tasse à café de manière à lui faire indiquer la même heure que celle obtenue par le pot à café posé sur la coupe. Il règle la sous-tasse pour que sa direction SUD concorde avec celle donnée par la tasse. Il ne la touchera plus de la journée. Sa tasse lui donnera l'heure tout le jour. Notre berger attend maintenant patiemment le visiteur du buron qui ne tardera pas. Les 300 vaches qu'il surveille sont toutes bien portantes. Le Soleil brille.

### **Technique d'automatisation des tracés des graphismes de la coupe.**

Cadrans portables, d'almicantarats, à orienter vers le Soleil, style à placer sur une échelle de dates ( h). Il s'agit de la famille n°9 dans mon logiciel Solarium. Cadran sur lequel l'heure se lit à un point déterminé par l'angle hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon et une série de lignes de dates dont les emplacements sont arbitrairement choisis. Ce cadran est à calculer en tenant compte de la réfraction.

#### **Calcul:**

L ouvrage "La Gnomonique Pratique" de Dom François Bedos de Celle (1760) comporte une "table des hauteurs du Soleil à toutes les heures du jour, de 10 en 10° de chaque Signe pour les latitudes de 43 à 50° N". Ceci permet de construire les cadrans de cette famille. Les cadrans de cette famille peuvent se tracer de la façon suivante : nous calculons heure par heure, jour par jour la hauteur ( et seulement la hauteur) du Soleil. Cette hauteur est à calculer en tenant compte de la réfraction. De cette hauteur nous tirons une longueur d'ombre ou un angle. Ces angles, à date donnée, indiquent l'heure.

#### **Description du cadran:**

En forme de quart de tore mobile, axe générateur du volume vertical. Le sommet du style doit être placé au-dessus du cercle le plus bas du tore, à la date concernée. L'ombre du style doit coïncider avec un méridien-date. L'heure est obtenue par l'angle hauteur du Soleil, à la date concernée. Vers midi la hauteur variant très peu le cadran est inutilisable. Les lignes d'heures sont les mêmes avant et après midi. Une boussole à aiguille aimantée permet de savoir si elles sont avant ou après midi.

Cadran cylindrique, axe vertical, style(s) droit (s) à des déclinaisons variables.

#### **Commercialisation.**

Ce cadran peut être produit en plusieurs grandes séries. Par exemple une série par latitude de degré en degré pour la France. Il semble facile à vendre, c'est un service à petit déjeuner avec un décor exceptionnel.

Les symboles des signes du calendrier zodiacal sont un élément important du décor.

## **Aspect du service**

Comme je le suggère ce service serait composé d'une coupe à petits gâteaux, d'un pot à café, d'un pot à lait, de tasses et de leurs sous-tasses.

### **- Le premier est le cadran « Pot dans une coupe-bol »**

La tasse peut être un pot à café, la coupe une vasque à petits gâteaux.

Figure 1 : Schéma du pot et de la coupe.

Figure 2 : Le poncif. Le cercle central et la projection du bord haut de la tasse. Le bord de la tasse doit être porteur d'une petite ( Diamètre 1 mm) bille jouant le rôle de style.



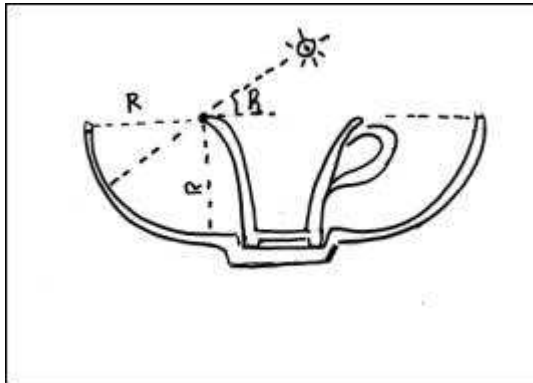


Figure 1

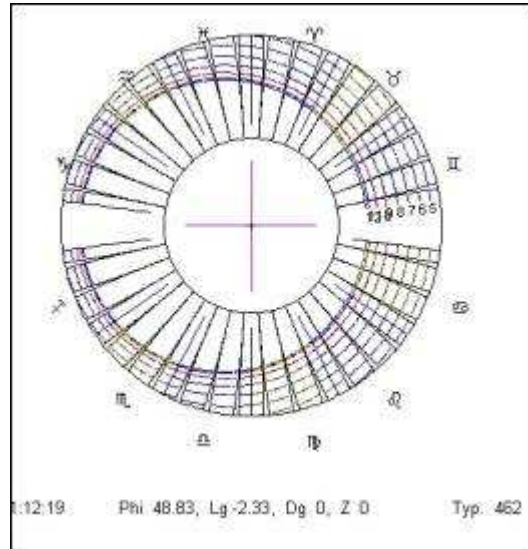


Figure 2

Ce cadran fonctionne comme un cadran de berger.

Il s'agit d'un cadran portable. Il s'obtient à l'aide d'une table donnant heure par heure, de 10 en 10° de longitude éclipstique la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, à une latitude donnée.

Ensuite à l'aide d'une règle et d'un rapporteur le cadran peut être tracé. Le tracé peut aussi être automatisé. Dans ce cas les graphismes sont comprimés dans des fuseaux à découper. Les graphismes sont tracés dans la cavité d'un quart de tore.

Le logiciel Solarium fourni les tables ou les graphismes du poncif à l'imprimante.

### - Les seconds cadrans « Tasse sur sous-tasse »

La tasse est un cylindre. Elle porte un petit style droit sur la tasse. La longueur de ce style est ici égale au dixième du rayon de la tasse. La sous-tasse est un cercle gradué en azimut.

Pour utiliser ce couple de cadrans il faut obtenir l'heure à l'aide du premier cadran puis tourner le second de manière à lui faire indiquer la même heure que le premier. Si le cadran est construit déclinant plein SUD le style indique le SUD. Il est probablement préférable de le construire déclinant SUD-EST, puisqu'il s'utilise le matin.

La sous-tasse convenablement placée devient une boussole. (Dans l'exemple ci-dessous il convient de placer le SUD-EST sous le style.)

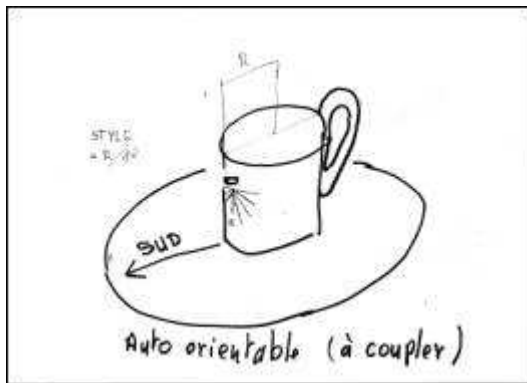


Figure 3

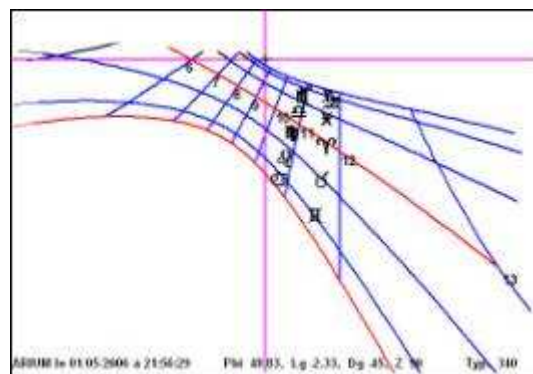


Figure 4

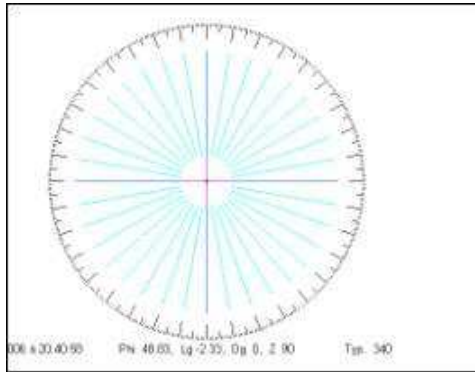
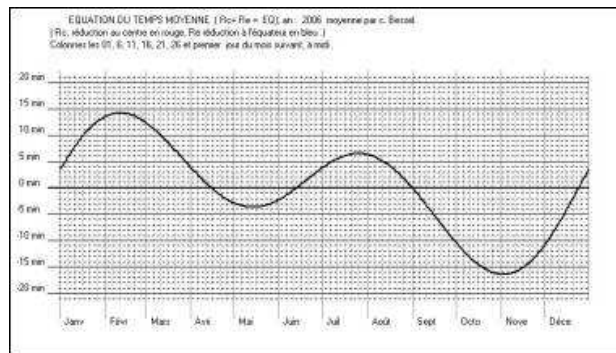


Figure 5

Figure 3 : la tasse à café; Figure 4 : le graphisme de la tasse à café (cas SUD-EST); Figure 5 : le graphisme de la sous-tasse ( boussole solaire). Une rose des vents est possible par Solarium. (\* du menu page 5).

**Le temps vrai local se converti en temps légal en lui ajoutant :**

° La correction pour la longitude. Le cadran étant portatif l'utilisateur devra disposer d'une carte lui permettant de déterminer à quelle longitude il utilise le cadran. Il faut soustraire 4 minutes par degrés à l'EST du Méridien origine de l'heure lue sur les cadrans.



◀ Correction pour la longitude

Equation du temps ▶

° L'équation du temps : l'utilisateur doit disposer d'un graphisme de la courbe de l'équation du temps. Il faut ajouter les minutes données par le graphisme à l'heure lue sur le cadran.

° 1 heure en hiver, 2 en été, en France, à notre époque..

Nota: Les deux graphismes peuvent figurer sur un objet du service, le pot à lait par exemple.

Note : Sur demande je donne le formulaire utilisé dans le logiciel SOLARIUM. Le cadran quart de tore est le n° 462 du logiciel SOLARIUM.



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

**Les formules** utilisées dans le logiciel SOLARIUM ("Calculs CS pour petit déjeuner\_Dallet"). Le cadran quart de tore est le n°462 du logiciel.

\*\*\*\*\*



## Retard de la lune sur le soleil

Par Pierre Joseph Dallet

*Le temps qu'il faut ajouter à "l'heure lunaire locale corrigée de l'âge de la Lune" permettant d'obtenir le "temps solaire moyen local", est appelé "Equalune" par PJ Dallet. L'auteur nous présente ici sa démarche et les tables de valeurs pour les mois à venir.*

### L'équation du temps :

Rappelons que l'équation du temps est la différence entre « l'ascension droite du Soleil » et le « temps sidéral à Greenwich augmenté de 12 heures ». Exemple :

*Pour le 11 novembre 2006 à 0h UT au Méridien origine international :*

$$E = 15h\ 03\ m\ 57s - (3h20m00s + 12) = 16m\ 03s$$

### Définition de l'équalune :

Nous appellerons "Equalune" le temps qu'il faut ajouter à « l'heure lunaire locale corrigée pour l'âge de la Lune » pour obtenir le « temps solaire moyen local ».

La valeur de l'équalune varie d'environ -1 heure à + 1 heure. L'âge de la Lune étant compensé pour la durée de la lunaison. Traditionnellement un calcul permet de déterminer « l'heure lunaire locale corrigée pour l'âge de la Lune » (Qui n'est pas l'heure vraie). La formule traditionnelle du calcul de ce retard à ajouter ( CA) est :

$$CA = 0h\ 48m\ 45.8s * \text{Âge de la Lune en jours.}$$

### Table du Retard Lune / Soleil Moyen .

Retard Lune/ Soleil Moyen = Ascension droite Lune corrigée parallaxe +12 – Temps sidéral. Heure UT : 0h 0m 00s

#### Lieu : Paris Année : 2006 2<sup>e</sup> semestre

| Jour | Juillet   | Août      | Septembre | Octobre   | Novembre  | Décembre  |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1    | 4h 14.3m  | 4h 47.6m  | 5h 48.1m  | 6h 29.2m  | 7h 54.8m  | 8h 14.3m  |
| 2    | 4h 52.7m  | 5h 28.8m  | 6h 42.1m  | 7h 24.7m  | 8h 42.6m  | 9h 3m     |
| 3    | 5h 30.6m  | 6h 13.2m  | 7h 38.7m  | 8h 18.7m  | 9h 30.3m  | 9h 54.6m  |
| 4    | 6h 8.9m   | 7h 1.6m   | 8h 36.4m  | 9h 10.6m  | 10h 19.2m | 10h 49.3m |
| 5    | 6h 48.9m  | 7h 54.3m  | 9h 33.2m  | 10h 0.7m  | 11h 10.2m | 11h 46.7m |
| 6    | 7h 31.6m  | 8h 50.7m  | 10h 27.9m | 10h 49.8m | 12h 4.1m  | 12h 45.2m |
| 7    | 8h 18m    | 9h 49.3m  | 11h 20.2m | 11h 38.9m | 13h 0.7m  | 13h 42.5m |
| 8    | 9h 8.8m   | 10h 48m   | 12h 10.4m | 12h 29.2m | 13h 58.9m | 14h 36.7m |
| 9    | 10h 3.7m  | 11h 44.8m | 12h 59.5m | 13h 21.5m | 14h 56.8m | 15h 26.8m |
| 10   | 11h 1.8m  | 12h 38.7m | 13h 48.6m | 14h 16.1m | 15h 52.4m | 16h 12.7m |
| 11   | 12h 0.9m  | 13h 29.6m | 14h 38.7m | 15h 12.5m | 16h 44.2m | 16h 54.9m |
| 12   | 12h 58.7m | 14h 18.5m | 15h 30.5m | 16h 9.5m  | 17h 31.9m | 17h 34.6m |
| 13   | 13h 53.7m | 15h 6.2m  | 16h 24.2m | 17h 5.4m  | 18h 15.8m | 18h 12.7m |
| 14   | 14h 45.4m | 15h 54m   | 17h 19.4m | 17h 58.6m | 18h 56.7m | 18h 50.5m |
| 15   | 15h 34.2m | 16h 43m   | 18h 14.7m | 18h 48.1m | 19h 35.5m | 19h 29m   |
| 16   | 16h 21.1m | 17h 33.8m | 19h 8.8m  | 19h 33.9m | 20h 13.4m | 20h 9.2m  |
| 17   | 17h 7.4m  | 18h 26.7m | 20h 0.3m  | 20h 16.4m | 20h 51.5m | 20h 52.3m |
| 18   | 17h 54.3m | 19h 21.2m | 20h 48.5m | 20h 56.5m | 21h 30.7m | 21h 39.1m |
| 19   | 18h 42.8m | 20h 15.9m | 21h 33.3m | 21h 35m   | 22h 12m   | 22h 29.8m |
| 20   | 19h 33.6m | 21h 9.3m  | 22h 15.2m | 22h 12.9m | 22h 56.4m | 23h 24.2m |
| 21   | 20h 26.9m | 22h 0.2m  | 22h 54.9m | 22h 51.3m | 23h 44.4m | 0h 20.9m  |
| 22   | 21h 21.8m | 22h 47.9m | 23h 33.3m | 23h 31m   | 0h 36m    | 1h 17.9m  |
| 23   | 22h 17m   | 23h 32.3m | 0h 11.3m  | 0h 13m    | 1h 30.4m  | 2h 13.3m  |
| 24   | 23h 10.6m | 0h 13.9m  | 0h 49.9m  | 0h 57.9m  | 2h 26.3m  | 3h 6m     |

|    |          |          |          |          |          |          |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 25 | 0h 1.4m  | 0h 53.3m | 1h 29.8m | 1h 46.3m | 3h 21.7m | 3h 55.7m |
| 26 | 0h 48.6m | 1h 31.5m | 2h 12.1m | 2h 37.9m | 4h 15.2m | 4h 43.1m |
| 27 | 1h 32.5m | 2h 9.5m  | 2h 57.5m | 3h 32m   | 5h 6.1m  | 5h 29.1m |
| 28 | 2h 13.5m | 2h 48.1m | 3h 46.3m | 4h 27.2m | 5h 54.5m | 6h 15.1m |
| 29 | 2h 52.5m | 3h 28.5m | 4h 38.5m | 5h 22m   | 6h 41.3m | 7h 2.3m  |
| 30 | 3h 30.5m | 4h 11.4m | 5h 33.2m | 6h 15m   | 7h 27.5m | 7h 51.7m |
| 31 | 4h 8.5m  | 4h 57.8m |          | 7h 5.8m  |          | 8h 44.1m |

**Lieu : Paris Année : 2007 1<sup>er</sup> semestre**

| Jour | Janvier   | Février   | Mars      | Avril     | Mai       | Juin      |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1    | 9h 39.5m  | 11h 17.6m | 10h 7m    | 10h 55.4m | 10h 53.3m | 11h 52.4m |
| 2    | 10h 36.7m | 12h 5.9m  | 10h 52m   | 11h 32.9m | 11h 33.7m | 12h 43.3m |
| 3    | 11h 33.9m | 12h 50.6m | 11h 33.9m | 12h 10.7m | 12h 16.7m | 13h 35.7m |
| 4    | 12h 29.1m | 13h 32.2m | 12h 13.4m | 12h 49.7m | 13h 2.6m  | 14h 28.1m |
| 5    | 13h 20.7m | 14h 11.5m | 12h 51.6m | 13h 30.5m | 13h 51.3m | 15h 19.2m |
| 6    | 14h 8.3m  | 14h 49.5m | 13h 29.2m | 14h 14m   | 14h 42.3m | 16h 8.5m  |
| 7    | 14h 52.1m | 15h 27.2m | 14h 7.2m  | 15h 0.4m  | 15h 34.5m | 16h 55.8m |
| 8    | 15h 32.9m | 16h 5.6m  | 14h 46.6m | 15h 49.7m | 16h 26.6m | 17h 41.7m |
| 9    | 16h 11.6m | 16h 45.7m | 15h 28.1m | 16h 41.4m | 17h 17.6m | 18h 27.2m |
| 10   | 16h 49.4m | 17h 28.4m | 16h 12.5m | 17h 34.3m | 18h 7m    | 19h 13.5m |
| 11   | 17h 27.4m | 18h 14.6m | 17h 0.1m  | 18h 27.3m | 18h 54.8m | 20h 1.8m  |
| 12   | 18h 6.5m  | 19h 4.5m  | 17h 51m   | 19h 19.4m | 19h 41.9m | 20h 53.5m |
| 13   | 18h 47.9m | 19h 57.9m | 18h 44.4m | 20h 10.1m | 20h 29.1m | 21h 49.1m |
| 14   | 19h 32.6m | 20h 54m   | 19h 39.3m | 20h 59.5m | 21h 17.6m | 22h 48.7m |
| 15   | 20h 21.2m | 21h 50.9m | 20h 34.1m | 21h 48.4m | 22h 8.9m  | 23h 50.7m |
| 16   | 21h 13.8m | 22h 46.9m | 21h 27.8m | 22h 37.8m | 23h 3.7m  | 0h 52.4m  |
| 17   | 22h 9.8m  | 23h 41m   | 22h 19.9m | 23h 28.8m | 0h 2.5m   | 1h 51.1m  |
| 18   | 23h 7.4m  | 0h 32.8m  | 23h 10.5m | 0h 22.4m  | 1h 4.1m   | 2h 45.2m  |
| 19   | 0h 4.6m   | 1h 22.7m  | 0h 0.5m   | 1h 19.3m  | 2h 6.4m   | 3h 34.3m  |
| 20   | 0h 59.7m  | 2h 11.8m  | 0h 50.8m  | 2h 18.9m  | 3h 6.6m   | 4h 19m    |
| 21   | 1h 52m    | 3h 1m     | 1h 42.5m  | 3h 19.9m  | 4h 2.5m   | 5h 0.3m   |
| 22   | 2h 41.6m  | 3h 51.4m  | 2h 36.4m  | 4h 19.9m  | 4h 53.4m  | 5h 39.6m  |
| 23   | 3h 29.3m  | 4h 43.9m  | 3h 32.7m  | 5h 16.7m  | 5h 39.5m  | 6h 18m    |
| 24   | 4h 16.3m  | 5h 38.5m  | 4h 30.9m  | 6h 9m     | 6h 21.7m  | 6h 56.5m  |
| 25   | 5h 3.9m   | 6h 34.8m  | 5h 29.3m  | 6h 56.6m  | 7h 1.4m   | 7h 36.3m  |
| 26   | 5h 53m    | 7h 31.2m  | 6h 26.2m  | 7h 40.2m  | 7h 39.5m  | 8h 18.3m  |
| 27   | 6h 44.5m  | 8h 26.3m  | 7h 19.8m  | 8h 20.8m  | 8h 17.3m  | 9h 3m     |
| 28   | 7h 38.5m  | 9h 18.4m  | 8h 9.5m   | 8h 59.3m  | 8h 55.8m  | 9h 50.9m  |
| 29   | 8h 34.4m  |           | 8h 55.2m  | 9h 36.9m  | 9h 36m    | 10h 41.6m |
| 30   | 9h 30.7m  |           | 9h 37.4m  | 10h 14.6m | 10h 18.5m | 11h 34.2m |
| 31   | 10h 25.6m |           | 10h 17.2m |           | 11h 3.9m  |           |

Le calcul permettant de calculer le Temps Universel, à quelques secondes près, s'effectue en deux fois.

1. A une heure UT estimée, à 8 heures près, nous obtenons cette heure UT avec une erreur maximum d'un quart d'heure.
2. A partir de cette heure obtenue nous réitérons le calcul et nous obtiendrons une précisions de l'ordre de deux ou trois secondes.

NB: L'utilisation d'un ordinateur permet de l'effectuer le calcul très rapidement. Par le logiciel Solarium, page 9, coordonnées des astres brillants, bouton portant l'icône d'un croissant de Lune, c'est actuellement possible. A partir de tables la manière de procéder est analogue.

Dallet, 5 juin 2006



## "Gnomonici" dans les Dolomites et aux alentours (il y a 2000 ans)

Par Enrico Del Favero, traduction d'Andrée Gotteland

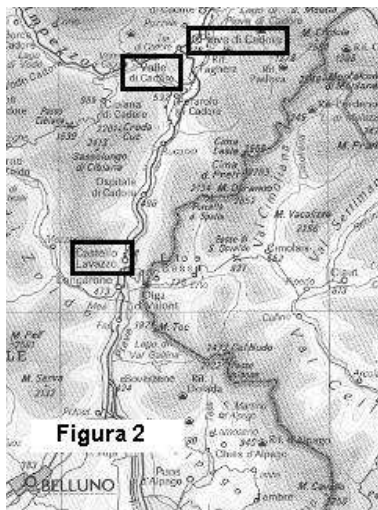
*Sont décrites deux pierres de l'époque romaine, datant probablement du premier siècle après Jésus Christ, revenues dans la province de Belluno à Valle di Cadore e Castellavazzo et concernant les cadrans solaires donnés à la population locale par le sponsor de l'époque. Après une brève récapitulation de la mesure du temps dans la Rome antique, la signification d'une pierre analogue venue de Pompei et rapportée dans un site américain d'Internet de la dite « Liste Roth » a été examinée.*

### LA PIERRE DE VALLE DI CADORE

Dans le vestibule d'entrée du Palais, j'ai remarqué, probablement, pour la première fois (avant je ne l'avais pas remarquée) une pierre de l'époque romaine, fixée à la paroi, avec des courbes à la hauteur d'homme.

Pendant le mois d'août 2000, j'ai eu des contacts avec la rédaction du mensuel « I Cadore », dont les bureaux sont au premier étage du Palais de la « Magnifica Comunità » (Fig.1), situé Piazza Tiziano à Pieve di Cadore (Belluno). En plein territoire des Dolomites, pays, entre autre, où ma famille est originaire.

D'après des nouvelles venues successivement sur place et des recherches effectuées à la « Bibliothèque historique de Cadore » à Vigo di Cadore, la pierre aurait été trouvée à Valle di Cadore, un pays à 4 km de Pieve (Fig.2) en 1875 par



un certain Luigi Del Favero-Cavalier, un probable parent lointain de ma famille.

Le découvreur, en creusant pour réaliser les fondations d'une maison, près du Boulevard du Rio Anderica, torrent affluent du Piave, dans la partie longeant la rue San Rocco, mit à la lumière, une série d'objets intéressants. Dans le vestibule d'entrée du Palais, j'ai remarqué, probablement, pour la première fois (avant je ne l'avais pas remarquée) une pierre de l'époque romaine, fixée à la paroi, avec des courbes à la hauteur d'homme.

En lavant la pierre, se détachent des petites feuilles qui devraient avoir été en or, autant sur les saillies de la corniche que sur les lettres.

De Donà retient que la pierre est sortie de la cave du Pinè, d'où beaucoup de pierres et monuments romains découverts dans la province de Belluno ont été tirés.

La pierre, après avoir été nettoyée, a été rangée avec d'autres objets, toujours de l'époque romaine, dans un édifice du musée de Pieve, où il resta jusqu'à la fin de la guerre 1915-18, quand le musée, après la route de Caporetto, a été abîmé par des soldats autrichiens et allemands.

Ceux-ci, ne réussissant pas, à cause de son poids, à la transporter, la jetèrent avec d'autres ordures, dans la cour du musée, d'où, après la fin de la guerre, elle fut retirée par des ouvriers et mise, par mégarde, comme pierre de construction, dans un mur d'enclos.

Donnée donc comme perdue, elle réapparût et fut reconnue comme « la pierre romaine » en 1951, à l'occasion de l'abattement du mur, pendant les travaux de construction de la nouvelle Mairie de Pieve, pour être ensuite conservée, naturellement après avoir été nettoyée, dans un lieu où nous la voyons aujourd'hui (Fig3).

La traduction qui vient d'être donnée de la pierre est la suivante : « *Lucio Saufeio, fils de Lucio, de la famille Claudia, dit Clemente offrit l'école et l'horloge solaire* »



Le donateur, selon l'usage habituel des romains, est ici indiqué avec 4 dénominations : nom personnel, nom du père, nom de la famille, surnom.

La pierre date, probablement, du premier siècle après Jésus Christ, quand le pays qui maintenant s'appelle Valle était un « pagus » (village ou district rural) dépendant de la Mairie de "Iulium Carnicum", l'actuel Zuglio, près de Tolmezzo dans la province d'Udine, placé sur la rue Claudia Augusta, ou sa ramification. Cette rue a été construite par Druso, frère de Tiberio, à l'époque de la guerre, faite pour réunir la plaine de Venise, du pays d' Altino (près de Venise), dans la vallée du Danube dans l'actuelle Bavière.

À propos de l'interprétation des deux mots « scholam » et « solarium », ils peuvent faire les considérations suivantes :

- le terme « schola » latin reste à indiquer. C'est soit l'endroit dans lequel on enseigne dans le sens qui aujourd'hui nous lui donnons, soit un loisir dédié à l'étude, la leçon, la conférence, le cours, soit encore une galerie, un portique, une salle de bains publics, un siège de corporations, un endroit de rassemblement ou de rendez-vous

- avec le terme « solarium », les Romains appelaient soit : un impôt foncier et les taxes habituelles, soit un endroit souvent au sommet des maisons, d'un grenier, d'un balcon ou d'une terrasse, avec une bonne ensoleillement et, finalement, une montre ou cadran solaire, par exemple avec l'expression « au solarium versari », ils entendaient approcher les parages du cadran solaire, célèbre point de rencontre du Forum romain.

### **PIERRE TOMBALE DE CASTELLO LAVAZZO (OU CASTELLAVAZZO)**

En confirmant les considérations ci-dessus, cela nous aide pour la seconde pierre « gnomonique » : elle aussi romaine, retrouvée dans cette zone et précisément à Castello Lavazzo (ou Castellavazzo), à environ 15 km, à vol d'oiseau de Valle, le long de la vallée, toujours dans la province de Belluno (voir encore la Fig 2). La pierre tombale est gravée sur la façade d'un bloc de « marbre rouge de Castellavazzo », prise à l'époque, puis mise dans une carrière, loin du pays et, parmi elles, « le Marsor » dans la localité actuelle d'Olangreghe et toujours là. Ses dimensions sont de 100 cm de hauteur, 70 cm de largeur et 60 cm de longueur. La première information historique sur cette pierre, selon Fiorin, un passionné d'histoire locale, remonte à 1500.

À cette époque, l'humaniste de Belluno Plein Valeriano la citait, dans une de ses chroniques, en disant que c'était un des restes sauvés de la base d'une grande "montre", construite par les Romains « avec grandes meules de pierres », embasement qu'à l'époque de

Valeriano, apparaissait tout « démolé » et "ça et là « désagrégé », avec les ruines apportées chaque jour.

La pierre tombale est rappelée en 1547 par le Vicaire Egregis, dans son mémoire en latin et par Piloni, en 1607, dans son « Histoire de Belluno ». À l'époque de Valeriano et d'Egregis, le bloc, avec l'inscription, avait été placé, mais on ne sait pas combien de temps, pour ériger l'autel de la petite église de Sant'Elena di Castellavazzo qui, alors était adjacente à l'actuelle École maternelle, selon une tradition qui remontait aux premiers temps de l'ère chrétienne, de mettre des monuments avec des inscriptions romaines sur les autels chrétiens, avec, probablement, une signification symbolique.

Probablement, pendant cette disposition sur la paroi latérale du bloc, fut pratiquée une niche de 54 cm de hauteur, 28 m de largeur, et 28 de profondeur, munie d'une porte en bois, sans doute pour la conservation des objets du culte.



En 1820, à l'occasion de la construction, par l'Autriche, à qui appartenait alors la Vénétie, sur la nouvelle route d'Allemagne, ou sur la route qui conduisait sur la Germanie, l'église de Sant'Elena fut démolie et le bloc fut rangé, d'abord pour 20 ans à ciel ouvert, dans la cour de l'église du pays et ensuite dans la cure même. Puis elle a été portée près de la nouvelle Mairie du pays, où elle se trouve aujourd'hui (Fig.4) et où j'ai pu la voir et la photographier. Elle est destinée à faire partie d'un musée, dédié à l'histoire des carrières de pierre locales et comment ils travaillaient dans les siècles passés.

L'inscription de la pierre est la suivante (Fig.5): "IN. HONOREM /XXXXXX CLAUDI/CAESARIS.AUGUST/GERMANICI/SEX.PAETICUS.Q.F/TERTIUS.ET/C.PAETICUS.SEX.F/FIRMUS/HOROLOGIUM.CUM.SEDIBUS/PAGANIS.LAEBACTIBUS/ DEDERUNT"

Le nom de Néron, empereur cité dans la traduction et qui vécut au premier siècle après J.C. a été décapité par la pierre tombale, probablement après sa mort pour la dite « damnatio memoriae », (effacement de la mémoire), décrété par le Sénat romain.

Les donateurs, père et fils, eux aussi, indiqués avec les quatre noms canoniques dont nous avons parlé, sont les deux « magostri », probablement, magistrats romains ou « duumviri », qui soutenaient le « pagus » local, pendant que les « Lachactes » en étaient probablement les habitants d'origine préromaine, Vénète ou Celtique. Le « Pagus Lacbactium » faisait partie de l'aire de la mairie de « Bellunium » (Belluno), à la frontière du territoire du « Catubrium », (le Cadore).

La montre solaire, même si, à rigueur, avec le terme « horologium », les Romains indiquaient l'heure, aussi, mais très rarement et probablement plus difficilement, avec de l'eau, ils devaient, dans ce cas, être mis sur ou à côté de la base, dont le bloc en marbre avec inscription faisait partie. Ils pouvait aussi constituer la partie inférieure d'une construction bien définie : en effet le terme « sedes », au pluriel, peut signifier, soit un siège, soit un bâtiment, dont le bloc marmoréen. Ils avaient une inscription qui faisait partie d'une base qui pouvait constituer la partie inférieure d'une construction bien définie : en effet le terme « sedes », au pluriel, peut signifier, soit « sièges », ou, plus d'une manière extensive, « édifice » ou « siège ». Une hypothèse très vraisemblable est que cette montre, comme aussi celle de la Vallée, ait pu servir, pour garantir l'horaire des réunions des associations professionnelles ou corporations de la zone, comme par exemple les « collegia » des « fabri » (artisans du fer) du bois, de la pierre, etc, ou des « dendrophori », soit les « porteurs de bois », (commerçants de bois, charpentiers, « zattieri », ces derniers étant chargés du flottage du bois,

sur de grands radeaux, le long des cours d'eau, dont l'existence a été retrouvée par différentes inscriptions, provenant de régions voisines.

Les associations professionnelles romaines, comme les médiévales avaient des buts religieux et d'assistance. Dans le statut de l' « École de Zatèr », les « zattieri », de Belluno, en 1492, avaient l'obligation de « réunir l'école cadauna domenega du mois », selon les principes de l'école « romaine », vus ci-dessus, toujours à propos d'écoles ayant le sens d'associations. On doit se rappeler les nombreuses "Écoles" vénitiennes, et la plus connue Grande École de S. Rocco, avec ses magnifiques peintures du Tintoret, de la deuxième moitié de 1500.

## LA MESURE DU TEMPS DANS LA ROME ANCIENNE

Donnons maintenant de nouvelles brèves de la mesure du temps chez les romains. Selon quelques historiens, la première horloge solaire a été apportée à Rome de Catane par le consul Mario Valerio Messala, en 263 avant J.C.

Ayant été cependant construit pour une latitude différente de celle de Rome, cette horloge « sicilienne » indiqua l'heure aux Romains qui n'ont probablement pas beaucoup souffert d'avoir une heure exacte pendant environ 100 ans. Puis le consul Marco Filippo V en fit installer un exact à Rome qui fût suivi, peu d'années après, par une montre à eau pour les jours nuageux et pour la nuit.

Dans les siècles suivants, les horloges solaires prirent toujours plus d'importance, en les répandant de plus en plus partout et avec une organisation complexe des différentes activités humaines. Elles étaient utilisées quand heures temporaires ou inégales qui divisaient la durée du jour « clair » en aube et coucher du Soleil. De la même façon, elles se divisaient pour celles de la nuit, entre le coucher du Soleil et l'aube, en 12 parties : les « heures », égales entre-elles, même si elles sont de durée variable, toujours au changement des saisons.

Ainsi les 12 heures temporaires des jours proches du solstice d'été, quand le soleil reste sur l'horizon, environ aux latitudes de l'Italie du Nord, soit 15 heures et demi de nos heures « modernes » actuelles, elles étaient beaucoup « plus longues » que les 12 heures du solstice d'hiver, quand le Soleil est seul visible, environ 8 heures et demi; et l'inverse succédait pour elle naturellement pour les heures de la nuit. La durée des heures diurnes « romaines » était égale à celle de la nuit aux équinoxes de printemps et d'automne, quand le jour est égal à la nuit, avec le Soleil qui se lève à 6 h et passe à 18 h. Et les Romains, ceux qui habitaient en ville et dans la capitale, réglaient la vie publique et privée de tous les jours, en particulier « pour heures ». Vers la deuxième heure, aux équinoxes, chez nous à 8 h, on allait aux « commices » et à la troisième heure, (le 9) commençait l'activité des tribunaux; la sixième heure, (12 h) était l'heure de notre sieste; à la huitième heure (le 14), on allait au gymnase; la neuvième heure, le 15 marquait la fin de toutes les affaires et des travaux urbains, l'ouverture des thermes et le début du dîner. Le plus riches avaient un esclave chargé exclusivement de donner l'heure à qui la demandait. Et, à propos des esclaves, on peut dire aussi que les horloges solaires tendaient esclavager un peu la vie de beaucoup de personnes.

Est très connue la philippique contre eux d'un personnage, « le parasite », d'une comédie, le « Béotien », attribué à Plaute et de quelques auteurs latins, dont on connaît quelques fragments : « Ut illum di perdant, primus qui horas repperit, quique adeo primus stauit hic solarium ! qui mihi conminuit misero articulatum diem. Nam me puero venter erat solarium multo omnium istorum optimun et verissimum: ubi is te monebat, esses, nisi cum nihil erat. Nunc etiam quod est, non estur, nisi soli libet ; itaque adeo iam oppletum oppidum est solariis, maior pars populi aridi reptant fame ».

Le tout, avec une traduction un peu libre, signifie : « Les dieux qui les premiers maudissent, ont appris comment subdiviser le temps. Soit maudit celui qui construisit un cadran solaire, misérablement en petits fragments et en réduisant mes jours ! Quand j'étais



*enfant, mon cadran solaire était mon estomac, instrument plus sûr et plus exact, plus certain que tous les autres. Ce qui me donnait le temps juste du repas et quand je devais manger, me divertir. Mais maintenant, hélas!, je ne sais pas pourquoi quand j'entend les bouchées, je ne peux pas aller à table sans la permission du Soleil. Bien des gens de la ville sont réglés sur ces maudites méridiennes ».*

En revenant aux deux pierres tombales de Valle et de Castellavazzo dont nous sommes partis, qui sont avant tout soulignées par la grande diffusion de la « mode » ou peut-être la nécessité de l'emploi des montres solaires, il doit y en avoir probablement eu dans tout l'empire romain, étant donné que celles-ci étaient arrivées à se répandre, déjà au 1<sup>er</sup> siècle ap. J.C., dans une vallée alpine, assez loin de Rome et pas particulièrement connue comme siège des centres habités en relief.

En parallèle à ceci, il faut relever la probable, simultanée et notoire complexité de l'organisation de la structure de l'activité humaine à se développer dans les centres mêmes. Fondamentales pour sa complète connaissance, sont proposés les restes retrouvés de la Pompei romaine qui a vu, tout au long de la laborieuse vie publique et privées, « cristallisée » sous l'éruption du Vésuve, en 79 ap. J.C.

Si forgerons, menuisiers, commerçants, ou paysans pouvaient apprécier vraiment et utiliser des montres, publiquement, pour fixer les horaires de réunions, les rendez-vous ou, ou aussi peut-être des rendez-vous, la vie de nos aïeux devait être assez compliquée et tout pas ad très différente de celle de nos jours.

Dans les mêmes pays alpins, devaient aussi exister des familles particulièrement riches qui pouvaient se permettre de habitations de haut niveau (À Pieve, ont été trouvés des restes de pavés, richement décorés, avec des mosaïques et même avec des installations de réchauffement !). Les représentants de ces familles devaient certainement avoir des charges publiques, en vue d'être élus pour obtenir ce qu'il devaient rechercher, de toutes façons l'approbation et l'appréciation de leurs concitoyens, afin d'obtenir, avec la réalisation, avec leur argent, d'œuvres d'intérêt public. Même alors, évidemment, les finances de l'État ou des régions ne devaient pas briller. Et naturellement, il devaient faire savoir à tous (ou au moins à ceux qui savaient lire et qui devaient ensuite le raconter aux autres) à qui toutes ces œuvres étaient dues. Ils étaient donc ceux que, de nos jours, nous appelons « sponsor » ou mieux, de façon plus classique, les « mécènes » d'alors.

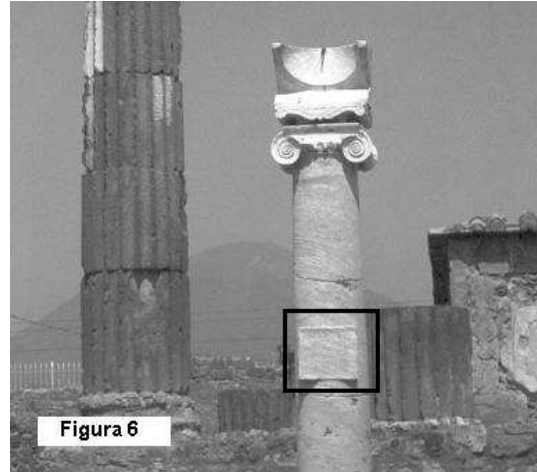
### UNE « DÉVIATION » À POMPEI

Après avoir parlé des deux pierres concernant les horloges solaires des Dolomites et ses environs, intéressons-nous à une autre pierre du même genre, mais demeurée, alors que beaucoup d'autres ont été éparpillées dans toute l'Europe et en Méditerranée (cela vaudrait le peine d'en faire un recensement). Il s'agit d'une inscription pompéenne, trouvée au cours de recherches dans un site d'Internet [www.homesafe.com/pompeii/xplaque.htm](http://www.homesafe.com/pompeii/xplaque.htm) (un des nombreux compris dans la note spécialisée sur les cadrans solaires du monde entier [www.infraroth.de/index.html](http://www.infraroth.de/index.html) organisé par l'Allemand Daniel Roth).

Le site de l'américain : Michael T. Bragg, en souvenir d'une visite à Pompei en 1990, rapportai, entre autres choses, la photo d'une pierre, avec une inscription concernant, selon lui un cadran solaire.

Que l'inscription puisse concerner un cadran solaire, a été, entr'autre, confirmé par le fait que la même pierre a été tirée d'un marbre d'une colonne, environ à la moitié

de la sa hauteur, ayant un chapiteau ionien, élevé à proximité du temple d'Apollon, rue Marine et sur le lequel au sommet était placée une montre solaire, à la surface concave de « conique ». Pour la chronique, comme on peut le voir sur une photo récente de la région (2000), la colonne et l'horloge sont toujours sur place à Pompéi (voit la Fig. 6, où l'inscription « del Bragg » est contournée par une corniche rectangulaire).



Le texte latin et la traduction de l'inscription (reportée, dans le site, en anglais et fournie à Bragg, en 1997, par Catherine Lacomte et Andre Deisser, probablement français) qui accompagnaient l'image de la pierre, tout en justifiant, à première vue, l'attribution « gnomonique » que leur a donné Bragg, et donc, l'inscription suivante, assez récente dans la liste de Roth, n'étaient pas cependant cohérentes avec les paroles et lettres latines. Autrement dit, ce texte et cette traduction ne concernaient pas la pierre tombale photographiée par Bragg et présente à Pompéi près du temple d'Apollon mais une pierre tombale différente. Par des enquêtes assez laborieuses, par la consultation de quelques-uns de 30 volumes d'une récolte vaste de toutes les inscriptions latines connues, le « Corpus Inscriptionum Latinarum », publié en latin à Berlin, vers la fin de 1800, par Theodorus Mommsen, mais avec les différents ajournements suivants, ces résultats ont émergé.

Effectivement, dans le « Corpus », volume X, il y a une documentation concernant ces recherches, en 1765, à Pompéi, dans ce qu'on appelle le « Trou Triangulaire », dans l'hémicycle, près du temple d'Hercule. Une pierre tombale, portant l'inscription 831, dans laquelle un cadran solaire est cité et dont texte coïncide parfaitement avec la traduction que les deux Français ont donnée à Bragg.

Il n'est pas sûr cependant que cette pierre tombale se trouve encore dans le cadre des creusements de Pompéi; selon des nouvelles du « Corpus », elle pourrait en effet avoir été portée dans un musée de Naples. Le texte de cette pierre tombale, intégré entre parenthèse de quelques lettres qui n'existaient pas, ne le rendrait pas absolument compréhensible, c'est le suivant : « L(ucius) SEPUNIUS L(uci) F(ilius) SANDILIANUS/ M(arcus) HERENIUS A(uli) F(ilius) EPIDIANUS/ DUO VIR(i) I(ure) D(icundo) SC(h)OL(am) ET HOROL(ogium)/ D(e) S(ua) P(ecunia) F(aciundum) C(uraverunt) ».

Avec la traduction : « *Les deux, avec des pouvoirs directeurs et judiciaires, Lucio Sepunio, le fils de Lucio Sandiliano et Marco Erenio, le fils d'Aulo Epidiano, firent construire avec leur argent une école et une montre solaire* ».

Revoyons ici, à 650 km de distance de la province de Belluno, dans un schéma semblable à celui de la pierre tombale de Vallée : le mot « scholam », mais qui, avec « horologium » à la place de « solarium » et avec, en plus, la préoccupation « juste » des donateurs Sepunio et Erenio, de rendre manifeste à tous que l'argent pour le cadeau, venait vraiment d'eux.

Toujours selon le volume X du « Corpus » les mêmes Sepunio et Erenio, et ce sont sûrement les mêmes, parce que marqués aussi parmi tous les autres noms et surnoms, ils paraissent aussi sur une seconde pierre tombale, avec l'inscription 802 trouvée en 1817 dans la maison, dite de Vénus, gravée sur un carré, au centre d'une colonne marmoréenne de style ionien et fait un tout avec elle.

L'inscription, même si différemment disposée, est tout à fait identique à celle reportée : manquent seulement les mots les plus intéressants pour nous et c'est-à-dire : « SC(h)OL(am), ET HOROL(ogium) ».



Évidemment les deux donateurs avaient aussi construit ailleurs pour les Pompéens, à l'école et sur le cadran solaire de la première pierre tombale, autre chose que sur la seconde pierre, sans précision. Ils pouvaient leur permettre aussi évidemment ce second cadeau !

Et c'est seulement cette seconde pierre tombale, qui donc n'a rien de « gnomonique », qui a été photographiée par Bragg et rapportée dans son site, mais évidemment lui-même et ses interprètes français l'ont complétée, en se trompant et sans la regarder au fond, les deux

mots SC(h)OL(am, ET HOROL(ogium), qui n'existaient pas. (fig 7).

Ils connaissaient, probablement, l'existence de la première pierre tombale de Pompéi dont nous avons parlé, où ils ont simplement imaginé les mots manquants, peut-être en se basant sur les autres pierres tombales semblables, peut-être situées en France, qu'ils connaissent.

Pour graver les deux volumes du « Corpus », dédiés au Gallia Narbonense, qui correspond aux grandes lignes à l'actuelle France du Sud, ils rapportent l'existence dans la région de six inscriptions ou fragments d'inscriptions dans lesquelles les mots « horologium » ou « solarium » paraissent.

Reste « l'étrangeté » de la présence contemporaine, près du temple d'Apollon de Pompéi, de la colonne au chapiteau ionien, avec incorporée la pierre tombale qui ne parle pas de montres solaires, mais qui porte à son sommet le cadran solaire décrit ci-dessus.

On peut faire l'hypothèse d'un accouplement et d'un emplacement « arbitraire », réalisé dans les temps modernes : une colonne avec une pierre tombale « dédicatoire », entre celle cassée en trois parties, découverte dans un certain endroit, reconstruite et relevée près du temple d'Apollon, réunie à une des nombreuses montres retrouvées, également, près des habitations privées, à Pompéi.

Pour soutenir cette hypothèse, il y a, avant tout, cette sorte de « coussin » qui, placé sous l'horloge solaire, semble n'avoir pas grand chose à faire, même du point de vue esthétique, avec la colonne « ionienne », colonne oubliée, entre autres, dans le proche voisinage des « corenties » du temple d'Apollon.

Puis, le Catalogue de Gibbs sur les cadrans solaires grecs et romains, qu'il recense, seulement à Pompéi, au moins 35 cadrans reportent une photo qui concerne sûrement le cadran qui nous intéresse, (le n.3066G, plate 44), mais il le retire sans « coussin » et sans gnomon, joints probablement dans les deux en temps suivants, et il le cite comme provenant ou trouvé dans un grenier ou au sommet de la colonne.

Et puis pourquoi les Romains auraient dû placer une montre solaire, avec ses lignes horaires assez rapprochées, à une dizaine de mètres de l'endroit où elles devaient être lues, avec la possibilité qu'elles puissent être confondues entre elles ?

### UNE DERNIERE OBSERVATION.

On peut remarquer que dans les pierres tombales que nous avons examinées, dont l'usage était généralisé dans toute la romanité, beaucoup de mots sont remplacés par leurs initiales. Ceci arrivait pour réduire les dimensions des inscriptions, probablement, et abrégé le temps nécessaire pour leur gravure, ainsi que leur coût. La main d'oeuvre spécialisée coûtait, évidemment alors aussi. Et aussi la série de lettres isolée qui en résultait, souvent de

type « standardisé » et reproduit dans beaucoup de cas, devait être compréhensible par tous. Peut-être souvent aussi, des mots complets, étant donné la rareté probable de gens qui savaient lire.

Les messages de ces SMS, souvent échangé par téléphone, de nos jours, viennent à l'esprit : TVB pour « Je t'aime », et beaucoup d'autres phrases et mots « comprimés » du même type. Un autre motif pour dire, avec une devise latine célèbre : « Ecclesiastes 1:10 », à plus forte raison puisqu'il s'agit d'un sujet « solaire » : « NIHIL SUB SOLEIL NOVUM », « Rien de nouveau sous le Soleil ».

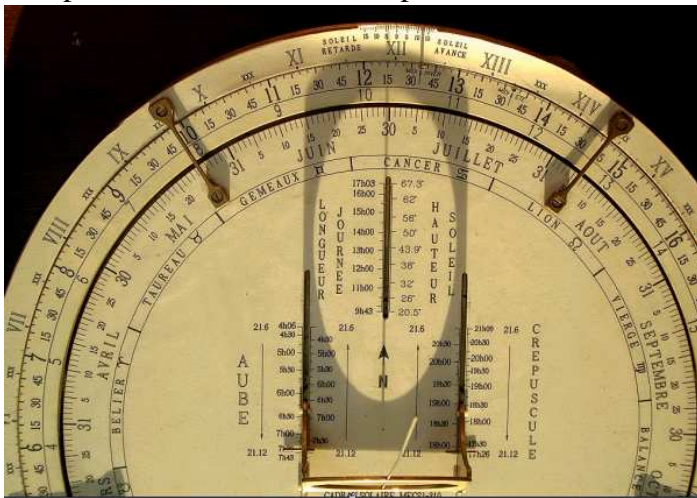
#### BIBLIOGRAPHIE

- ° Mario Ferruccio Belli, « *La Magnifica Comunità di Cadore e i suoi palazzi storici* », Ediz. Magnifica Comunità di Cadore, 1998
- ° Serafino De Lorenzo, « *Il Centenario di Valle di Cadore* », Ediz. Comune di Valle di Cadore, 1998
- ° Giovanni Onorato, « *Iscrizioni pompeiane* », Sansoni, 1957
- ° Adriano Alpagò Novello, « *Castellavazzo/Un paese di pietra, la pietra di un paese* », Editore Neri Pozza, 1997
- ° Luisa Alpagò Novello, « *L'età romana nella provincia di Belluno* », Ediz. Cassa di Risparmio di Verona, Vicenza, Belluno e Ancona, 2000
- ° Corpus Inscriptionum Latinarum, parte X, *Inscriptiones Bruttiorum, Lucaniae, Campaniae, Siciliane Latinae. Accademia regia delle lettere di Berlino*, 1883
- ° S.L. Gibbs, *Greek and Roman Sundials*, Yale University press, New Haven and London, 1976

\*\*\*\*\*

## L'équation du temps mécanisée !!!

En 1997, un horloger genevois, J.-M. Wiederrecht, faisait breveter son cadran horizontal Foster-Lambert\* (CH 687 572G A3). Auparavant cette pièce avait obtenu la médaille d'or du Salon des Inventions de Genève en 1995. Les renseignements fournis par cette petite merveille sont multiples et nous donnent en fonction de la date affichée:



- 1) Les heures du lever et coucher de soleil.
- 2) Les heures de l'aube et crépuscule civils (-6°).
- 3) La durée du jour.
- 4) La hauteur du soleil au point de culmination.
- 5) Les jours de l'année accompagnés des signes du zodiac sur la première couronne intérieure.
- 6) L'heure légale d'hiver ou d'été sur la deuxième couronne.

L'heure solaire est en chiffres romains comme il se doit sur la couronne extérieure.

La particularité de ce cadran, et c'est là qu'intervient la géniale invention de notre horloger, tient dans l'application automatique de l'équation du temps (EoT) au fil des dates, à l'aide d'un système de came. De plus, ce cadran peut être adapté à n'importe quel lieu donné avec une remarquable précision.

Pour y admirer un exemplaire simplifié, on consultera le site de l'Atelier Genevois d'Horlogerie : [www.agenhor.ch/francais/cadran\\_solaire.htm](http://www.agenhor.ch/francais/cadran_solaire.htm)

Joseph Theubet

\* Pour rappel, le Foster-Lambert est un cadran analemmatique azimutal qui dépend de la déclinaison du soleil, donc de la date. Les heures se lisent sur un cercle dont le style mobile présente un angle d'inclinaison égal à  $90^\circ + \text{Lat}/\epsilon$  sur l'horizon vers le Nord, ou à  $90^\circ - \text{Lat}/2$  vers le Sud.



## Cadrans à réflexion: miroir deltoïde

Par Jean François Echard

*Le cadran à réflexion ou à miroir est un cadran original. Le gnomon classique a été remplacé par un miroir qui par loi de la réflexion, substitue le parcours d'une tache de lumière à celui de l'ombre.*

*Cet article vient en complément d'une première version rédigée en 2004, comprenant en particulier des constructions géométriques.*

### **CADRAN à REFLEXION ou à MIROIR**

Le cadran à réflexion est en général un cadran d'intérieur. Le miroir est placé sur le rebord d'une fenêtre orientée sud. La tache de lumière se déplace sur l'environnement intérieur : plafond, murs, escalier,.....

Les courbes suivies par la tache solaire dépendent de la position du miroir: horizontal ou incliné-déclinant mais surtout de la forme de la surface intérieure sur laquelle se projettent les rayons solaires réfléchis.

Les gnomonistes ont pu ainsi réaliser des cadrans très décoratifs et parfois fort complexes en fonction de la surface intérieure des bâtiments.

### **Quelques cadrans à réflexion:**

Le plus simple est le cadran méridional à réflexion. Le miroir est horizontal et placé devant la table verticale du cadran. Les rayons solaires se réfléchissent sur la table, strictement orientée Est-Ouest. Les lignes horaires sont des demi-droites qui se rejoignent en un même point de l'axe méridien. Les calculs des lignes sont identiques à ceux d'un cadran vertical classique.

Les cadrans à réflexion, les plus courants, sont réalisés sur des murs ou des plafonds plans. Ils sont accessibles aux calculs classiques moyennant quelques interventions trigonométriques supplémentaires, car les plafonds ne sont pas obligatoirement horizontaux.

Les cadrans à réflexion les plus spectaculaires sont réalisés sur des plafonds courbes, à forme cylindrique ou sur des enchaînements d'architecture intérieure : plafonds, voûtes, arceaux, escaliers.... Impossible dans ce cas de «mathématiser» les surfaces de projection des taches solaires. Ces cadrans n'ont pu être construits que de façon empirique.

Chaque jour ( de soleil ), il faut donc calculer l'heure solaire en prenant en compte la longitude du lieu et l'équation du temps. Aux déplacements de la tache solaire correspondent des réseaux de points qui doivent être reliés entre eux pour former les courbes des heures et des jours.

Les gnomonistes durent patienter un an (au minimum, avec les vérifications) pour réaliser complètement le cadran. Ayant le temps et voulant montrer leur savoir, ils se sont livrés en général à des réalisations savantes et décoratives : éléments calligraphiques, picturaux, mythologiques, signes du zodiaque... L'effet final est souvent somptueux.

### **Cadrans à Réflexion monumentaux**

Ces cadrans sont peu nombreux, mais souvent réalisés dans des endroits prestigieux. A titre d'exemple :

° **Cadran du Palais Spada à Rome**, réalisé par le peintre G.B. Magni en 1644, les calculs ont été faits par le Père Maignan. Ce cadran est tracé sur le plafond, à forme cylindrique, d'une galerie du palais occupé actuellement par le Conseil Constitutionnel Italien. Il est d'une grande complexité. En effet il indique les heures italiennes, astronomiques et babyloniennes. Il existe de plus deux tables au fond de la galerie qui permettent d'utiliser le cadran avec les rayons lunaires réfléchis et de suivre l'évolution des planètes.

Un autre cadran à réflexion important, situé à Rome, est celui aussi réalisé par le Père Maignan dans **l’Eglise de la Trinité des Monts**.

° **Lycée Stendhal à Grenoble**, oeuvre du Jésuite Jean Bonfa en 1673. Ce cadran s’étend sur environ cent mètres carrés de plafonds et de murs. Les taches solaires sont issues de deux miroirs appuyés sur les fenêtres sud. Il indique l’heure, le mois, la saison, le signe du zodiaque, l’heure du lever et du coucher du soleil et même l’heure lunaire.

Un ouvrage très complet est consacré aux « Instruments solaires à réflexion ». Andrée Gotteland et Giovanni Paltrinieri - 2004

### **Théorie des cadrans à réflexion :**

La théorie de ces cadrans à réflexion est apparue au XVII<sup>ème</sup> siècle. Les auteurs les plus connus sont :

- **Athanasius KIRCHER** (1602-1680). En 1646 il publia «Magna Lucis et Umbras». La théorie est développée dans le livre 10 intitulé : «Magia Horographie».
- **Emmanuel MAIGNAN** (1601-1676). Religieux de l’Ordre des Minimes, il enseigne à Toulouse les Mathématiques, l’astronomie et la philosophie. En 1648 il publia «Horaria sive de Horographia gnomonica tum theoretica tum pratica»
- **Ignace-Gaston PARDIES** ( 1636-1673). Religieux de l’ordre des Jésuites, il publia «reflexionis in cubiculo facere» : faire une horloge de réflexion dans une chambre.

On rapporte que **NEWTON**, jeune, a réalisé un cadran à réflexion dans la maison de sa grand-mère!

### **Une voie nouvelle :**

Les cadrans à réflexion remettent en cause le rôle du gnomon classique qui permet de suivre les heures et les jours par le déplacement de l’ombre. Le trajet de la lumière se substitue à celui de l’ombre. Remarquons que cette modification se retrouve, déjà, dans les méridiennes et dans les cadrans de type Bedos de Celles.

Les cadrans à réflexion utilisent un miroir simple de forme plane. Il est intéressant d’explorer de nouveaux cadrans à réflexion dans lesquels le miroir plan est remplacé par un miroir à géométrie plus complexe. Ce nouveau miroir doit réfléchir et concentrer les rayons solaires suivant une courbe dont les déplacements sont représentatifs des mouvements du soleil.

Cette courbe, enveloppe des rayons réfléchis du soleil, ou «du miroir», présente en général un ou plusieurs points de rebroussement. Cette courbe est en sur-luminosité sur le plan du cadran. Le déplacement des points de rebroussement en fonction de la position du soleil permet de lire l’heure solaire.

### **Nouveaux Miroirs :**

La recherche de nouveaux miroirs est guidée par les principes suivants:

- Sélectionner des caustiques, aux propriétés géométriques remarquables, produites par la réflexion de rayons lumineux parallèles émanant d’une «située à l’infini» : le soleil.
- Un point singulier de la caustique doit se déplacer de façon régulière en fonction de l’angle d’incidence des rayons lumineux par rapport à un axe de symétrie du miroir. Cet axe devra coïncider avec la méridienne du lieu.

En suivant cette démarche nous avons retenu plusieurs types de miroirs:

*La caustique se déplace, en restant identique à elle-même, pendant la rotation des rayons lumineux.*

La caustique se comporte en fait comme un «rotor» autour du miroir. Elle roule sans glissement sur le miroir.

- Miroir en forme de «**deltoïde**» (hypocycloïde à 3 rebroussements). La caustique du deltoïde, pour des rayons lumineux parallèles est une «astroïde» (hypocycloïde à 4 rebroussements). L'astroïde est un «rotor» du deltoïde.
- Miroir en forme d'«**astroïde**». La caustique est une courbe régulière et symétrique avec 6 points singuliers. Cette courbe est un rotor de l'astroïde.
- Miroir demi-circulaire. La caustique est une «**nephröide**»(épicycloïde à 2 rebroussements) qui roule à l'intérieur du cercle en fonction directe de l'incidence des rayons lumineux par rapport à l'axe du miroir.

Cette liste ne prétend pas à l'exhaustivité. Nous avons choisi d'approfondir, dans un premier temps, le **cas du premier miroir en forme de deltoïde**.

### Le DELTOÏDE

Le Deltoïde est défini de façon classique comme la trace P d'un point d'un cercle ( rayon r) roulant sans glissement à l'intérieur d'un cercle dont le rayon est trois fois celui du cercle initial (R=3\*r). La courbe résultante est une hypocycloïde à trois rebroussements.

**Histoire:** le nom de cette courbe provient de la ressemblance avec la lettre grecque: delta . Le deltoïde et plus généralement les hypocycloïdes ont été étudiées par Daniel Bernoulli en 1725. Euler considéra le deltoïde en 1745 en relation avec un problème d'optique . Plus tard en 1876 Steiner approfondit les particularités géométriques de cette courbe. Sa contribution particulière conduit à considérer le deltoïde comme l'hypocycloïde de Steiner.

Les épicycloïdes sont des courbes obtenues par roulement sans glissement d'un cercle à l'extérieur d'un autre cercle. Les épicycloïdes ont été imaginées par les Grecs pour expliquer le mouvement rétrograde des planètes, vu de la terre. Ce modèle fut rendu caduc lorsque Copernic publia en 1543 sa théorie héliocentrique du système planétaire.

#### Approche algébrique:

L'équation algébrique du deltoïde est obtenue comme suit:

L'axe d'origine est la tangente de l'un des point de rebroussement, soit OX. Un petit cercle (de rayon r) roule à l'intérieur d'un grand cercle ( de rayon R=3r)

T est le point de tangence du cercle interne et du grand cercle.

L'angle de base représentatif du déplacement du cercle interne est  $t = (\text{OX}, \text{OT})$

Equations générales des hypocycloïdes:

$$X = (R-r) \cos(t) + r \cos \left( \frac{(R-r)}{r} t \right)$$

$$Y = (R-r) \sin(t) - r \sin \left( \frac{(R-r)}{r} t \right)$$

Deltoïde R=3\*r

$$X = r (2 \cos(t) + \cos(2t))$$

$$Y = r (2 \sin(t) - \sin(2t))$$

#### Caractéristiques utiles de ces courbes:

Rayon de courbure:  $-4r \frac{(R-r)}{(2r-R)} \sin \left( \frac{(R-r)}{r} t \right)$  deltoïde:  $-8r \sin(3t/2)$

Longueur totale de la courbe:  $s = 8(R-r)$  deltoïde:  $16 r$

Tangente en P  $\text{tg}(t) = (1 - (R/r)) \tan(t)$  deltoïde:  $-t/2$

**Miroir du cadran solaire :**

Equation du miroir:

Nous prenons un des arceaux du deltoïde qui sera orienté vers le sud (axe OY).  
L'axe des X est perpendiculaire. Nous opérons un changement d'axes par rapport aux coordonnées précédentes:

$$\begin{aligned} X &\Rightarrow -Y \\ Y &\Rightarrow X \end{aligned}$$

Dans ce nouveau système d'axes l'équation du miroir deltoïde est:

$$X = r*(2\sin(t)-\sin(2t)) \qquad Y = -r*(2\cos(t)+\cos(2t))$$

avec des valeurs de t variant de 120 à 240 degrés.

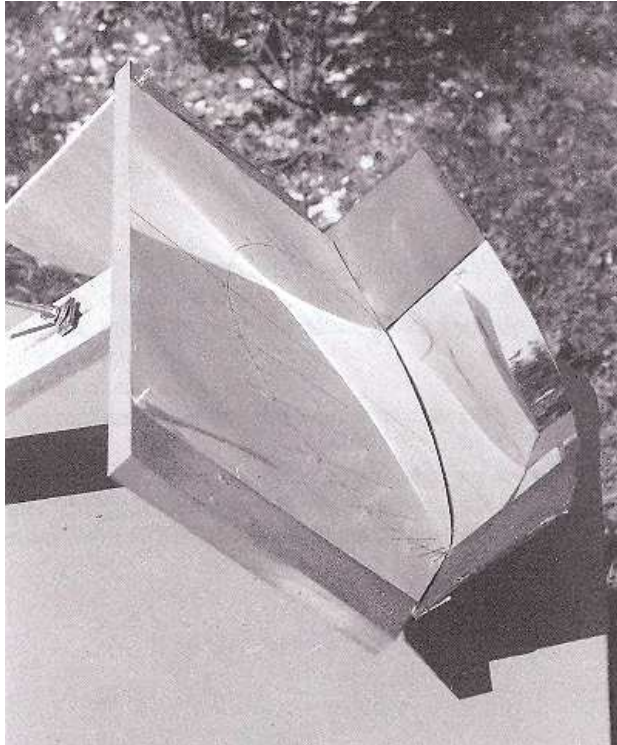


Photo n°1

Réalisation:

Ce miroir a été constitué par une bande rectangulaire découpée dans une feuille de miroir pvc transparent. Ce matériau a été utilisé pour permettre de réaliser la courbure, ce qui serait impossible avec un miroir en verre. La bande a pour hauteur 13 cm, sa longueur est celle d'un arceau de deltoïde:

$$(16/3)*r$$

$$r = 6 \text{ cm} \text{ soit un arceau de } 32 \text{ cm}$$

Il est nécessaire de rajouter au minimum 13 cm de chaque côté pour fixer le miroir.

Le gabarit a la forme du deltoïde au centre et se prolonge par deux segments de droite correspondant aux tangentes aux points de rebroussement. Le gabarit est constitué d'une planche de médium de 19 mm d'épaisseur, 60 cm de long et 35 cm de large : voir photo n°1 ci contre.

**CAUSTIQUE du MIROIR:**

Lorsque les rayons lumineux sont parallèles, cas des rayons solaires, la caustique d'un deltoïde est une astroïde .

Les demi-axes de l'astroïde ont une longueur de 4\*r

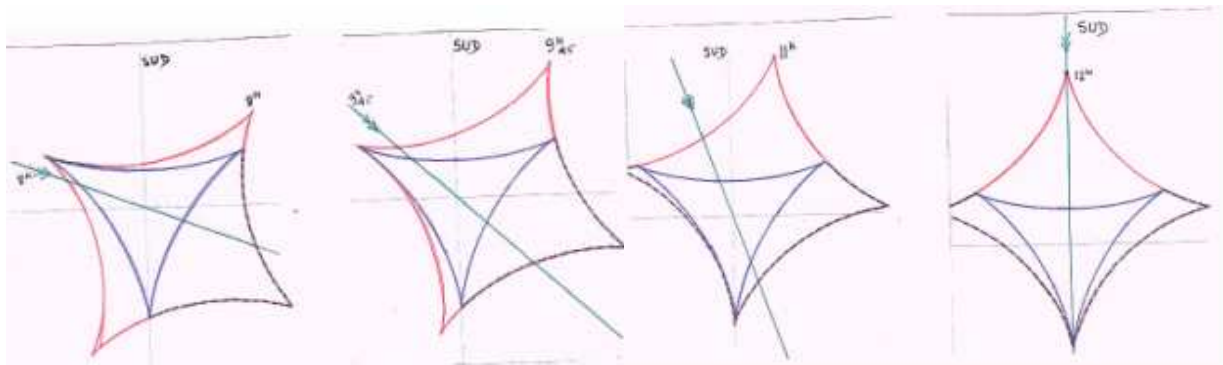


Figure 2



### Une propriété remarquable:

Soit  $\theta$  l'angle d'incidence des rayons lumineux par rapport à l'axe de symétrie de l'arceau du deltoïde qui se confond avec la méridienne du lieu.

Lorsque l'angle d'incidence des rayons lumineux  $\theta$ , varie, la caustique (astroïde) reste de forme identique mais les axes subissent une rotation de  $\theta/2$ .

Dans son déplacement l'astroïde passe par les trois points de rebroussement, ou extrémités du deltoïde .

Nous retrouvons une des conditions de choix de la forme du miroir. L'astroïde roule sans glissement sur le deltoïde.

Le point de rebroussement de l'astroïde situé dans l'arceau du miroir tourne en fonction de l'angle d'incidence des rayons du soleil et permet ainsi de repérer le temps solaire.

### Equation de l'astroïde avec déplacement :

Angle d'incidence des rayons lumineux équivalent à celui d'un cadran équatorial:  $\theta$

$$X = r*(3*\sin(t)-\sin(3t+2\theta) + \sin(2\theta))$$

$$Y = -r*(3*\cos(t) + \cos(3t+2\theta)-\cos(2\theta))$$

Le point de rebroussement de l'astroïde est obtenu pour  $t = -\theta/2$

Les graphiques ci-dessus (Figure : 2) montrent le déplacement de l'astroïde autour du deltoïde en fonction des heures de la journée, donc de l'angle d'incidence des rayons lumineux. Les différents graphiques représentent les heures de la matinée. Les déplacements sont symétriques l'après-midi.

### Lieu du point indicateur de l'heure solaire:

Le point de rebroussement de l'astroïde obtenu pour une valeur particulière de  $t$  est en relation directe et sans ambiguïté avec l'angle d'incidence des rayons lumineux. Le point de rebroussement de l'astroïde indique l'heure solaire.

Si on remplace  $t$  par  $-\theta/2$  dans l'équation de l'astroïde on trouvera l'équation du lieu du point de rebroussement.

$$X = -r*(4\sin(\theta/2) + \sin(2\theta))$$

$$Y = r*(4\cos(\theta/2) + \cos(2\theta))$$

Cette équation paramétrique est celle d'une épicycloïde à 3 rebroussements. Les points de rebroussements de cette épicycloïde coïncident avec ceux du deltoïde.

Le point indicateur de l'heure solaire est défini par:

- Le point de rebroussement de l'astroïde, indiquant l'heure, correspondant à  $t = \theta/2$
- La tangente au point de rebroussement de la caustique coïncide avec l'axe de l'astroïde.

L'épicycloïde à trois rebroussements ou «courbe des heures» est représentée par la courbe rouge (figure 3 ci-après).

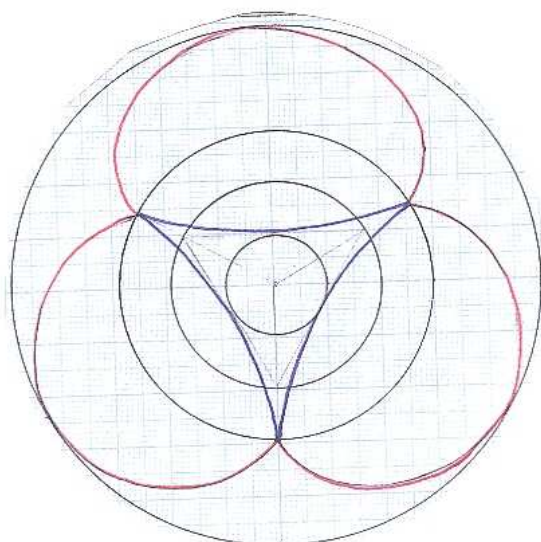
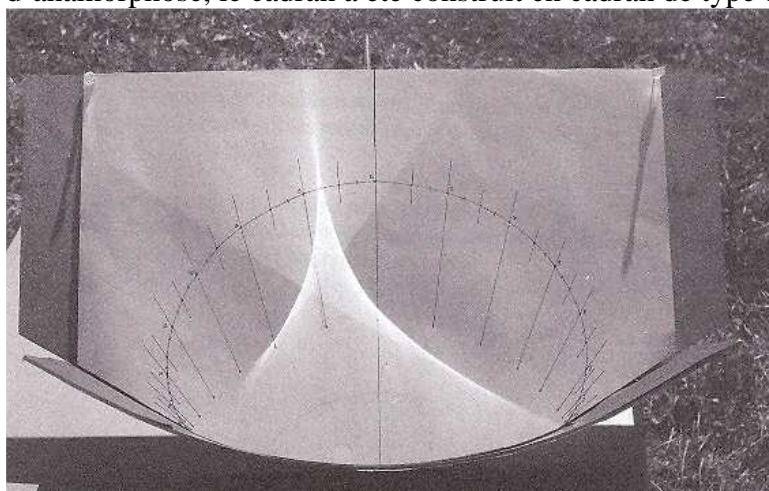


Figure 3

### Observation et Analyse du « Cadran solaire à miroir Deltoïde »

#### ANALYSE du « CADRAN à MIROIR DELTOÏDE »:

Afin d'obtenir une image correcte de la caustique sans rencontrer des problèmes d'anamorphose, le cadran a été construit en cadran de type équatorial.



- Aspects pratiques d'observation :

Si le plan du cadran est exactement parallèle au plan de déplacement apparent du soleil, les rayons lumineux ne formeront pas par réflexion sur le miroir une caustique lisible sur le plan du cadran. Il est donc nécessaire de le pencher légèrement vers le sud. Nous avons constaté que 3 à 4 degrés suffisent pour obtenir une caustique précise. Si l'angle est

très supérieur (cadran horizontal par exemple) on obtient une caustique déformée impraticable pour déterminer l'heure solaire.

- Date :

En inclinant progressivement le cadran autour de l'angle théorique du jour:

latitude + inclinaison du soleil

L'angle qui correspond aux rayons rasants du soleil sur le plan du cadran permet de définir empiriquement la date. Il a été placé sur le côté du cadran un rapporteur d'angles déterminé à partir de la latitude du lieu, augmentée ou diminuée de l'angle d'inclinaison du soleil.

En inclinant la table du cadran pour avoir des rayons lumineux rasant, on peut lire à l'aide d'un fil à plomb fixé sur le rapporteur «l'angle du jour» et donc connaître la date.

Nous constatons ( en période d'été) qu'avec un rapporteur d'angle de rayon 15 cm, la date peut être déterminée à 2 ou 3 jours près.

#### **Analyse du « cadran à miroir deltoïde » :**

Le cadran a été fabriqué de façon artisanale sans outil de précision. Les points sensibles sont par ordre décroissant d'influence:

la forme du gabarit qui doit être un deltoïde aussi parfait que possible.

La fixation verticale du miroir sur ce gabarit

Le tracé de l'épicycloïde et des points représentatifs des heures.

Détermination de l'heure :

La forme de l'épicycloïde est aplatie autour du sommet. Les points représentatifs du temps solaire sont particulièrement espacés autour du sommet. Il en résulte que la précision du cadran est forte autour de midi et plus faible dans les heures du lever et du coucher du soleil.

La sur luminosité de la caustique ne pose pas de problème de lecture de l'heure bien que le cadran soit orienté vers le sud.

L'heure est déterminée, en ciblant bien le centre du point de rebroussement de l'astroïde, avec une précision de 2 à 3 minutes dans la partie centrale du cadran, i. e. de 9h à 15h.

La précision diminue considérablement aux heures du matin et du soir. Les écarts graphiques entre ces heures sont faibles en particulier dans les zones proches des points de rebroussement de l'épicycloïde.

On pourrait pallier cette imprécision pour les rayons rasants du matin et du soir en utilisant le deltoïde complet. Pour ces heures critiques les deux autres arceaux du deltoïde présentent des faces mieux orientées par rapport au soleil.

#### **BIBLIOGRAPHIE**

Denis Savoie : La Gnomonique, Edition Les Belles Lettres - 2001

Denis Savoie : Les Cadran Solaires, Belin . Pour la Science -2003; p. 79

Yves Opizzo : Les Ombres des Temps, Burillier - 1998; p59-60

André E. Bouchard : Le Gnomoniste, Vol 10 n° 2, juin 2003

J. Lemaire : Hypocycloïdes et Epicycloïdes, Librairie Albert Blanchard, 1967

Andrée Gotteland – Giovanni Paltrinieri : Instruments Solaires à Réflexion : 2004

Paris- Juillet 2006

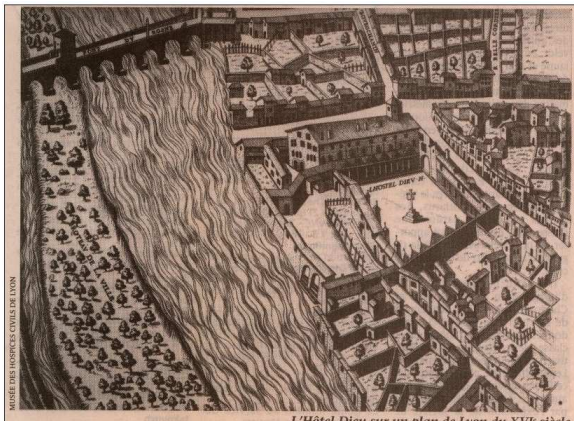


## Les cadrans de l'Hôtel-Dieu de Lyon

Par Paul Gagnaire

Le promeneur qui remonte la rue Bellecordière, en souvenir de Louise Labbé, parvient à la place de l'Hôpital. Qu'il franchisse la porte cochère ouverte à sa droite et le voici dans un cloître en quadrilatère inégal, bordé par 40 arcades ; il se trouve dans la Cour Antoine Charial de l'Hôtel-Dieu. Mais, s'il a pris la peine de lire la vieille plaque qui surmonte le porche, il sait aussi que ces arcades formaient autrefois le cloître du "Grand Hostel Dieu" de Lyon.

L'institution remonte au XII<sup>ème</sup> siècle, mais une pieuse tradition en met l'origine entre les mains bienfaisantes du couple royal formé par Childebert et la reine Ultrogothe, vers



L'Hôtel-Dieu sur un plan de Lyon du XVI<sup>ème</sup> siècle

542. Sous le nom de "Hôpital de Notre-Dame de Pitié du Pont du Rhône" il joua un rôle complexe dans le Haut Moyen Âge, luttant contre les pestes, les famines, les maladies ; secourant pèlerins, marchands, vieillards, mourants ou voyageurs, orphelins ou "filles perdues".

En 1532, François Rabelais y obtint le poste de médecin-chef mais n'y demeura que jusqu'en février 1535.

Au dessus des arcades, les murs ont

été soigneusement ravalés, il y a une quinzaine d'années et l'on voit, sur trois des quatre façades, une grande pierre de couleur claire, à la surface irrégulière, probablement bouchardée à dessein, pour bien accrocher un enduit à venir, qui serait forcément d'une autre couleur que celui du ravalement, sinon la mise "en réserve" de ces trois pierres ne s'expliquerait pas.

L'une d'elles porte un gros tronçon de tige métallique, cassée presque au ras de sa surface, et donne la réponse à cette petite énigme : il s'agit des vestiges de trois cadrans solaires, piquetés jusqu'à l'âme, sans doute pour être restaurés ou, pour mieux dire, car il ne reste rien de leur tracé, recalculés, retracés et repeints. Une telle opération ne peut que s'analyser comme une création nouvelle, à moins que des érudits ne retrouvent des documents montrant ce qu'avaient été ces cadrans au temps de leur splendeur.

Si l'on prend la peine de conduire une petite analyse gnomonique de la situation, on ne peut que savourer les charmes singuliers et les enseignements que devait procurer cette configuration de trois cadrans diversement orientés. Voici ce que nous avons noté, avec l'avertissement que nous n'avons pu procéder qu'en simple touriste, sans équipement convenable : nos mesures et les conclusions qu'elles introduisent doivent donc être acceptées avec un certain relativisme.

Le cadran du mur Sud (ou, plus justement dit : le cadran du côté Sud du mur qui est au nord sur notre plan), décline de 10° vers le sud-ouest ; celui du mur Ouest, ( qui se trouve donc sur la face Ouest du mur situé à l'est sur notre dessin), décline de 105° vers le nord-ouest ; celui du mur Nord (donc la face Nord du mur situé en bas de notre dessin), décline de 150° vers le nord-est. On voudra bien accepter que, par facilité d'écriture, nous appelions ainsi ces murs, bien qu'aucun ne soit strictement méridional, oriental ou occidental. Nos dessins figure 1 et figure 2 permettent de se représenter la configuration du cloître et la position des cadrans, au-dessus de l'arcade médiane de leur mur. Le second dessin montre le secteur de l'horizon qu'embrasse chaque cadran, avec les repères des 4 directions cardinales

et la fourchette azimutale des levers et couchers extrêmes du Soleil, aux solstices et aux équinoxes.

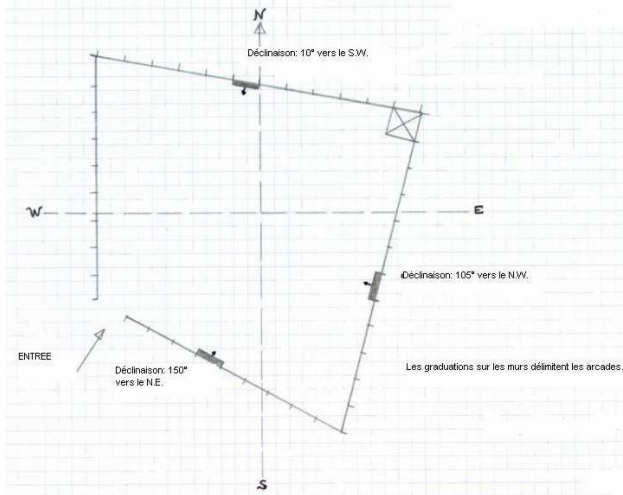


Figure 1: Cour Antoine Charial

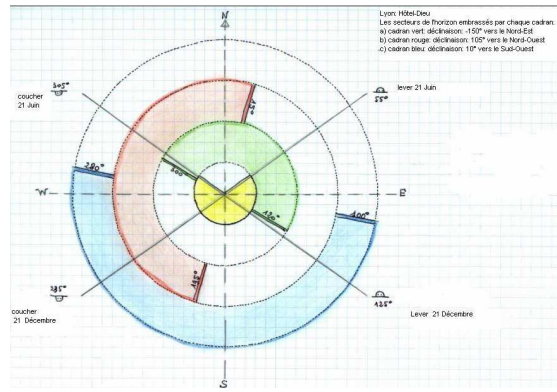


Figure 2:  
Cadran en vert: -150° N-E; cadran rouge: 105 N-O;  
cadran bleu: 10° S-O.  
Axes en croix: levers-couchers du soleil aux solstices.

On sait que, pour qu'un cadran solaire soit illuminé, il faut que deux conditions soient simultanément réalisées : Soleil au-dessus de l'horizon (déjà levé et pas encore couché) ; Soleil devant le plan du cadran. En effet, tout cadran plan partage le monde en deux moitiés : celle qui se trouve devant lui et celle qui se trouve derrière lui. Si le cadran n'est pas un horizontal ou un équatorial biface, la section de l'horizon par son plan détermine ses heures de fonctionnement.

A eux trois, les cadrans embrassent la totalité de l'horizon et procurent donc, en toute saison, la totalité des heures ensoleillées ; un quatrième cadran sur le mur Est (côté cloître, du mur de gauche de notre dessin), n'eût apporté aucun renseignement supplémentaire.

Les figures 3, 4, 5 présentent, pour chacun des cadrans, sur toute l'année, les heures de lever et de coucher du Soleil et les heures où il entre devant le cadran puis en sort.

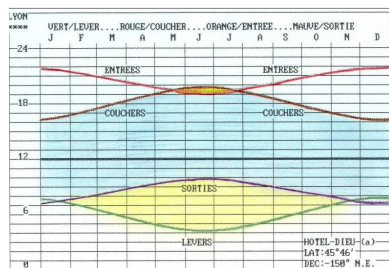


Figure 3

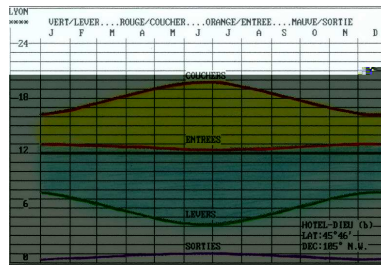


Figure 4

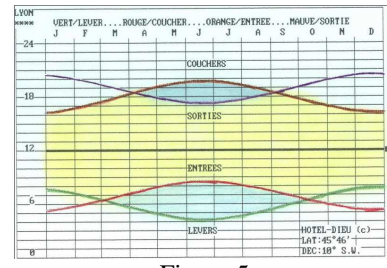
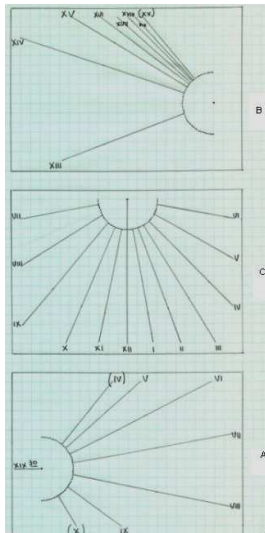


Figure 5

Leur interprétation se fait sans difficulté d'entendement : la journée "claire" comprise entre le lever et le coucher du Soleil est colorée en bleu et en jaune. Elle a, évidemment, même valeur pour chacun des cadrans puisqu'elle ne dépend pas de l'existence de ceux-ci. Elle se subdivise, en revanche, différemment pour chaque cadran, en bleu et en jaune : le cadran est illuminé pendant la période jaune et il est éteint pendant la période bleue. Ses heures horizontales, du matin et du soir, sont atteintes les jours où les courbes des levers et des couchers coupent celles des entrées et des sorties. Elles sont, évidemment, symétriques par rapport aux axes solsticiaux. Elles n'existent pas sur le cadran qui regarde le nord-ouest puisque sa déclinaison le fait sortir de la fourchette azimutale.

Il nous faut ici rendre le lecteur attentif à un détail tout à fait singulier qu'il a peut-être déjà remarqué sur le graphique des horizons : le cadran vert regarde l'horizon depuis l'azimut 300° jusqu'à l'azimut 120°, ce qui veut dire qu'à la période du solstice d'été, le Soleil va se coucher devant lui, dans l'azimut 305°. Il bénéficiera donc de deux illuminations et de deux

extinctions : l'illumination précoce, du lever du Soleil jusqu'à son passage derrière le cadran, lorsqu'il franchit l'azimut 120° ; l'illumination tardive lorsque le Soleil ressort de derrière le cadran, dans l'azimut 300°, jusqu'à son coucher dans l'azimut 305°. Ce second fonctionnement estival correspond à la mince lunule jaune qui s'étire de 19 heures 15 minutes à 19 heures 45 minutes, entre fin mai et mi-juillet, très approximativement. Mais, bien évidemment, et quoique la réfraction atmosphérique relève beaucoup l'astre en train de se coucher, ce fonctionnement tardif risque de n'être qu'une possibilité théorique : les collines vers le nord-ouest et les maisons proches de l'Hôtel-Dieu sont autant d'obstacles élevés sur l'horizon.



Notre figure 6 (ci-contre) montre le tracé « en squelette » des heures rondes. Les cadrans qui déclinent de plus que 90°, vers le Nord-Est ou le Nord-Ouest, porteraient des styles polaires boréaux, c'est-à-dire dont l'extrémité libre pointerait le pôle Nord céleste. Toutefois, les vestiges observés ne montrent pas la présence de tels styles ; peut-être les styles d'origine étaient-ils des styles droits perpendiculaires aux façades, ce qui n'est pas plus difficile à reconstituer.

Sur le dessin du cadran N.W. remarquer la ligne XX dont le numéro est entre parenthèses pour signifier qu'à XX heures le Soleil est toujours couché. Cette ligne de XX heures ne sert donc qu'à fermer le dessin sur une heure ronde et à faciliter l'estimation des minutes entre XIX et XX heures.

Sur le dessin du cadran N.E. remarquer, également, les parenthèses aux chiffres IV (Soleil pas encore levé) et au chiffre X. Remarquer aussi la ligne XIX h. ½ déjà évoquée ci-dessus. (Soleil derrière le plan du cadran). Mais la présence de ces lignes facilite l'interpolation pour les minutes entre IV et V heures, tout comme entre IX et X heures

Les trois photos numérotées 7, 8 et 9'' appellent les remarques suivantes : Le cadran S.W. (photo 7) présente un gros trou, haut dans l'axe médian, qui semble bouché par une cheville de bois d'où émerge un tronçon de tige métallique rouillée. Le cadran N.E. (photo 8) présente une large fente verticale dans l'axe médian rebouchée au ciment et piquetée de marques très serrées. On aperçoit un trou non rebouché, en haut et à droite de l'axe médian. Le cadran N.W. (photo 9) présente, peut-être, un trou rebouché au ciment dans le haut de l'axe médian, ainsi qu'un autre trou en bas à droite. On pourrait y voir l'ancrage d'un style polaire boréal avec une jambe d'appui.



Photo 7



Photo 8



Photo 9

Nous terminerons cette description en souhaitant que la Ville de Lyon et l'Hôtel-Dieu prennent conscience de l'intérêt de ces vestiges et entreprennent leur restauration, après avoir tenté de retrouver tous les documents anciens qui leur auraient été consacrés : photos, cartes postales, plans d'architectes, devis et factures, articles de journaux. Ainsi cette restauration pourra-t-elle intervenir dans le respect du passé et du patrimoine que nous lui devons.

\*\*\*\*\*



## Plaidoyer pour les heures incertaines

Par Pierre Gojat

*En cette époque moderne, à l'heure du quartz et des horloges atomiques, on peut légitimement se demander s'il y a encore un enjeu derrière la connaissance de l'heure au centième ou au millième de seconde près. La traque d'une fraction infinitésimale quelconque de l'heure a-t-elle vraiment un sens ?*

Les athlètes, sprinters et autres slalomeurs sont désormais départagés par des chronomètres activés par leurs propres mouvements. Il n'est même plus question d'utiliser une pression du pouce pour déclencher et arrêter une aiguille sur un cadran. L'intérêt du sport de compétition disparaîtra si la mesure de la performance reste exclusivement chronométrique et fait oublier le plus important, le dépassement de soi et la maîtrise du geste. La connaissance de l'heure est devenue à ce point précise et certaine qu'en juillet 2005, il fut décidé, après de longues tractations et hésitations des astronomes internationaux d'ajouter une seconde au 31 décembre 2005 pour rallonger l'année civile qui compte habituellement pas moins de :  $60 \times 60 \times 24 \times 365,242188 = 31.556.926$  secondes. C'est un ajustement de l'ordre de 32 milliardième d'année ( $31,69 \cdot 10^{-9}$ ). Ce réglage extrêmement fin était rendu nécessaire ou tout au moins utile, pour que les scientifiques, en particulier les astronomes et les astrophysiciens, puissent relier le mouvement un peu irrégulier de la Terre autour du Soleil et autour de son axe, à la référence aujourd'hui intangible des horloges atomiques. Ce qui précède suffit à illustrer que, pour le commun des mortels, la recherche d'une plus grande précision dans la mesure du temps est devenue vaine et même complètement inutile. C'est donc le moment de se rappeler qu'il y a de nombreux avantages à vivre avec une approche du temps arrondi, avec des heures incertaines en somme.

### **Ambivalence de l'heure**

Dans de nombreuses conceptions du temps, les prêtres, les scientifiques, les juristes ont fait ressortir une représentation unique du temps. Il s'agit, instinctivement, naturellement de la perception du temps comparable à ce qu'est l'écoulement d'un fleuve qui se propage d'amont en aval, inexorablement. Il s'agit de compter le temps qui passe, les heures qui s'égrènent comme les prières sur un chapelet. La caractéristique du temps qui l'emporte sur toutes les autres est qu'il s'écoule toujours dans le même sens. On oublie parfois qu'il est presque aussi important de considérer le volume des événements, le débit du fleuve en quelque sorte. Cette caractéristique est pourtant indissociable du cheminement d'un cours d'eau comme de celui du temps. En effet, pour apprécier le temps qui passe, nous nous fions à l'intensité et au nombre des événements qui peuplent nos jours. Les événements significatifs marquent le passage du Temps alors que l'ordinaire s'oublie spontanément. Une première remarque vient alors : c'est que le fait de refermer un cycle ou non dans la conception du Temps que l'on se choisit, ne change pas ces propriétés fluides. Que telle ou telle civilisation ait perçu l'écoulement du temps comme étant plus ou moins cyclique ou linéaire n'a finalement que peu d'importance. En réalité, même si on a tendance à attribuer au temps les propriétés des fleuves, il s'en distingue tout à fait. Là où l'heure diffère d'un écoulement supposé fluide du temps, c'est que l'heure est à la fois durée et instant, elle n'est pas débit, ni mouvement. Prenons un exemple. Nous nous donnons rendez-vous à 18 heures, signifie qu'un point de repère temporel nous réunira devant l'horloge, comme au pied d'un piquet planté dans la circulation du temps qui passe. Lorsqu'à 16 heures nous remarquons qu'il reste deux

heures avant notre prochain rendez-vous, le constat est tout autre : il nous reste un intervalle de deux heures disponible pour une activité quelconque. En d'autres termes, l'heure peut être perçue comme un instant ou comme une durée, des piquets ou des intervalles. Cette ambivalence de l'heure nous est si familière que nous ne la remarquons plus, nous passons de l'un à l'autre constamment et nous prenons le temps ou faisons l'effort de transcoder instants et durée avec une grande agilité. Ainsi que se passe-t-il lorsque nous considérons que le train Paris-Rennes de 15 h 03 arrivant à 17 h 08 met à peu près 2 heures pour faire le trajet, un peu plus ? Les trois informations nous sont utiles, l'heure de départ pour ne pas rater le train, l'heure d'arrivée pour donner rendez-vous à la personne qui vient nous chercher et la durée pour savoir si nous aurons le temps de finir la lecture de notre livre pendant le trajet. Une considération supplémentaire est qu'il faut garder à l'esprit que nous traitons très différemment les heures de début et les heures de fin. En d'autres termes, les instants que nous cherchons à définir avec une certaine précision sont, majoritairement des heures de rendez vous ou les heures du démarrage d'une activité et beaucoup plus rarement des heures de fin qui restent le plus souvent indicatives. Quant aux durées, elles-mêmes, nous nous contentons le plus souvent de les définir de manière approximative. Quand il s'agit de renverser cette priorité naturelle et d'adopter un fonctionnement en mode « compte à rebours », une certaine dose de tension s'introduit immédiatement dans notre perception du temps. Ce stress généré par cette démarche exceptionnelle, est l'expression du caractère perturbant de cette inversion du sens de la marche du temps qui vient nous gêner en nous empêchant de nous raccrocher à l'un des points les plus fondamentaux de notre référentiel de vie qui est l'écoulement unidirectionnel et inéluctable du temps. Remarquons cependant que cette référence tourne rarement à l'obsession. Elle accompagne généralement notre vie en arrière plan, en sourdine, et ce qui prédomine dans nos sensations est la dualité entre durée et instants. Il est très important de la comprendre et de l'assumer pour vraiment se pénétrer de notre perception quotidienne de l'heure.

### **La recherche de précision de l'heure est vaine**

Nous avons vu en introduction à ce chapitre que la précision de l'heure nécessaire aux activités humaines non scientifiques est atteinte et même largement dépassée depuis l'avènement des bonnes montres et horloges notamment grâce à la montre à quartz bon marché. Depuis qu'elles sont apparues massivement dans les années 1970, même le plus humble des employés des chemins de fer suisses accède, grâce à sa montre, à plus de précision qu'il ne lui en faut réellement pour travailler avec rigueur, exactitude et en tirer la conscience du travail bien fait. Il est en mesure de certifier personnellement et à bon compte, que les trains suisses partent et arrivent à l'heure. De fait, le point de vue des hommes au travail sur l'heure varie de manière très importante en fonction de leur activité. Un agriculteur qui a rendez-vous avec sa terre n'a pas le même rapport au temps qu'un journaliste mettant la dernière touche à son intervention au journal de vingt heures. Plus un métier ancre l'activité dans la nature, plus la perception de l'heure devient dépendante du lieu, de la géographie et de la météo. Ce qui est vrai pour un agriculteur qui aura intérêt parfois à attendre que la brume se lève et que la terre se réchauffe pour cultiver ses champs est aussi vrai pour le moniteur de ski. Pour lui, l'heure de la première des leçons de ski de la matinée n'est pas l'heure de sa montre, ni même celle du démarrage des remontées mécaniques. Pour skier convenablement, il doit faire jour, le brouillard doit être levé, le manteau neigeux doit être praticable. L'heure est ici celle qui est déterminée par la lumière disponible et par le climat local. Elle est aussi dépendante du versant de la montagne où l'on choisit de pratiquer le ski. En matinée, l'adret, le versant exposé au sud se réchauffera plus vite que l'ubac versant exposé au nord. On voit par cet exemple que l'heure de démarrage des leçons de ski est résolument géographique dans la



mesure où elle dépend étroitement de la conformation des lieux et finalement assez peu de la position des aiguilles ou des chiffres sur un cadran. L'heure pour avoir du sens doit être locale, autrement dit, pour de nombreuses activités, le temps n'est pertinent que s'il est relié à l'espace.

### **A chacun son crépuscule**

Le lever et le coucher du Soleil sont propices à la méditation, à l'émerveillement, à la prière selon les goûts et les inclinations de chacun. Ils rythment aussi les activités humaines. Contrairement à ce que l'on affirme souvent et à ce que peuvent laisser croire le calendrier des Postes, ou les éphémérides, levers et couchers du Soleil ne sont pas des instants définissables avec précision mais ce sont des durées. Ces intervalles de temps, naissance du jour ou tombée de la nuit font d'ailleurs l'objet d'appellations multiples et d'expressions remplies de nuances qui n'en font pas de parfaits synonymes. Si elles ne font pas l'unanimité des scientifiques, elles font la joie des poètes. Le début de la journée ou crépuscule du matin commence par l'aube qui est l'apparition des premières lueurs blanchâtres du ciel se poursuit par l'aurore qui est la lueur brillante et rosée du ciel, elle-même précédant le lever du Soleil. Cette succession de phases dure plusieurs minutes. Si on s'y attelait, en définir la durée précise ne serait pas une mince affaire. Le crépuscule qui est cette lueur atmosphérique due à la diffusion de la lumière, avant le lever du Soleil (crépuscule du matin) désigne aussi la lueur perceptible après le coucher du Soleil (crépuscule du soir). On peut le définir comme étant ce phénomène faiblement lumineux pendant lequel la nuit n'est pas complète. La réfraction atmosphérique explique qu'il fait déjà ou qu'il fait encore jour alors que le Soleil est sous l'horizon alors même qu'il est masqué. Si la lumière se propageait strictement en ligne droite il devrait faire nuit lorsque le Soleil est en dessous de l'horizon, hors ça n'est pas le cas. La réfraction atmosphérique est précisément le changement de la direction des rayons lumineux du Soleil, qui intervient lors de leur traversée de l'atmosphère terrestre. Son amplitude dépend de divers facteurs à savoir la hauteur du Soleil, les conditions atmosphériques (la densité, la température et l'humidité de l'air et sa charge en particules et poussières), la longueur d'onde de la lumière et l'épaisseur de la couche atmosphérique que la lumière doit traverser pour parvenir à l'observateur. Elle dépend donc aussi de la position de l'observateur sur la Terre donc de la latitude et de l'altitude de celui-ci. On sait que c'est la réfraction qui explique la grande variabilité des couleurs qui enflamment le ciel de tons rougeoyants, soir et matin. La réfraction est plus considérable lorsque l'on vise l'horizon et elle a un autre effet, elle rend importante l'incertitude sur l'heure de lever ou de coucher du Soleil : cette indétermination est de l'ordre de une ou deux minutes.

La durée du crépuscule dépend aussi de la latitude du lieu et de la saison : à l'Équateur, elle est plus brève que dans des latitudes plus hautes - la nuit tombe plus vite et le jour se lève plus vite; autour des périodes d'équinoxes, le crépuscule dure moins longtemps qu'autour des solstices. Le crépuscule le plus court de l'année a lieu dans l'hémisphère Nord le 10 octobre et non pas à l'équinoxe d'automne autour du 23 septembre. Le savant Daniel Bernouilli (1700-1782) qui s'est penché sur ce problème a eu du mal à le résoudre et à en fournir l'explication astronomique. Dans les régions arctiques et antarctiques, le crépuscule peut durer plusieurs heures ou ne pas être présent du tout, tandis qu'à l'Équateur, il peut disparaître en moins de 20 minutes. Aux latitudes moyennes, le crépuscule est au plus court à l'approche des équinoxes, plus long vers le solstice d'hiver et encore plus long vers le solstice d'été. Au-delà des cercles polaires, le Soleil ne se couche pas vers le solstice d'hiver. Aux latitudes élevées en deçà de ces cercles, le Soleil descend sous l'horizon mais le crépuscule se poursuit de son coucher à son lever, un phénomène connu sous le nom de nuit blanche. Au-dessus d'environ 60° de latitude, le crépuscule civil se poursuit toute la nuit à cette période et au-dessus de 55°, le crépuscule nautique n'est pas coupé par la nuit. Enfin, le crépuscule

astronomique peut durer toute la nuit pendant plusieurs semaines jusqu'à 50°.

Par convention, pour y voir plus clair (sic !) on distingue trois types de crépuscules déterminés par la hauteur du Soleil sous l'horizon :

- le crépuscule civil: le Soleil est à moins de 6° sous l'horizon
- le crépuscule nautique: le Soleil est à une hauteur comprise entre 6 et 12° sous l'horizon.
- le crépuscule astronomique: le Soleil est à une hauteur comprise entre 12 et 18° sous l'horizon.



Ces définitions géométriques précises n'ont d'autre but que de donner des points de repères à certaines activités humaines, mais ne se réfèrent aucunement à un instant où un phénomène physique interviendrait. Il ne se passe rien à l'instant précis où le Soleil est à 6, à 12 ou à 18° sous l'horizon. L'utilité de ces conventions est d'ordre pratique. Les activités civiles terrestres deviennent plus difficiles, voire impossibles sans clair de Lune, lorsque le Soleil est sous l'horizon jusqu'à 6° environ. Lorsque le Soleil est à une hauteur comprise entre 6 et 12° sous l'horizon, on peut encore naviguer à vue en mer à condition de ne pas être trop près des côtes. Il s'agit aussi du moment où suffisamment d'étoiles sont visibles pour

pouvoir, repérer la position de son bateau grâce aux étoiles, en d'autres termes pour permettre la navigation astronomique. A la fin de cette période (en soirée) ou à son début (en matinée), les dernières ou premières lueurs peuvent être discernées dans la direction du Soleil avec une luminosité réduite et un horizon dégagé jusqu'à ce que le Soleil atteigne 12° en dessous de l'horizon. On commence à pouvoir observer confortablement les planètes et les étoiles lorsque le Soleil est suffisamment bas, à 18° sous l'horizon et nous accorde une nuit suffisamment noire si l'on fait abstraction de l'éclairage parfois perturbateur réfléchi par la Lune. Pendant le crépuscule astronomique, et dans le cas d'un ciel dégagé de toute pollution lumineuse, les étoiles les plus faibles visibles à l'œil nu (vers la magnitude apparente 6) apparaissent. Du point de vue astronomique, il subsiste cependant suffisamment de lumière pour que les objets diffus comme les nébuleuses ou les galaxies ne puissent pas être observés dans des conditions satisfaisantes, même si cette lumière est imperceptible à l'œil nu.

L'agriculteur, le marin et l'astronome pour ne citer qu'eux, ont chacun leur définition de la nuit.

### Lever et coucher du Soleil

Plus simplement, le lever et le coucher sont respectivement l'apparition et la disparition du disque du Soleil au-dessus et au dessous de l'horizon. Certains cadrans solaires et astrolabes

portent d'ailleurs une indication des heures de lever et de coucher du Soleil. De fines lignes y sont mêmes tracées ou gravées. Pourtant, la détermination exacte est extrêmement difficile notamment du fait de la variabilité des effets de la réfraction atmosphérique déjà cités et du fait que la perception du début et de la fin du jour est aussi liée aux conditions atmosphériques du jour considéré, notamment la présence ou non de nuages. La détermination peut être également très subjective. Si le Soleil, notre étoile avait un diamètre apparent quasi-nul, il n'y aurait pas eu de difficulté, mais, c'est un astre assez gros qui/tout comme la



Lune a un diamètre apparent de l'ordre du demi-degré et il en va donc tout autrement.

On peut utiliser trois définitions du lever : a) l'instant où le limbe supérieur de l'astre sort de l'horizon. C'est le premier ou le dernier éclair<sup>1</sup> de lumière directe, mais l'astre peut éclairer déjà ou encore alors qu'il est sous l'horizon, b) l'instant où le diamètre horizontal de l'astre, donc son centre, se superpose à l'horizon. C'est le lever astronomique c) l'instant où le limbe inférieur franchit, à son tour, l'horizon.



Si le Soleil se couche, c'est qu'il a sommeil !

Dans la pratique, pour ce qui concerne notre Soleil, on comprend pourquoi on a eu recours à trois définitions conventionnelles qui sont différentes et qui, elles, se rattachent aux activités de l'homme la nuit comme le jour. En conclusion, il faut rappeler que l'incertitude sur la détermination de l'heure de lever ou de coucher du Soleil perçue est de l'ordre de +/- 2 minutes, quelque soit l'instrument ou le moyen d'observation retenu. Sur un cadran solaire, marquer l'heure précise du lever ou du coucher du Soleil est souvent une gageure. En effet, la géométrie nous enseigne qu'à ces périodes, l'extrémité de l'ombre d'un gnomon vertical est projetée, rejetée à l'infini.

Pour que cette ombre soit observable, n'oublions pas qu'il aurait fallu que nous disposassions de suffisamment de lumière pour générer cette ombre. Or, lever et coucher du Soleil sont précisément les moments où la lumière apparaît ou subsiste encore avec la plus faible intensité de lumière naturelle qui puisse exister, ce qui rend l'observation instantanée délicate voire impossible. Pour le gnomoniste, il n'est donc pas question, par exemple, d'utiliser l'extrémité d'un gnomon vertical pour déterminer la date ou l'heure peu après le lever du jour ou peu avant la tombée de la nuit. Si ce gnomon est de grande taille l'indétermination devient encore plus flagrante, l'extrémité de l'ombre s'évanouit.

***Quelques expressions usuelles désignant les crépuscules dans le langage scientifique et dans le langage courant***

| <i>Crépuscule du matin</i> | <i>Crépuscule du soir</i> |
|----------------------------|---------------------------|
| Aube                       | Tombée de la nuit         |
| Point du jour              | Tombée du jour            |
| Aurore                     | Coucher du Soleil         |
| Lever du Soleil            | Chute du jour             |
| Lever du jour              | Entre chien et loup       |
| Naissance du jour          | A la brune                |

**Entre chien et loup**

Enfin si on recherche du côté des locutions proverbiales, on se rappelle que le crépuscule est souvent désigné par l'expression « entre chien et loup ». L'origine de cette

<sup>1</sup> Le rayon vert est un phénomène atmosphérique qui se manifeste au lever ou au coucher du Soleil. Ce phénomène dure quelques secondes seulement. On peut alors observer une discrète lueur verte au sommet du Soleil ou un dernier flash vert avant qu'il ne disparaisse derrière l'horizon. Ce phénomène est dû à la dispersion et à l'absorption de l'atmosphère. Il est visible dans des circonstances qui doivent être très favorables au point où le Soleil vient de se coucher ou va se lever. La couleur verte est la dernière partie visible du spectre vertical du Soleil au moment du coucher, le bleu étant absorbé et le rouge ayant disparu le premier. A la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, en écrivant un roman éponyme, Jules Verne contribua à populariser ce phénomène physique dont l'observation est très délicate. L'évocation qu'il en fait est très poétique : « c'est que ce rayon a pour vertu de faire que celui qui l'a vu ne peut plus se tromper dans les choses de sentiment ; c'est que son apparition détruit illusions et mensonges ; c'est que celui qui a été assez heureux pour l'apercevoir une fois, voit clair dans son cœur et dans celui des autres. » Ceci dit, bien malin sera celui qui pourra annoncer à la seconde près quand le rayon vert va flasher, c'est encore impossible.

locution fait appel à deux explications qui nous sont proposées par Charles Rozan<sup>2</sup>. "Le loup ressemble beaucoup au chien; il a la même forme, la même silhouette; dans l'ombre, on ne les distinguerait pas.

C'est pour cela que cette locution sert à désigner le moment du crépuscule, le moment où l'on n'aperçoit pas assez bien les objets pour pouvoir distinguer un chien d'un loup. Il y a une autre explication : entre chien et loup désigne proprement l'intervalle qui sépare le moment où le chien est placé à la garde du bercaïl et le moment où le loup profite de l'obscurité qui commence pour venir rôder à l'entour." Ces deux explications sont très satisfaisantes car elles font à la fois écho à la dualité des instants de début et de fin du crépuscule et à une certaine confusion des perceptions qui s'y attache. La sagesse populaire rejoint bien la vision plus scientifique des crépuscules.



Pour l'amateur de cadrans solaires, il faut retenir que si l'on accepte de considérer l'heure comme une durée et non plus comme un instant, la frange d'heure du lever et du coucher du Soleil deviendrait observable comme une frange d'ombre évanescence au lieu d'une simple ligne. Il est évident aux yeux de tous que cet flou relatif ne pose aucun problème dans la vie pratique. Début et fin du jour sont un domaine privilégié pour les heures incertaines. Ces heures incertaines ne se précisent un peu que si chacun choisit son crépuscule en fonction de ses activités et du lieu où il se trouve, voilà qui rappelle fortement la philosophie du cadran solaire.

### Crépuscule spatial et terminateur terrestre

Une occasion exceptionnelle de visualiser le phénomène du crépuscule globalement nous est offerte depuis peu grâce à la conquête spatiale. Depuis une orbite de 300 km d'altitude environ, il est aujourd'hui possible à quelques privilégiés d'observer et de photographier la frange crépusculaire sur la Terre vue d'en haut. Le spectacle est superbe et est tout à fait à la hauteur de celui que nous offrent les plus beaux des ciels rougeoyants visibles sur Terre.



La nuit tombe sur l'Afrique et l'Europe de l'Ouest selon un photomontage d'images vues de l'Espace, composition effectuée par la NASA. L'auteur du montage photographique a figuré de manière minimaliste et un peu arbitraire la frange limitant nuit et jour, aussi appelée "terminateur terrestre". Elle symbolise ce que pourrait être le crépuscule vu du ciel selon une vision très esthétique. Pourtant, cette représentation est inexacte et la transition jour nuit y est beaucoup trop brutale. Qui plus est, la lumière artificielle des villes a été exagérée. Cette simulation surprenante et spectaculaire est caractéristique des risques encourus lorsque l'on fait

confiance à la réalité virtuelle source d'illusions redoutablement efficaces.

Pour se recentrer sur la réalité, voici une autre vue spectaculaire du terminateur de la Terre - il s'agit d'une prise de vue réelle non retouchée- capturant la frontière entre la nuit et le jour sur notre planète chérie, le véritable terminateur terrestre qui délimite nuit et jour.

<sup>2</sup> Charles ROZAN Petites ignorances de la conversation. Paris, P. Ducrocq, 1881, p. 287

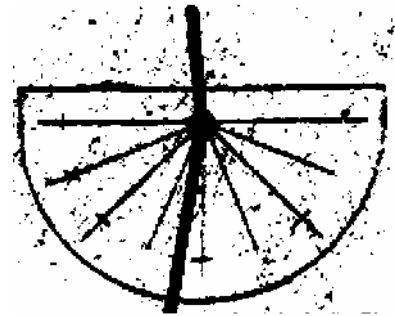


En suivant la courbure de la Terre un beau lever de Soleil efface graduellement la nuit noire. C'est à la droite du terminateur qu'on distingue le lever du Soleil. Cet instantané a été pris le 17 Juin 2001 à 22 h 33 min 05 sec UTC à partir de la station spatiale internationale. Tout y est : le ciel bleu dans les couches basses de l'atmosphère, quelques nuages, les couleurs rosé orangé du crépuscule et la frange crépusculaire aux contours incertains avec un dégradé très progressif. En conclusion, que nous soyons voyageur de l'Espace ou simple terrien, il ne nous reste plus qu'à paraphraser un proverbe fameux : «Chacun voit midi à sa porte, à chacun son crépuscule».

### **Nos prières sont réglées sur des plages horaires, pas sur l'instant**

Si une zone imprécise règne autour des phases de lever du jour et de tombée de la nuit, les heures incertaines ne sont pas pour autant réservées à ces moments là. A cet égard, de riches enseignements nous sont fournis par les heures traditionnelles et par le rituel des prières, à la fois dans le monde chrétien et dans le monde musulman. Dans le monde chrétien, l'horaire des prières était réglé, plus spécifiquement dans la vie des moines au Moyen-Age, par le système des heures canoniques et les cadrans solaires canoniaux. Le cadran solaire canonial était chargé d'indiquer l'heure des prières aux moines et aux fidèles. C'est un cadran vertical, souvent méridional, en forme de demi-cercle limité en haut par un diamètre horizontal et divisé par des rayons secteurs égaux (souvent douze, parfois 4, 6 ou 8) sur lesquels l'ombre du gnomon placé au centre du cercle perpendiculairement au plan du mur marque une division primitive du jour - c'est à dire une indication horaire très approximative et éminemment variable. Le rythme des prières et travaux des moines s'accommodait de cette division en heures peu régulières. On comprend pourquoi les cadrans canoniaux ne comportent pas de chiffres marquant les heures. La division du jour selon la règle monacale (le 'canon') connaît des variantes mais une des plus fréquentes est la suivante :

- Laudes* : au point du jour
- Prime* : au Lever du Soleil (aussi dénommées mânes ou matines)
- Tierce* : au milieu de la matinée
- Sexte* : au milieu de la journée
- None* : au milieu de l'après-midi
- Vêpres* : au coucher du Soleil
- Complies* : à la tombée de la nuit



A l'aide d'un cadran canonial, sous nos latitudes, l'heure, plus précisément l'instant auquel les prières doivent débiter, change tous les jours de l'année et les intervalles qui séparent deux prières successives changent également, la variation d'un jour sur l'autre se faisant plus ou moins vite selon les saisons. Il importe peu que ces heures soient assez variables et parfois incertaines, lorsque le Soleil fait défaut par exemple. Rythmer le jour par la prière ne demande pas plus que de disposer d'heures indicatives.

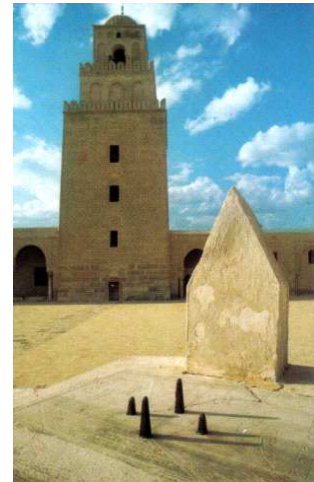
Chez les catholiques, l'angélus est une prière en latin commençant par ce mot (*Angelus Domini annuntiavit* = L'ange du Seigneur annonça...) récitée ou chantée trois fois par jour, le matin vers 6 h 00, le midi et le soir vers 18 h. Une sonnerie de cloche annonce cette prière particulière à la Vierge Marie (trois fois trois tintements suivis d'une sonnerie à la volée). L'homme des campagnes constamment courbé vers la terre et absorbé par les soucis

matériels doit souvent se remémorer qu'il ne vit pas seulement de pain. Rien de plus efficace que la sonnerie des cloches pour lui rappeler d'élever ses pensées. Jadis, au son de l'Angélus, les jeux, les discussions, voire les disputes cessaient quelques instants. En Italie et surtout en Espagne, aux premiers tintements de la cloche, le marchand suspendait son commerce, les passants, riche ou pauvre, enfant ou vieillard, s'arrêtaient et se mettaient à genoux pour réciter leur prière. Elle se récite, en principe, à genoux mais peut se réciter aussi à debout, ou même assis dans sa voiture... sauf le samedi soir et le dimanche où on la récite debout. L'Angélus devrait être récité au son de la cloche, mais, lorsqu'on n'est pas à même de l'entendre, on gagne tout de même les indulgences en le disant à un autre moment. L'Angélus est basé sur la division du jour la plus simple qui soit (en deux parties égales) ce qui explique sans doute que la tradition de l'Angélus pourtant très riche en évolutions et variantes n'a jamais fait apparaître d'obligation spécifique pour la stricte observance d'horaires précis.

Les prescriptions de l'Islam imposent à tous les musulmans de prier cinq fois par jour dans des intervalles définis par des heures liées au Soleil :

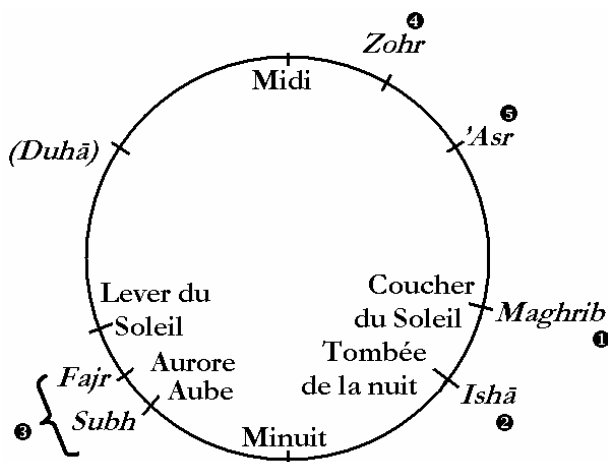
- le *subh* : à partir du début de l'aube et avant l'aurore ou
- le *fajr* donc avant le lever du Soleil
- le *zohr* : un peu après midi
- l'*asr* : dans le courant de l'après-midi
- le *magreb* : après le coucher du Soleil
- l'*isa* : après la fin du crépuscule

Ces indications peuvent être lues pour partie (le *zohr* et l'*asr*) sur des cadrans solaires, mais l'instrument de prédilection pour la détermination des heures des prières musulmanes reste l'astrolabe planisphérique, qui dans le monde musulman, arabe, perse ou turc comporte fréquemment des indications spécifiques à cet usage. Al Biruni commente largement la détermination des horaires des prières musulmanes dans son *Traité complet des ombres*. Dans l'approche musulmane on touche du doigt le fait que l'heure est un intervalle au moins autant qu'elle est une succession d'instant.



Cadran solaire de la mosquée de Kairouan

Les instructions concernant les prières musulmanes ne sont pas prescrites de manière détaillée dans le Coran. Elles font l'objet d'instructions qui sont décrites à part. La dénomination des prières peut parfois varier. La première prière du jour est ainsi parfois appelée prière du *subh*, c'est-à-dire prière de l'aube et parfois prière du *fajr* prière de l'aurore. Selon la règle chacune des prières doit être faite le plus tôt possible. Le premier exemple en est que la prière du matin doit être faite le plus tôt possible entre l'aube et l'aurore. La règle prévoit aussi que si on se lève après le Soleil, il suffira ou il conviendra de prier le plus tôt possible après s'être réveillé.



Calligraphie arabe du mot Soleil par le maître calligraphe Hakim

g: figurent à l'extérieur

Cette approche fait preuve d'un pragmatisme certain. David A. King nous fournit les précisions suivantes : « L'expression *'ilm al-mîqât* se rapporte à la science de la mesure astronomique du temps, en général, par le moyen du Soleil et des étoiles, et à la détermination, en particulier, des heures (*māwāqīt*) des cinq prières. Puisque les limites des intervalles de temps autorisés



pour la prière sont définies en fonction de la position apparente du Soleil dans le ciel par rapport à l'horizon local, leurs moments varient tout au long de l'année et dépendent en plus de la latitude terrestre. Quand elles sont calculées en fonction d'un méridien autre que méridien local, les heures des prières dépendent aussi de la longitude terrestre. Les définitions des heures de prière inspirées par le Coran et indiquées dans les *hadijhs* ont été mises en forme canonique au VIII<sup>ème</sup> siècle et ont toujours été utilisées depuis lors. Selon ces définitions canoniques, le jour musulman et l'intervalle pour la prière du *maghri* commencent lorsque le disque du Soleil s'est couché à l'horizon. Les intervalles pour les prières du *ishā* et du *fajr* commencent à la tombée de la nuit et au lever du jour, respectivement. Le moment permis pour la prière du *zuhr* commence ordinairement lorsque le Soleil a franchi le méridien, c'est-à-dire lorsqu'on a observé que l'ombre d'un objet quelconque se met à croître. Selon la pratique médiévale en Andalousie et au Maghreb, il commençait lorsque l'ombre d'un gnomon vertical quelconque avait dépassé son minimum, à midi, du quart de la longueur du gnomon. L'intervalle pour la prière du *'asr* commence lorsque l'accroissement de l'ombre est égal à la longueur du gnomon, et il se termine lorsque l'accroissement de l'ombre est le double de la longueur gnomon, ou bien au coucher du Soleil. Dans certains milieux, une prière supplémentaire, le *duhā*, était faite à un moment qui précédait midi d'un intervalle de temps égal à l'intervalle par lequel l'*'asr* suivait midi. Les noms des prières de jour semblent être dérivés des noms des heures saisonnières correspondantes en arabe classique préislamique, les heures saisonnières (al-sā 'ât obtenues par la division en 12 parties de l'intervalle entre le lever et le coucher du Soleil. Le jour musulman commence au coucher du Soleil, parce que le calendrier est lunaire et que les mois commencent avec la première visibilité du croissant peu après le coucher du Soleil. Il y a cinq prières canoniques : les heures des prières de jour sont définies au moyen de la longueur des ombres, et les heures des prières de nuit sont déterminées au moyen de phénomènes se produisant à l'horizon et au moyen de l'aube et du crépuscule. Une sixième prière au milieu de la matinée, le *duhā*, était d'usage dans certaines communautés.

On se souviendra que l'appel à la prière, déclenché par l'heure doit prendre souvent le chemin d'une transmission sonore avant d'arriver au fidèle. Un certain temps est nécessaire avant d'entendre les cloches ou la voix du *muezzin* et de pouvoir interrompre son activité et commencer la prière. Dans le monde musulman comme dans le monde chrétien on constate que les prières sont donc attendues dans un intervalle de temps plus qu'à des instants précis. Les fidèles commençant leur prière dès qu'ils ont entendu l'appel sont réputés être plus méritants. Toutefois, une certaine souplesse est accordée et une certaine variabilité existe. Il n'y a aucun inconvénient à tout cela si l'on songe que pour un bon fidèle, il est acquis que ce qui est essentiel n'est pas la précision. Le nombre et la permanence des prières doivent refléter la piété et transcender la foi, les instants comptent assez peu. Le Temps n'appartient pas aux hommes mais à Dieu. La cloche qui avait pour mission de sonner les heures a imposé progressivement le temps des couvents dans les campagnes, puis dans les villes. Plus qu'elle ne mesure le temps à proprement parler, elle rappelle à l'ordre une société qui se trouve sans cesse convoquée à la dévotion.

En conclusion, si les intervalles des prières sont précisément définis, les heures des prières restent un peu incertaines et parfois compliquées à déterminer : Dieu, les religions et les fidèles s'en accommodent.

## Horaires fluctuants des marées

Une autre manifestation de la dépendance de l'heure vis-à-vis de la géographie terrestre et maritime et de la météorologie est celle liée aux horaires des marées. Les crépuscules ne sont pas en effet, le seul phénomène dont les heures quelques peu imprécises sont déterminées à la fois par le Soleil, par l'environnement terrestre, la météorologie et la géographie. Les marées sont dans le même cas. Sous l'action de la Lune et du Soleil qui attirent les masses liquides, les eaux de la mer se gonflent en un endroit du globe et se creusent en un autre. Il y a donc des variations du niveau de la mer qui se traduisent par des pleines mers et des basses mers, variations qui suivent de près les mouvements de la Lune,



Photo P. Gojat

l'action de celle-ci étant prépondérante. Les marées, le flux et le reflux périodiques sont connus de tous. Même ceux qui ne sont jamais allés au bord de la mer ont beaucoup entendu parler des marées et savent qu'elles se produisent selon un mouvement rythmique quotidien aux décalages continuels selon des horaires qui peuvent nous paraître mystérieux ou tout ou moins complexes et changeants. Nous n'ignorons pas que la marée exerce une grande influence sur la navigation et la construction des ports de mer.

Il paraît donc surprenant que la connaissance des marées, ainsi que des forces qui les engendrent, soit d'origine très récente.

Si cette connaissance accuse un retard, c'est que les marées de la Méditerranée -le berceau des anciennes civilisations de l'Europe- sont trop faibles pour être aisément remarquées. Il existe une autre raison: le jeu des marées ne peut pas être compris si l'on ne possède pas déjà quelques notions sur les forces astronomiques et la forme des océans du monde; cette connaissance, l'homme ne l'a acquise qu'à une époque toute récente. Il est utile de savoir que l'exactitude des calculs des marées, aussi poussée soit-elle, ne permet pas d'affirmer que les résultats représentent fidèlement le phénomène observé. Ces prédictions sont calculées avec une précision de quelques centimètres pour les hauteurs et quelques minutes pour les heures; la hauteur d'eau réelle peut toutefois s'écarter notablement de la prédiction (jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres). En effet, des facteurs interviennent, qui sont susceptibles de fausser les résultats les plus scientifiquement acquis. Les hauteurs d'eau ou les heures données dans l'Annuaire des marées peuvent être affectées par la pression atmosphérique, par le vent régnant (« Ça ne déchale pas », disent les marins bretons : traduisez, la mer ne descend pas autant que prévu), la configuration de certaines baies ou passes, dans les estuaires (influence des crues). En conséquence, il est bon de prendre ses précautions et de conserver une marge de sécurité variable avec le navire ou la nature du fond (un échouement sur de la vase est moins dangereux que sur la roche). Cette marge de sécurité, communément appelée « pied de pilote », est de 30 à 50 centimètres. Pour connaître les heures des marées, la même prudence est requise même en des lieux très proches, les heures de marées peuvent varier de façon parfois très importante. La propagation de la marée est conditionnée par la forme du fond, la profondeur et la forme de la côte. Un de ces facteurs peut évoluer rapidement sur une faible distance et influencer ainsi la propagation de la marée.

Les variations de hauteurs d'eau dans les fleuves à Bordeaux ou à Rouen par exemple, ne sont pas dues qu'à la marée maritime. Le débit du fleuve influence très largement les hauteurs d'eau le long des berges jusqu'à contrecarrer la propagation de la marée côtière dans



le fleuve (surtout en morte-eau et à fort débit). Il est difficile dans ces conditions de faire des prédictions comme on les fait le long de la côte car ces prédictions différaient trop fortement de la réalité. Les ports autonomes de Bordeaux, de Nantes-Saint-Nazaire ou de Rouen maintiennent en permanence un réseau d'observatoires marégraphiques qui renseignent en temps réel les pilotes et les lamaneurs lors de leurs opérations. Pour tenter néanmoins de prévoir les horaires de marées de manière approchée, les fabricants d'instruments scientifiques ont essayé de mettre au point des cadrans à marées valablement utilisables en un port donné. Le principe de ces instruments assez rares est de déterminer le retard de la Lune sur le Soleil et de lire sur un cadran circulaire la valeur de l'établissement du port c'est à dire la valeur moyenne de l'écart entre le passage de la Lune au méridien et la haute mer. La somme de ces deux valeurs fournit l'heure de la haute mer. Ces cadrans existent au moins depuis le début du XVII<sup>ème</sup> siècle, mais ne se sont pas répandus dans l'usage commun. Les heures incertaines des marées ont résisté aussi au calcul ou à la prévision par ce genre d'instruments. Pour ceux que cela intéresse il sera utile de se référer aux travaux de René Rohr marin, capitaine au long cours et gnomoniste célèbre qui a étudié ces cadrans avec beaucoup de soin. Comment ne pas se rendre à l'évidence ? Appartenant à la famille des heures incertaines, les heures de la pleine mer et de la basse mer, connues au mieux à deux ou trois minutes près, sont des heures... fluctuantes.

**Pour en savoir plus :**

**Philosophie du temps et physique fondamentale :** KLEIN Etienne, Les tactiques de Chronos, Paris, 2004, Flammarion collection champs, ISBN 2-0808-0105-8

**Sciences arabes :** RASHED Roshdi, Histoire des sciences arabes Tome 1 Astronomie, théorique et appliquée, Paris, 1997, Seuil, ISSN 2-02-062025-1

**Gnomonique générale :**

ROHR René R.J., Les Cadrans Solaires Histoire Théorie Pratique, Strasbourg, 1986, Oberlin, ISSN 2-85369-052-0

SAVOIE Denis, Les cadrans solaires, Paris, 2003, Belin - pour la science, ISBN 2-7011-3338-6

GOJAT Pierre, Dictionnaire illustré de gnomonique, Paris, 2005, publié par l'auteur, ISBN 2-9525107-0-9

*A quelle heure exacte débutera le concert de l'orchestre philharmonique?*

Avant qu'un concert débute il existe une période de mise en conditions, très atypique, dont la durée est flottante. Les musiciens arrivent progressivement et s'installent les uns après les autres, chacun à sa place. Petit à petit, tous les instrumentistes s'assoient et commencent à émettre des sons. Ils produisent alors de manière impromptue et disgracieuse une succession de notes sans harmonie ni concertation, avec en toile de fond un bruit de chaises et de pupitres accompagnés des inévitables murmures entre collègues. C'est à peine si, de temps à autre, en prêtant l'oreille, on peut reconnaître ou plutôt deviner une phrase musicale familière brutalement écourtée.



Hervé Klopfenstein

Il y a pourtant un but à ce désordre apparent, chacun peut et doit vérifier une dernière fois qu'il est fin prêt. Il s'agit pour les musiciens de contrôler à la fois si leur instrument est bien accordé, si leur posture est confortable, si leurs mouvements peuvent être souples et amples, si leur souffle est libéré, la partition lisible, etc. Cette période de relative anarchie débute bien sûr avant l'arrivée du chef à qui il vaut mieux épargner ce spectacle désolant qui est l'exact opposé de tout ce quoi vers tend son travail et de ce que doit

être toute son œuvre.

Pourtant le flou se poursuit quelque peu lorsqu'il est enfin là. La cacophonie ne dure généralement pas très longtemps, mais curieusement la durée exacte de ce vacarme n'est connue de personne, pas même du chef d'orchestre. Voilà qui rend, on ne peut plus indécis, le moment précis du démarrage du concert, pour les spectateurs comme pour les artistes.

Alors, vouloir commencer la représentation à la seconde près est concevable, ce serait même faisable, moyennant des efforts de discipline, mais on comprend que cela n'aurait pas vraiment de sens et n'a en tout cas pas de nécessité. Cette phase initiale d'échauffement libre, ce brouhaha aléatoire, constituent un rituel extrêmement utile et même salutaire. Le chaos doit précéder l'harmonie, tout le monde en convient. Il faut s'accommoder de ce flottement et le conserver pour l'amour de l'Art, car ici comme en toutes occasions, il faut se garder d'être esclave de sa montre ou de son chronomètre.

L'extrême précision dans la mesure du temps n'a guère d'intérêt hors de la sphère de la science fondamentale. Si nous écartons les contraintes prosaïques nous venant des transports ferroviaires, bien rares sont ceux qui parmi nous ont besoin dans leur vie quotidienne d'une connaissance précise de l'instant. Pour les heures qui nous lient à la Nature, comme celle du début et de fin du jour, celles des pleines et basses mers, la précision ne nous sert à rien, ce qui tombe bien car ces phénomènes n'ont pas de réalité physique en tant qu'instant. Ces heures sont incertaines et assimilables à des périodes plutôt qu'à des instants précis. Pour d'autres activités que l'Homme a souhaité régler en suivant le fil des jours et des saisons, il en est de même ; la précision de l'instant n'a pas d'intérêt pour beaucoup de ces occupations pour lesquelles un intervalle horaire s'avère plus pertinent. Les prières pourtant très soigneusement organisées et ritualisées relèvent de cette logique d'heures un peu incertaines.

Il faut aussi valablement considérer que les concerts symphoniques qui sont souvent de grandes manifestations du génie humain, tirent un réel avantage à commencer à une heure incertaine.



Dans ces conditions, une fois que chacun d'entre nous aura pris soin d'analyser les attentes qu'il a en matière de connaissance de l'heure, il est facile de se laisser convaincre que, lorsque le Soleil est là, l'heure fournie par un cadran solaire répond pleinement à tous les besoins de notre vie courante. Il ne nous reste plus qu'à nous laisser séduire par l'agrément supplémentaire que les cadrans solaires nous apportent tout en nous gratifiant de l'heure solaire vraie, celle qui régit le Monde.

Le célèbre tableau dit de l' *Angélus* (1857-1859) par Jean-François Millet est un thème pictural souvent repris sur les cadrans solaires Collections du musée d'Orsay Paris

\*\*\*\*\*



## Cadran par 2 points

Par Yvon Massé

*Comment réaliser très facilement un "cadran solaire plan" à l'aide de deux points d'ombre sans aucune difficulté ni connaissance particulière grâce aux calculs effectués par le petit programme Calcad. Une fois le cadran terminé, il suffira alors d'ajouter à son indication une correction, fonction de la date d'observation, pour obtenir l'heure légale délivrée par nos montres modernes.*

### Mode d'emploi

Choisir pour votre cadran une surface bien plane, d'orientation quelconque et éclairée pendant une bonne partie de la journée.

Tracer sur la surface un carré de la grandeur que vous souhaitez donner à votre cadran, vérifier que les angles du carré soient bien droits.

Relier les centres des cotés opposés pour obtenir ainsi le centre du carré O et un système d'axe X'X et Y'Y qui permettra de situer un point quelconque à l'intérieur du carré (phot 1, fig.1).

Par exemple la position du point A s'obtient en mesurant la distance de A à Y'Y **parallèlement à X'X**, on a ainsi la valeur X = 100 mm. Ensuite la distance de A à X'X est mesurée **parallèlement à Y'Y** pour obtenir la valeur de Y = 84. Calcad indiquera dans ce cas la position du point A par (100, 84). Pour le point B, on procède de la même manière et pour indiquer que B est à gauche de l'axe Y'Y on donne à X une valeur négative. De même, Calcad donnera la position du point B par (-118, 134). Enfin pour le point C qui est bien situé à droite de l'axe Y'Y mais en dessous de l'axe X'X, on donne à Y une valeur négative. Enfin, quand Calcad indiquera la position de C, il mentionnera (L, -150) car C est situé sur le bord droit du carré.

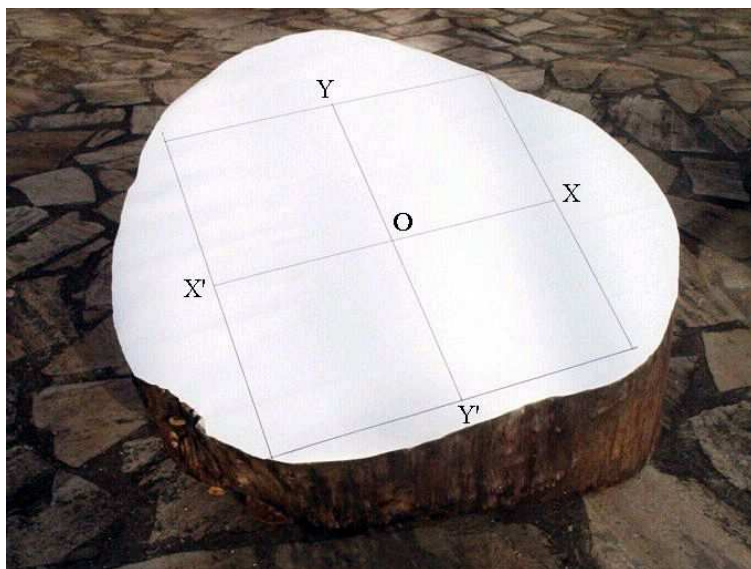


Photo 1

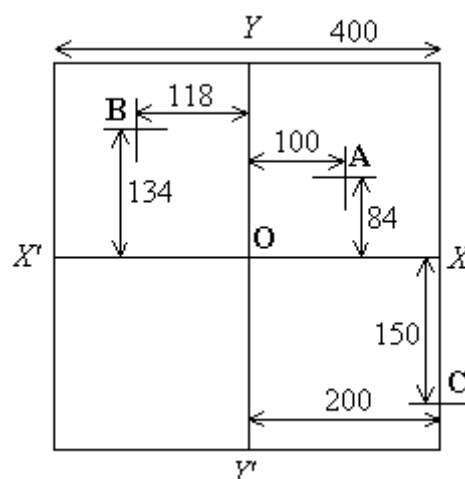
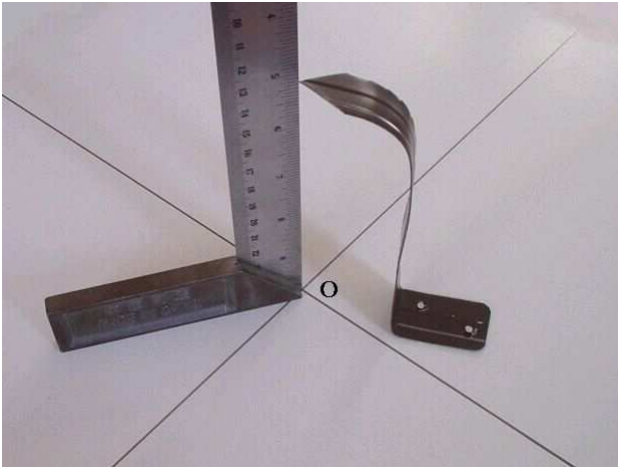


Fig. 1

Installer un gnomon outil dont le point utile, qui donnera une ombre dont on mesurera la position, sera situé à la perpendiculaire du point O et à une hauteur d'environ un quart du côté du carré.

Vérifier la perpendicularité à l'équerre (photo 2), mesurer précisément la hauteur du point utile (photo 3).



*Photo 2*



*Photo 3*

Par deux fois, dans une même journée ou à des jours différents et si possible à des instants espacés de 4 à 6 h, relever la position de l'ombre du point utile en notant l'heure précise et la date (photo 4).



*Photo 4*

Introduire toutes les valeurs dans le programme Calcad (écran 1 et 2).

**Saisies**

Cadran Point 1 Point 2 Lieu

Coté du cadran  mm

Hauteur du gnomon  mm

*Ecran 1*

Cadran Point 1 Point 2 Lieu

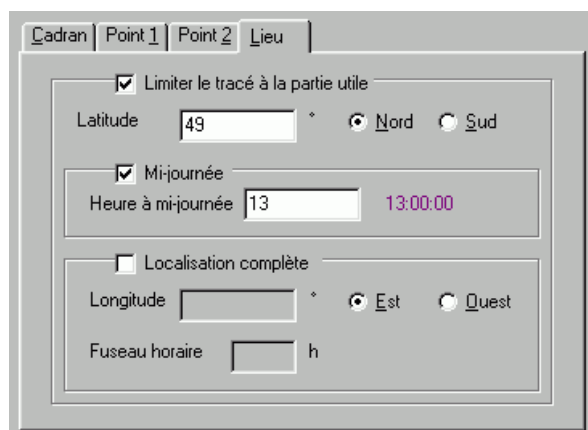
Date  16 janvier 2005

Heure  11:47:00

X  mm Y  mm

*Ecran 2*

Pour limiter le tracé aux seules lignes d'heures auxquelles sera éclairé le cadran, donner la latitude du lieu. Pour éventuellement affiner cette limitation, compléter la saisie en donnant soit l'heure du milieu de la journée soit la localisation complète du cadran.



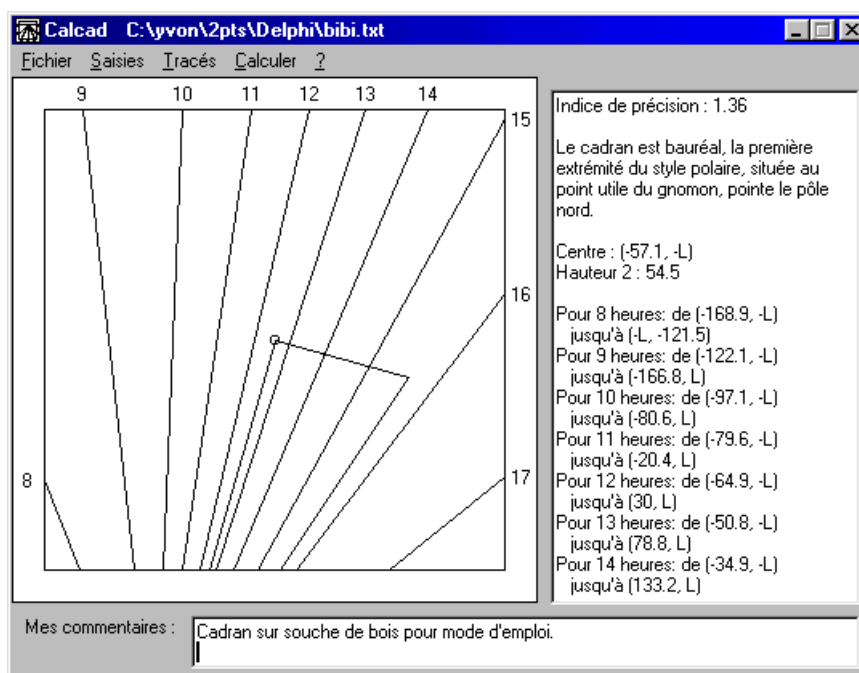
Ecran 3

**Note:** Ces dernières valeurs, regroupées sous l'onglet "Lieu", sont facultatives et peuvent être approximatives sans incidence sur la précision du cadran.

**Note à l'attention des gnomonistes:** L'utilisation de la localisation complète permet de gagner légèrement en précision dans la mesure où les positions du soleil sont alors calculées plus précisément et sont aussi corrigées de la réfraction atmosphérique. D'autre part, les paramètres réduits donnés par Calcad (voir ci-dessous) seront dans cas les paramètres usuels utilisés en gnomonique.

Calcad fournit alors (Ecran 4):

- Un indice de précision fonction de la cohérence des entrées:
  - Si l'indice est compris entre 0 et 1, le cadran sera très précis.
  - Si l'indice est compris entre 1 et 4, le cadran sera moyennement précis
  - Si l'indice est supérieur à 4, le cadran sera peu précis. Revérifier l'ensemble des opérations.
- Un petit descriptif sur le type de cadran (boréal, austral, polaire, équatorial)
- La seconde extrémité du style polaire, la première étant le point utile du gnomon outil.
- Deux points pour chaque ligne horaire:
  - Si le cadran a un centre (point de rencontre des lignes horaires), le premier point est le centre et le second est donné sur le bord du carré
  - Si le cadran n'a pas de centre, les deux points sont donnés sur le bord du carré
- Les paramètres réduits du cadran pour éventuellement le faire tracer par un autre logiciel
- Un croquis représentant le cadran



Ecran 4

A l'aide des valeurs calculées par Calcad, tracer les lignes horaires (photo 5) puis mettre en place le style.

Si le style est correctement placé et si les lignes horaires sont bien tracées, quelque soit la position d'où l'on regarde le cadran, le style doit toujours recouvrir les lignes horaires (photo 6 et 7)

Photo 5

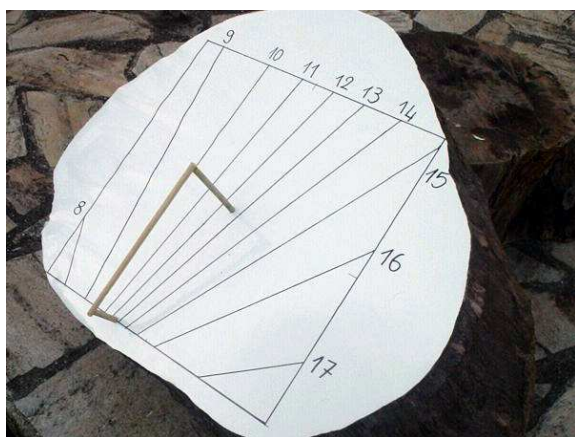
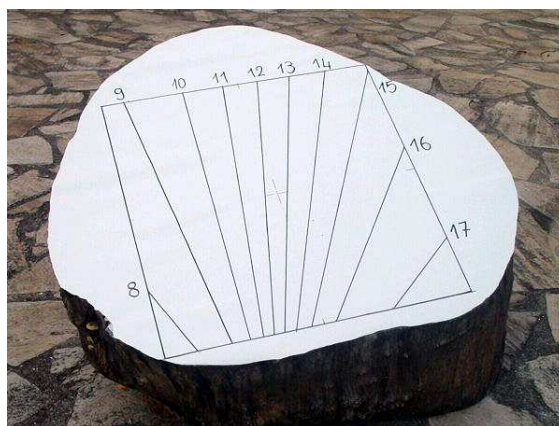


Photo 6

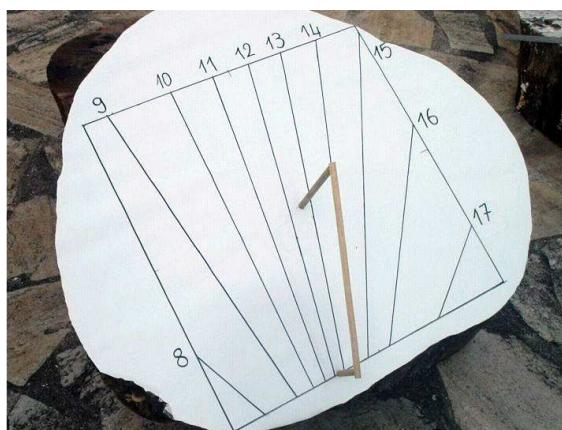


Photo 7

Pour obtenir l'heure légale à partir de l'indication du cadran il faut lui ajouter la valeur de l'équation du temps (fig. 3) et éventuellement tenir compte du changement d'heure été/hiver, c'est à dire:

- Si le cadran a été tracé avec les heures d'hiver, ajouter 1 h en été
- Si le cadran a été tracé avec les heures d'été, soustraire 1 h en hiver

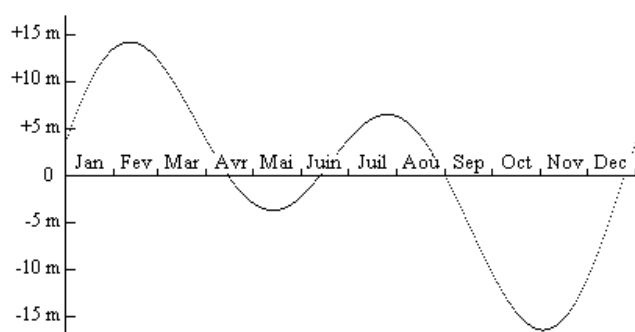


Fig. 3

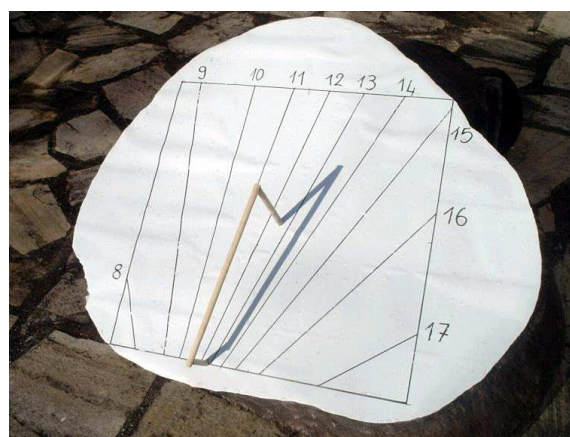


Photo 8 prise le 19 Janvier 2005, quelle heure était-il?

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe: Le logiciel "Calcad" et l'ensemble de la présentation.

Calcad est également téléchargeable sur <http://perso.wanadoo.fr/ymasse/calcad/>



## Cadran de la cathédrale de Die

Par Gérard Oudenot

*La réhabilitation en images du cadran solaire de la cathédrale de Die.*

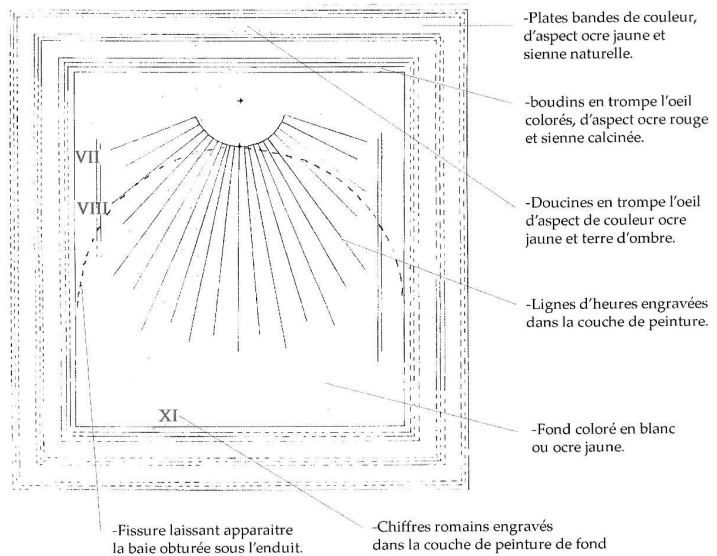
La réhabilitation du cadran solaire a commencé le 6 avril 2006. La date prévue initialement était le 4, mais ce jour là il pleuvait et le lendemain, c'était jour de marché ...

Tout d'abord pose d'un échafaudage. Ensuite relevé des lignes horaires, par superposition sur un papier, c'est-à-dire création du poncif. Puis remise du mur à nu.



▲ Le cadran tel que je l'ai connu ce dernier quart de siècle: 260x278

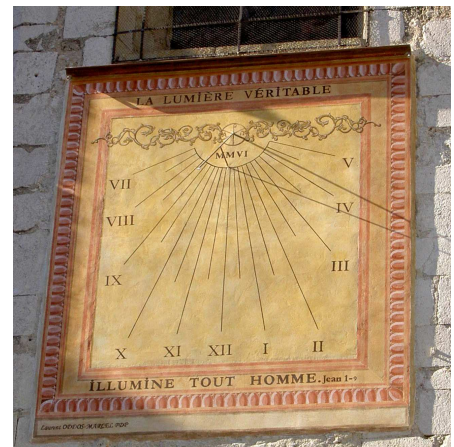
Vestiges de peinture ▶



Le 7 avril : Première couche d'enduit à la chaux. Des marques ayant été retrouvées, le mur a été ramené à son orientation initiale par un décalage de 5 cm. Les 8 et 9 avril : séchage. Le 10 avril : il pleut (pas de travaux le matin). L'après-midi, deuxième couche d'enduit. Le 11, délimitation du cadran. Le 12 avril : début de la peinture à fresque, le soir, le haut est peint, jusqu'au début de la devise. Le 13 avril : suite de la fresque. Le soir, il ne reste plus à faire que les décorations de chaque côté. Le 14 avril: le cadran est terminé. Il est splendide.



Il est plus grand que l'original (une pierre en hauteur) mais il est splendide!!!



\*\*\*\*\*



# Tracé géométrique d'un bifilaire

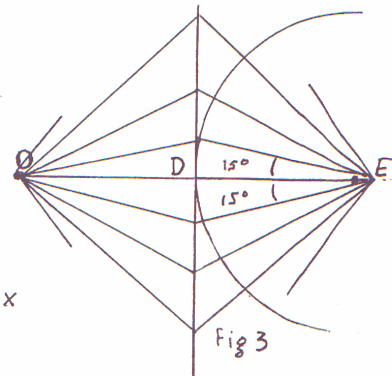
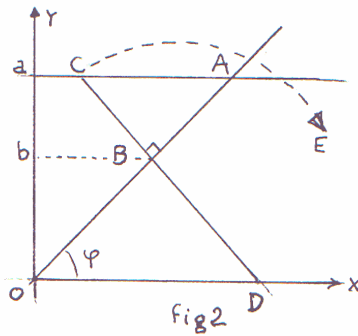
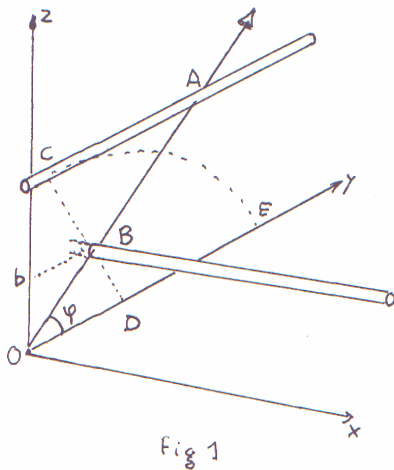
Par Bernard Rouxel

*Deux méthodes possibles de tracé d'un cadran bifilaire. La première concerne le tracé d'un cadran classique, horizontal à fils orthogonaux, la seconde est susceptible de s'appliquer à des cadrans horizontaux ou non, à fils non nécessairement orthogonaux. Elle est plus riche de théorie tout en demeurant accessible.*

## PREMIÈRE MÉTHODE .

Nous utiliserons les notations de Denis Savoie dans son ouvrage "Gnomonique moderne". Le cadran bifilaire horizontal est composé de deux fils (fig.1) le fil méridien situé dans le plan méridien  $zOy$  à une hauteur  $a$  au dessus du plan  $xOy$  du cadran. Le fil transversal parallèle à  $Ox$  est à une hauteur  $b$  ( $b < a$ ). Le repère orthogonal  $Oxyz$  a son origine  $O$  au centre du cadran, il possède la propriété suivante : la parallèle à l'axe du monde passant par  $O$  rencontre le fil méridien (en  $A$ ) et le fil transversal (en  $B$ ). Le point  $O$  se détermine donc aisément.

La théorie montre que les lignes horaires du cadran forment une famille de droites passant par  $O$ . Il nous suffit donc de déterminer un point sur chaque droite. A l'équinoxe les rayons solaires utiles sont situés dans un plan contenant le fil transversal et orthogonal à  $AB$ . Ce plan coupe le fil méridien en  $C$  et  $Oy$  en  $D$ . Ce jour le cadran bifilaire fonctionne comme un cadran équatorial de centre  $C$  et d'axe parallèle à  $AB$ . Ce cadran va nous fournir les points cherchés par l'intersection de ses lignes horaires et du plan  $xOy$ .



**Construction:** (fig.2) et (fig.3), on rabat sur  $Oy$  le point  $C$  en  $E$  à l'aide d'un demi-cercle de centre  $D$  et de rayon  $DC$ . On trace (fig.3) dans le plan  $xOy$  le cercle de centre  $E$  et de rayon  $DC$  que l'on partage régulièrement tous les  $15^\circ$  ; l'intersection de la perpendiculaire à  $Oy$  en  $D$  et de la gerbe de droites (centrée en  $E$ ) ainsi obtenue donne la famille de points horaires cherchés.

$$d = a \sin \varphi$$

$a = CD \cos \varphi$  et  $b = OD \cos \varphi \sin \varphi$  on en tire la condition bien connue  
 compte de

Remarque: on constate que le cadran bifilaire sera équirépartiteur si  $CD = OD$  d'où tenant



**DEUXIÈME MÉTHODE.**

On peut aussi déduire le tracé des lignes horaires du cadran bifilaire, du tracé des lignes horaires d'un cadran horizontal associé : de centre O, de style OAB et de plan xOy. L'idée m'en est venue à la suite de la lecture des articles de Gnomonica Italiana écrits par l'éminent géomètre Alessandro Gunella.

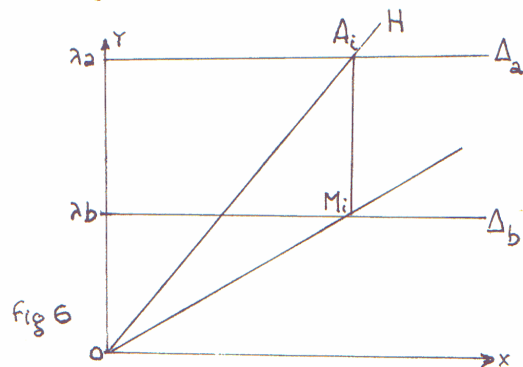
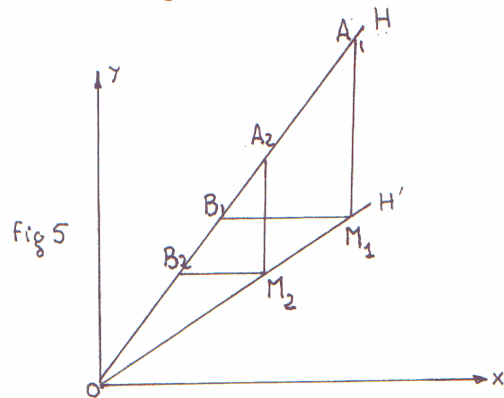
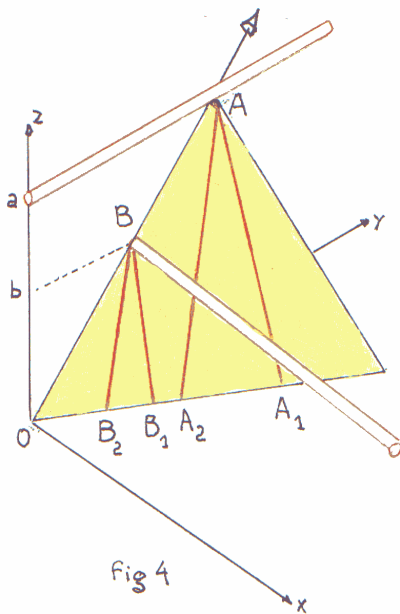
On suppose tracé le cadran horizontal associé (voir les ouvrages classiques). Pour une heure donnée H, les ombres des points A, B appartiennent à la ligne horaire OH de ce cadran, on obtient ainsi  $A_1, B_1$  un certain jour et  $A_2, B_2$  un autre jour (fig.4). Les intersections M des ombres des deux fils sont obtenues en menant par  $A_1, B_1$  et  $A_2, B_2$  les parallèles aux fils (fig.5). On a donc

$$OA_1/OB_1 = OA_2/OB_2 = OA/OB$$

ce qui entraîne que les triangles  $A_1B_1M_1, A_2B_2M_2$  sont homothétiques dans une homothétie de centre O (Thalès) et **donc O, M, M sont alignés, les lignes horaires sont donc des droites passant par O**. On en déduit la

**Construction.** (fig.6). On trace deux droites  $\Delta_a$  et  $\Delta_b$  parallèles à Ox à des distances proportionnelles à a et b. La ligne horaire du cadran bifilaire pour l'heure H se déduit de la ligne horaire d'heure H du cadran associé en partant de l'intersection de celle-ci ( $A_i$ ) avec  $\Delta_a$  et en menant une parallèle à Oy qui coupe  $\Delta_b$  en  $M_i$  point de la ligne cherchée.

Remarque : il est intéressant de remarquer que ce procédé s'étend à la plupart des cadrans bifilaires à fils rectangulaires ou non et à plan non nécessairement horizontal ; les directions parallèles à Ox et Oy sont alors remplacées par des parallèles aux fils et les propriétés des homothéties demeurent soit pour prouver la linéarité des lignes horaires, soit pour justifier les constructions graphiques.



\*\*\*\*\*



## Un cadran expérimental à marées

Par Joel Robic

*Un cadran solaire dont l'ombre affiche l'heure certes, mais aussi le temps restant avant la prochaine marée haute ou marée basse.*

*Une fois le cadran réglé pour un port, on positionne la date de la pleine lune et la date du jour et on l'utilise comme un cadran équatorial.*



L'ombre indique que la marée basse aura lieu dans 2 heures

### - L'idée du cadran

Quand on se promène sur les falaises de Bretagne, on souhaite savoir si la plage sera dégagée pour un retour moins fatiguant. Il est donc utile de connaître à peu près l'heure de la marée. La marée étant liée au soleil et à la lune, pourquoi ne pas essayer de construire un cadran luni-solaire qui fournisse la réponse ?

Il serait difficile d'obtenir un cadran utilisable tout le temps avec une visée simultanée de la lune et du soleil. Une idée a été de trouver un moyen d'enregistrer l'âge de la lune un peu comme sur le cadran disque présenté dans cadran info n° 13, et ensuite d'accepter certaines approximations de façon à obtenir un cadran facile à utiliser par un promeneur non gnomoniste.

### - Réalisation et réglages du cadran

La table est constituée de 4 disques synthétiques et le style qui sert aussi de support est une tige filetée en laiton munie d'écrous et de rondelles.

- Le plus gros disque, fixe, comporte les 24 heures en chiffres romains et se positionne comme un cadran équatorial grâce au style – support et à ses 2 pieds.



Figure 1: Latitude  $49^\circ$  = angle du style  
Inclinaison de la table =  $41^\circ$



$41^\circ$

2h 12

Figure 2 : Longitude  $3^\circ$  Ouest + heure d'été  
2h12 est positionnée en bas

On ajuste les phases de la lune sur ce disque en réglant la pleine lune en face de l'heure de l'établissement du port <sup>1</sup>.

° A Binic comme ci-dessus (figures 1 et 2):  
établissement du port - 5h 40 soit  
7h 52 sur le cadran

° Ci-contre à Carnac (figure 3) :  
établissement du port - 3h 30 soit  
5h 40 sur le cadran

Le cadran est maintenant réglé pour son port.



- Le disque inférieur indique les jours de 1 à 31, il est mobile autour du style support. Il faut positionner les jours en concordance avec les phases de la lune. Ce réglage est mensuel et peut se faire :

- avec le calendrier
- grâce à la forme de la lune

<sup>1</sup> **Etablissement du port**, définition par le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine)  
Heure exprimée en temps vrai local de la PM qui suit le midi vrai (passage du Soleil au méridien du lieu) un jour de syzygie (pleine lune ou nouvelle lune) ayant lieu à midi vrai.

En d'autres termes, l'établissement du port est le retard moyen de la pleine mer sur l'instant du passage de la Lune au méridien du lieu, les jours de pleine ou nouvelle lune, et pour plus de précision on considère une syzygie ayant lieu à midi vrai.

Cette notion s'applique aux marées semi diurnes.

- comme un cadran lunaire : connaissant l'heure lunaire et l'heure solaire on en déduit l'âge de la lune

Précédemment (figure 3), la pleine lune était positionnée le 13. Cette opération est mensuelle, avec un décalage limité à un ou deux jours d'un mois sur l'autre aussi il n'est pas nécessaire de laisser le disque trop mobile.

- Le disque supérieur est divisé en 24 :



° 4 points présentent les 2 marées hautes avec le bateau (clin d'œil à mon cadran – voiles) et les 2 marées basses,

° 4 séries de chiffres de 1 à 5 indiquent le nombre d'heures avant la prochaine marée.

Il possède aussi un doigt en forme de bouée rouge que l'on positionne sur la date du jour, rouge également, ci-dessus le 3.

Ce réglage doit se deviner spontanément lorsque l'on utilise le cadran pour la première fois.

### - Précision du cadran

Beaucoup d'approximations dans ce cadran :



Verso du cadran

faire attention aux changements de mois.

° les indications du cadran ne permettent pas une lecture de précision et l'heure légale affichée ne prend pas en compte l'équation du temps.

Avec toutes ces approximations, l'erreur théorique peut largement dépasser l'heure mais en utilisation réelle, l'erreur est en général inférieure à la demi-heure ce qui le rend donc très utilisable pour les randonnées mais pas pour la navigation.

D'où la devise du cadran, un dicton de marin breton : « Quand les mouettes ont pied, il est temps de virer »

### - Compléments et références

° Le cadran solaire du domaine de Clairmont par notre regretté confrère Joseph Hourrière dans l'Astronomie d'octobre de 1983.

Ce cadran date du XVII<sup>ème</sup> siècle et possède un disque en laiton qui affiche l'heure de la marée haute à Saint-Malo. Dans son article, Joseph Hourrière indique que les erreurs sont plus importantes aux quadratures (mortes eaux), là où la précision est moins utile, mais je n'ai pas pu vérifier ce point.

° Cadrans à marée par notre confrère Denis Schneider dans la revue Jeune Marine, Juillet - Août et Septembre - Octobre 94. Après un inventaire des cadrans historiques à marées et une étude théorique, Denis Schneider présente son cadran universel à marées. C'est un cadran cylindrique en laiton qui est réglable pour les 761 ports principaux du monde, il tient compte de la position réelle de la lune obtenue par visée et de la position orbitale de la terre obtenue par la date. Ce cadran très astucieux est aussi suffisamment précis pour avoir été utilisé pour la navigation !

° "L'Equalune" (analogue pour la lune à l'équation du temps pour le soleil) est présentée et calculée sur Solarium par notre confrère Pierre-Joseph Dallet. (Voir article et tables des valeurs dans ce numéro de Cadran Info).

° Pour en apprendre plus sur les marées, les livres d'Odile Guérin, directeur du planétarium de Ploemeur Bodou :

"Comprendre les marées" ISBN : 2-9507459-0-3

"Tout savoir sur les marées" ISBN : 2 7373 3505.1

° Le site du SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine)

[www.shom.fr/fr\\_page/fr\\_act\\_oceano/maree/maree\\_f.htm](http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_oceano/maree/maree_f.htm)

Et vous pourrez voir de nouvelles photos et compléments sur la page:

<http://perso.orange.fr/cadrans.solaires/cadrans/cadran-maree.html> de mon site :

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

\*\*\*\*\*

## Des cadrans dans le monde ...

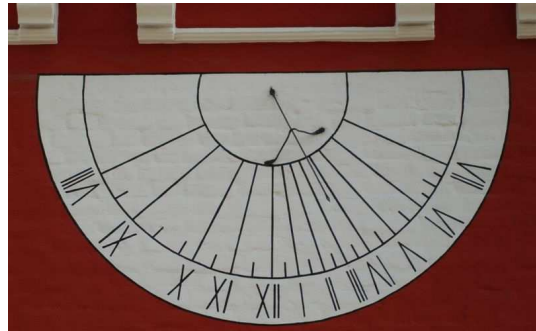
*A Saint-Petersbourg ... photo prise très vite d'un bus ▼*



*A Moscou:*

- Monastère Novodie-Vitchi à 10 h 20 (heure locale) orientation sud (en haut à droite)

- Avenue Tverskaia, le 17 mai 2006 à 19 heures (heure locale) ▶



Photos de Michèle Zimmer



## Variation de la durée du jour

Par Denis Savoie

*A la question « à quelles époques de l'année le jour varie t-il le plus d'un jour à l'autre ? », la réponse que l'on donne est « aux équinoxes », ce qui est exact en France. Mais cela est-il vrai partout sur Terre ? C'est là qu'il devient plus difficile de répondre.*

Par exemple lorsque l'on regarde comment évolue la variation de la durée du jour à la latitude  $65^\circ$ , on constate qu'au voisinage de l'équinoxe de printemps, le jour augmente de 6 m 47 s ; on devrait s'attendre à ce que les jours qui suivent augmentent encore, mais beaucoup moins. Or il n'en est rien ; par exemple les jours varient encore plus aux alentours du 1<sup>er</sup> mai (7 m 02 s par jour). On constate de même que les jours varient plus d'un jour à l'autre fin janvier-début février qu'à l'équinoxe de printemps, et que l'on retrouve ce phénomène vers l'équinoxe d'automne.

Afin de comprendre l'origine de ce phénomène surprenant, calculons la variation de la durée du jour en temps solaire vrai, en négligeant la réfraction. Considérons de plus que le Soleil parcourt l'écliptique à vitesse uniforme et que la déclinaison du Soleil reste constante au cours de la journée.

Dans ce cas, la durée du jour en degrés est égale au double de l'arc semi-diurne, soit  $2H_0$ , avec :

$$\cos H_0 = -\tan \phi \tan \delta \quad (1)$$

La déclinaison  $\delta$  du Soleil se calcule par :

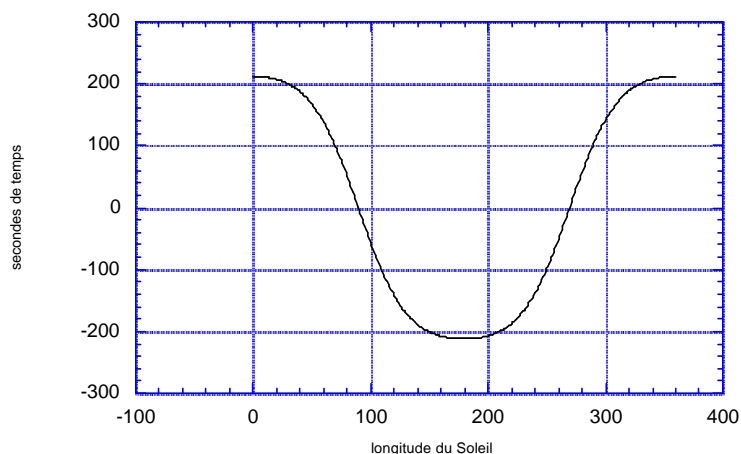
$$\sin \delta = \sin \varepsilon \sin \lambda$$

$\varepsilon$  étant l'obliquité de l'écliptique ( $\varepsilon = 23^\circ,433$ ) et  $\lambda$  la longitude du Soleil.

Pour calculer la variation  $\Delta H$  du jour, il suffit de calculer un nouvel arc semi-diurne et de faire la différence avec le précédent :  $\Delta H = 2 (H'_0 - H_0)$

On peut ainsi tracer en fonction de la date (donc de la longitude du Soleil) la variation de la durée du jour pour une latitude donnée. Par exemple pour  $\phi = 48^\circ$ , on obtient la courbe suivante :

Variation de la durée du jour à  $48^\circ$  de latitude

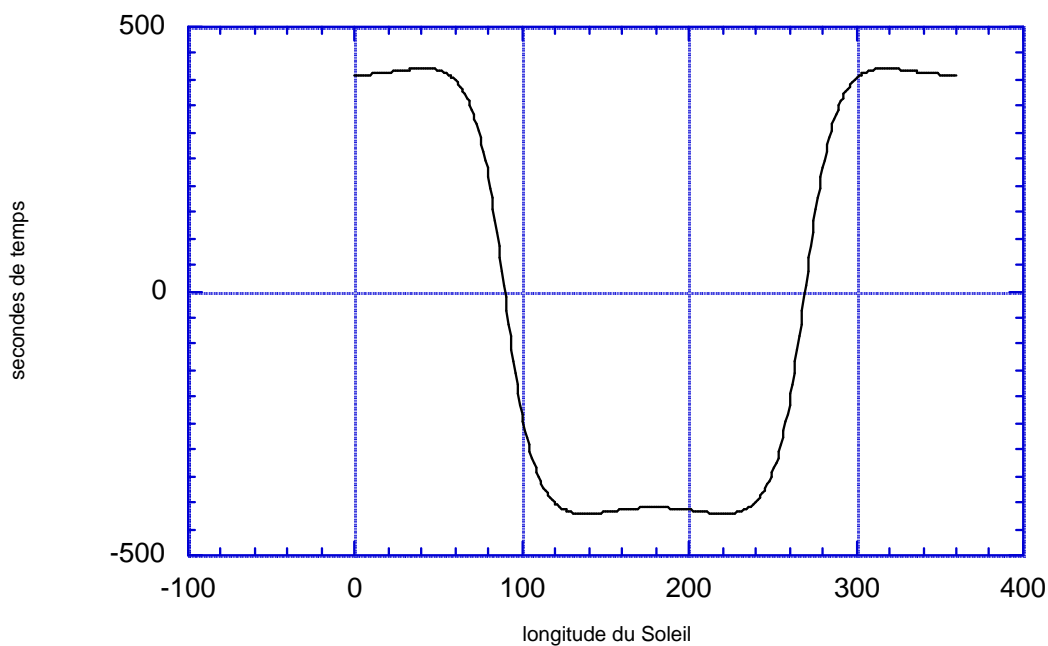


Rappel :  $\lambda = 0^\circ$  à l'équinoxe de printemps,  $90^\circ$  au solstice d'été,  $180^\circ$  à l'équinoxe d'automne,  $270^\circ$  au solstice d'hiver.

On constate que c'est bien aux équinoxes que  $\Delta H$  augmente le plus, et que c'est aux solstices que le jour augmente le moins vite d'un jour à l'autre.

Passons maintenant à une latitude très boréale comme  $65^\circ$  ; la courbe est très différente de la précédente et présente plusieurs paliers :

### Variation de la durée du jour à $65^\circ$ de latitude



Afin d'étudier en détail ces différences, il est nécessaire de dériver la formule (1) en fonction de l'angle horaire et de la déclinaison. Ce qui donne :

$$\frac{dH}{d\delta} = \pm \frac{\sin \phi}{\cos \delta \sqrt{\cos^2 \delta - \sin^2 \phi}}$$

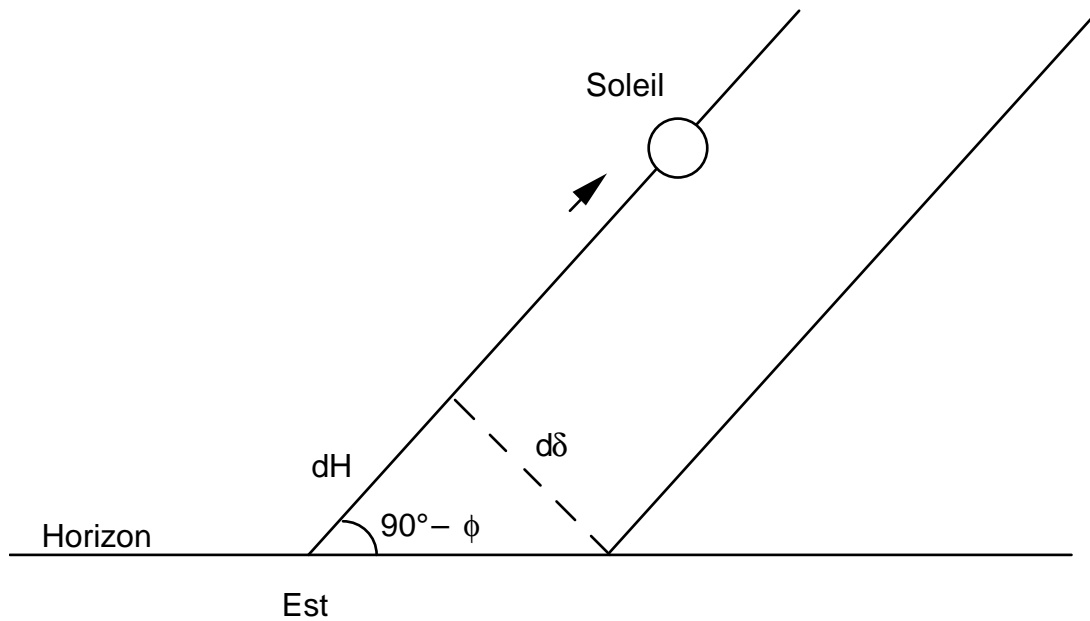
La variation de la durée du jour peut donc s'écrire :

$$\Delta H = \pm 2\Delta\delta \tan \phi$$

On remarque qu'aux équinoxes,  $\delta = 0^\circ$  et la formule devient :

$$dH = \pm d\delta \cdot \tan \phi$$

Ce qui peut être interprété géométriquement de la façon suivante :



On peut également dériver la formule (1) en fonction de l'angle horaire et de la longitude du Soleil. Ce qui donne :

$$\frac{dH}{d\lambda} = \frac{\cos \lambda \sin \varepsilon \sin \phi}{(1 - \sin^2 \varepsilon \sin^2 \lambda) \sqrt{\cos^2 \phi - \sin^2 \varepsilon \sin^2 \lambda}}$$

Pour chercher les dates auxquelles la dérivée passe un extremum, il est nécessaire de calculer la dérivée seconde et de voir pour quelles valeurs elle est égale à zéro. On obtient :

$$\frac{d^2 H}{d\lambda^2} = - \frac{\sin \varepsilon \sin \lambda \tan \phi [A \times B + C]}{(\sin^2 \varepsilon \sin^2 \lambda - 1) (1 - \sec^2 \phi \sin^2 \varepsilon \sin^2 \lambda)^{1.5}}$$

avec

$$A = \sin^2 \varepsilon \sin^2 \lambda - 1$$

$$B = \sec^2 \phi \sin^2 \varepsilon \sin^2 \lambda - 1$$

$$C = \cos^2 \lambda \sin^2 \varepsilon [\sec^2 \phi (3 \sin^2 \varepsilon \sin^2 \lambda - 1) - 2]$$

On démontre que si la latitude est supérieure à 61° 15' 10'' (on travaille dans l'hémisphère Nord), les valeurs de la longitude du Soleil pour lesquelles la dérivée seconde s'annule sont données par :

$$\cos^2 \lambda = \frac{1 - \sin^2 \varepsilon - \sin^2 \phi}{4 \sin^2 \varepsilon} \left( \sqrt{1 + \frac{8 \cos^2 \varepsilon}{1 - \sin^2 \varepsilon - \sin^2 \phi} - 1} \right)$$

Les maxima ont lieu pour 0°, λ, 180° - λ, 180°, 180° + λ, 360° - λ.

En prenant φ = 65°, on obtient λ = 41°,822, λ = 138°,178, λ = 221°,822, λ = 318°,178, valeurs auxquelles il faut ajouter 0° et 180°.

Quant à la latitude à partir de laquelle se produit le phénomène étudié, elle est donnée par :

$$\sin^2 \phi = \frac{1 - 3 \sin^2 \varepsilon}{1 - 2 \sin^2 \varepsilon}$$

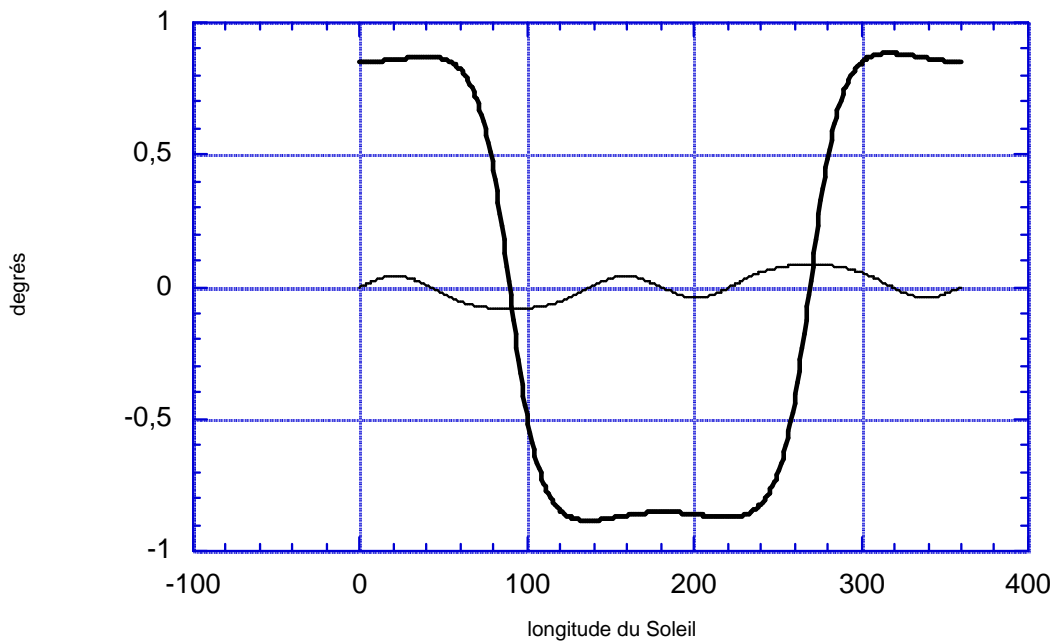


Si la latitude est inférieure à cette valeur critique de  $61^{\circ} 15' 10''$ , les extrema ont lieu aux équinoxes ( $\lambda = 0^{\circ}$  et  $180^{\circ}$ ).

On obtient ainsi les dates pour lesquelles la variation de la durée du jour est maximale (sous-entendu d'un jour à l'autre). Mais cela ne nous renseigne pas sur la ou les causes « physiques ».

Sur le graphique suivant, on a tracé  $dH/d\lambda$  et  $d^2H/d\lambda^2$ ; on remarque bien les six paliers précédents.

**Dérivée première et seconde à la latitude  $65^{\circ}$**



Comme on l'a dit en introduction, on a fait de nombreuses simplifications dans cette étude de la variation de la durée du jour. Si l'on exprime maintenant la durée du jour en tenant compte de la réfraction, du diamètre solaire, de la variation de la déclinaison du Soleil, de la vitesse non-uniforme du Soleil sur l'écliptique et de l'équation du temps, on obtient des valeurs certes un peu différentes mais qui reflètent bien le phénomène constaté.

Son interprétation géométrique (astronomique) reste une énigme. Tout ce que l'on peut dire, c'est que la variation  $\Delta H$  de la durée du jour peut s'exprimer sous la forme  $\Delta H = k \Delta\delta$ .  $\Delta\delta$  représente la variation de la déclinaison du Soleil et  $k$  est un terme dépendant de la latitude et de la déclinaison. De l'équateur jusqu'à  $61^{\circ}$  de latitude environ, c'est le terme  $\Delta\delta$  qui prédomine. Autrement dit, c'est la variation de la déclinaison du Soleil d'un jour à l'autre qui est responsable de la variation de la durée du jour, le terme  $k$  restant négligeable. Par contre aux hautes latitudes, le terme  $k$  l'emporte sur la variation en déclinaison, ce qui aboutit à des « anomalies ».

Je remercie pour leur aide précieuse et habituelle: Marc Goutaudier, Jean Meeus et Roland Lehoucq.

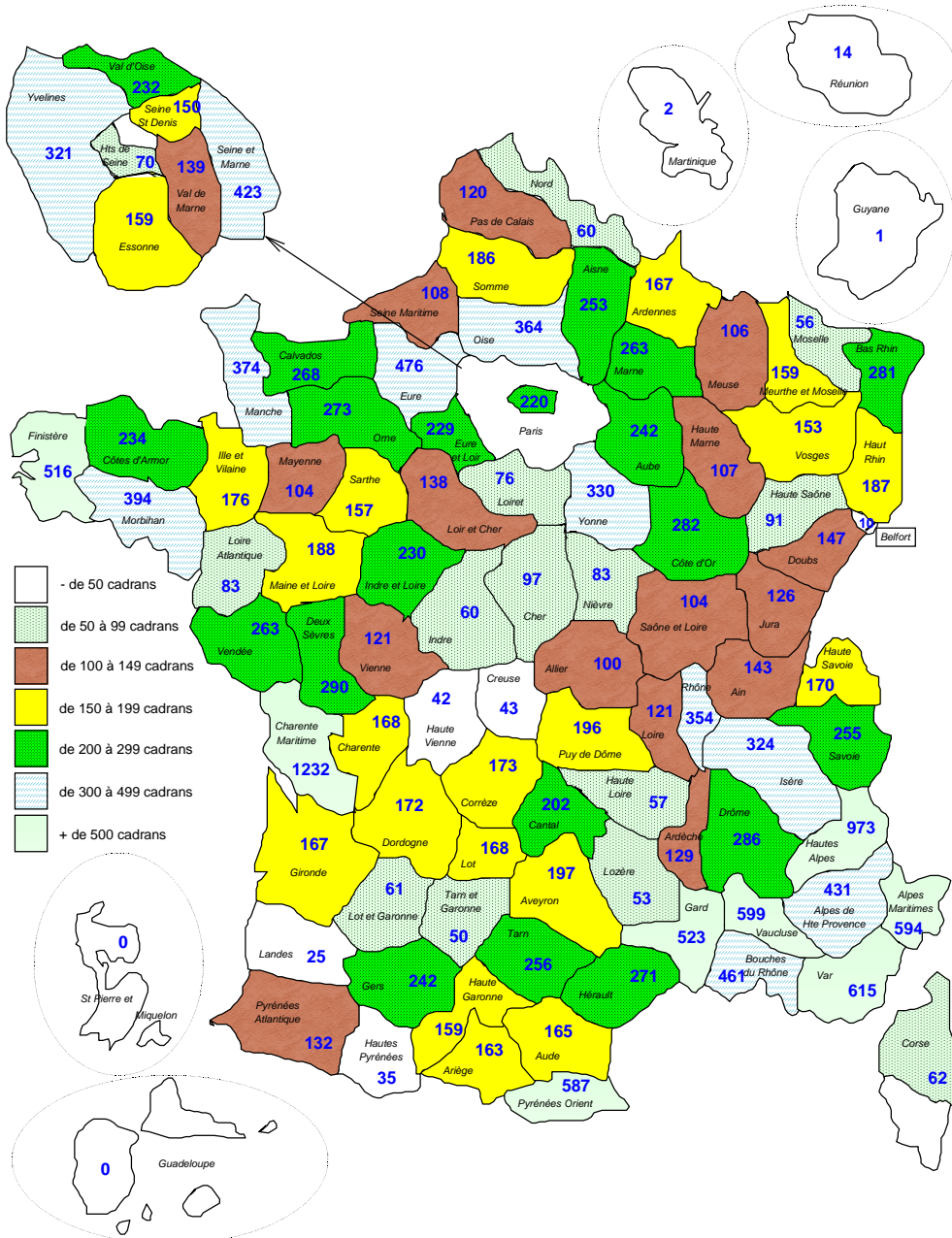
\*\*\*\*\*



# Inventaire 2006 des cadrans solaires

Par Serge Grégori et Philippe Sauvageot

En 2005 ("l'inventaire 2006" publié en octobre, est arrêté au 31 décembre 2005), 65 chasseurs ont visité 2418 cadrans dont 1144 nouveaux. La carte ci-dessous représente la répartition par département.



Les plus importantes découvertes 2006 concernent: La Charente-Maritime: 1022 CS, le Tarn:90, le Var: 57, le Vaucluse : 54.

76 départements possèdent au minimum 100 cadrans, 5 en ont plus de 500, 1 plus de 600 (Var), 1 plus de 900 (Hautes-Alpes) et le leader est maintenant la Charente-Maritime avec 1232 CS.

## L'inventaire des Cadrans solaires

Inventorier les cadrans solaires de France était l'une des missions essentielle que s'était fixée notre commission. Elle est maintenant remplie même si chaque année la récolte de nos "chasseurs" est indispensable pour sa mise à jour. Elle permet d'identifier les cadrans disparus et de découvrir toujours et encore de nouveaux cadrans et pas seulement des cadrans de série qui prolifèrent particulièrement.

La base de données de notre Commission "Inventaire 2006", comprend exactement 25472 "lignes" de cadrans. Celles-ci sont regroupées en 4 catégories:

- 1- l'inventaire général: "CSFC" (Cadrans Solaires Français Catalogués) = 20674 CS.
- 2- les cadrans dont les propriétaires ne souhaitent pas que l'emplacement de leur cadran soit mentionné: "Collections Privées" = 957 CS.
- 3- les cadrans disparus ou rénovés totalement : 1256 CS.
- 4- les cadrans à rechercher : "Banque de données" = 2546 CS.

Si nous regroupons les catégories 1 et 2 soit 21632 spécimens, nous obtenons la répartition suivante: ensemble des cadrans verticaux (déclinants, méridionaux, fantaisistes, orientés) = 65%, cadrans de série = 17%, cadrans horizontaux = 5%, cadrans canoniaux = 4%...

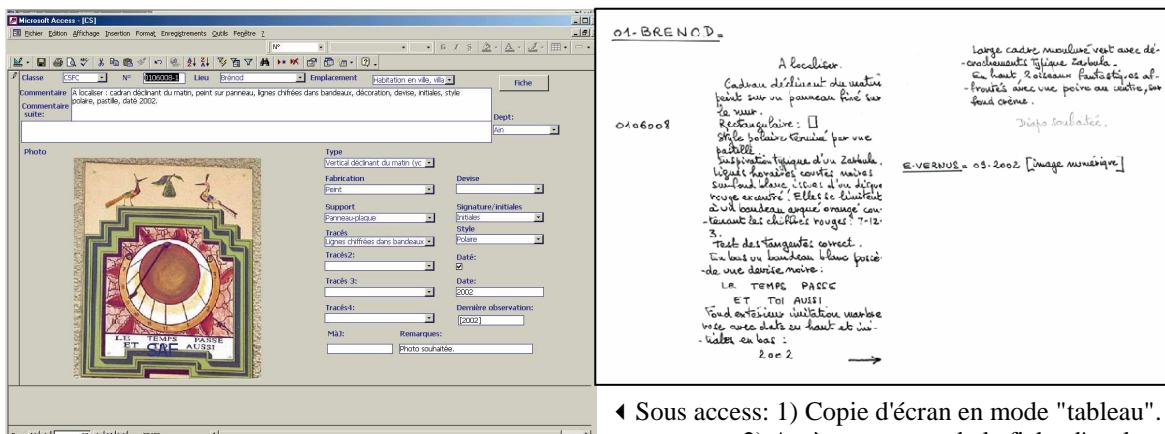
Parmi les cadrans les moins répandus, notons: 405 cadrans multiple/bloc gnomoniques, 148 équatoriaux, 120 armillaires, 102 cadrans analemmatiques, 25 "canons", 25 cadrans à équations, 18 méridiennes horizontales et 161 verticales (yc les méridiennes industrielles), 15 bifilaires...

4527 cadrans comportent une date, 2710 possèdent une devise...

### Présentation de l'inventaire:

- Pour les membres de la SAF:

- Ensemble des cadrans listés (logiciel word) avec en annexe les fiches d'analyse unitaire (GIF)
- Ensemble des cadrans sous forme de liste ou en présentation "tableau" (logiciel access), avec lien direct vers les fiches d'analyse (21500) et les photos (6840). Nombreux tris: type cadran, lieu, nature du support, indications, devises, dates.... Il s'agit d'une véritable base de données.



- ◀ Sous access: 1) Copie d'écran en mode "tableau".
- 2) Après ouverture de la fiche d'analyse. ▶

- Pour extérieur à la SAF:

- "CSFC" sous le logiciel word.

Nota: Nous ne faisons pas de diffusion publique de notre inventaire.  
Toute référence à celui-ci doit mentionner notre Société.



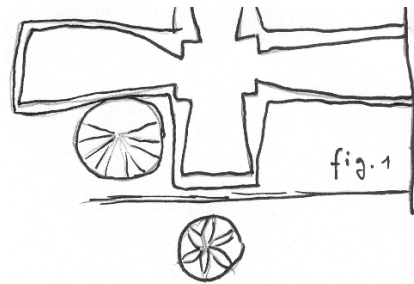
## QUELQUES CANONIAUX REVISITES

Par Denis Schneider

Les vacances 2005 furent l'occasion de revisiter certains cadrans de l'inventaire de notre commission au sujet desquels était portée la mention tantôt de "vestige de canonial", tantôt de cadran "d'apparence canoniale", de "pseudo-canoniaux" ou encore "d'ébauche".

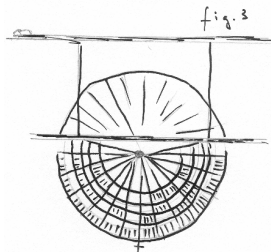
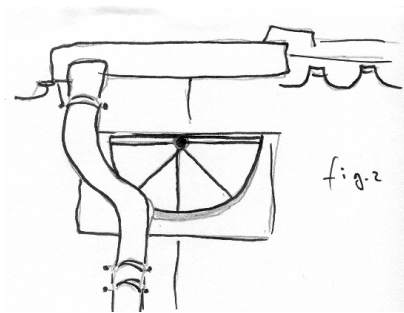


◦ **En Haute-Marne**, sur la commune de **Bologne**, l'église de Marault présente sur un contrefort d'angle une curieuse croix avec, dans la partie inférieure gauche, un cercle présentant 9 ou 10 secteurs dépassant les



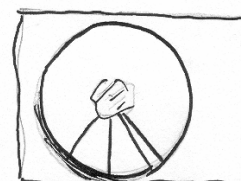
180° (fig.1); appelé « cadran de la Passion » dans l'inventaire mais dont on se demande, au vu de sa hauteur (2,5m) et de l'absence de trou central dans le cercle, si ce n'est pas plutôt un symbole solaire ?; cela reste à vérifier ainsi que l'origine dite templière de la croix. Dans le secteur haut, je n'ai pas vu le graphisme restant à interpréter.

◦ Toujours **en Haute-Marne**, à **Chaumont** en Champagne, il était connu, sur la basilique St Jean fondée au XIII, un canonial à 6 secteurs. Une autre pierre trouée d'où rayonnent 3 lignes gravées avait intrigué l'observateur qui avait conclu néanmoins à une construction assez récente probablement sans lien avec un cadran. Cela est d'autant plus surprenant que c'est un authentique canonial (fig.2), aux divisions très pures et classiques en 4 secteurs égaux. La seule originalité réside dans le demi disque en saillie, signe du projet architectural de respecter la liturgie des heures canoniales.

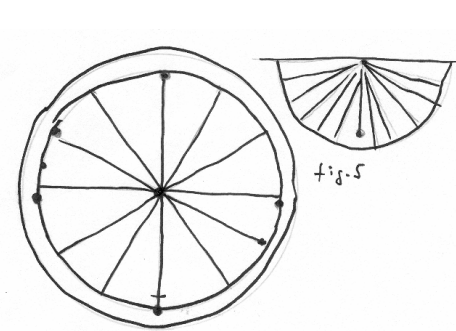


◦ Dans la **Marne**, sur l'église de **St Lumier en Champagne** se trouve un curieux canonial circulaire à 24 rayons et non 15 (fig.3). Cinq portions de couronnes concentriques s'étendent sur 210°. Dans chacun des 12 secteurs de la moitié inférieure, il existe 4 subdivisions et cela reporté dans chacune des portions de couronnes. Une petite rosace à 6 pétales se trouve au-dessus du cadran.

◦ Dans l'**Aisne**, sur l'église **St Jean Baptiste de Vaux**, du XIIIème, dépendant du chapitre N.D. de St Jean de Laon, un disque, non pas ovale mais circulaire, saillant d'une pierre de contrefort montre bien que le cadran date de la construction de l'église (fig.4). Une ligne est gravée à gauche de la ligne verticale, deux autres proches le sont à droite mais je ne pense pas qu'on puisse interpréter leur rapprochement



comme étant le rajout fantaisiste d'une ligne. Le cadran est haut et on peut voir à Great Bricett (Suffolk) le même rapprochement de 2 lignes de l'après-midi. Je n'ai pas remarqué de verticale prolongée dans la moitié supérieure.



° Dans l'Oise, à Chavençon, Jean Negrel a découvert 2 canoniaux très différents sur la face sud du socle d'une croix Renaissance dans le cimetière entourant l'église; je le remercie d'avoir attiré mon attention et de m'avoir adressé des photos. Le plus grand cadran est circulaire avec 12 secteurs de 30° chacun (fig.5). Des trous terminent les lignes gravées sur le cercle interne de la couronne pour les 6<sup>ème</sup> et la 9<sup>ème</sup> heure du jour et de la nuit ainsi que pour le début de la 12<sup>ème</sup> heure de la nuit mais les 2 trous qui pourraient

borner l'horizontale sont situés dessous. Peut-être y a-t-il un trait cruciforme au-dessus du trou de Sexte? L'autre cadran, demi circulaire, devait être à 12 secteurs égaux. M'étant rendu sur place, ma surprise fut encore plus grande en voyant des traces de cercles pointés sur chaque autre face du socle! Je n'ai pu, pour l'instant obtenir de renseignements sur l'histoire de ce monument.

° En Charente, à Péreuil, on connaissait le canonial dont chacun des 4 secteurs est subdivisé en bout, dans une couronne, en 3 parties, pour arriver aux 12 heures (fig.6). Est-ce la séparation des Heures canoniales d'avec les heures profanes? En faisant le tour des ateliers municipaux s'appuyant sans vergogne sur la nef, j'ai découvert 2 autres canoniaux; l'un à 4 secteurs inégaux avec 3 demi cercles concentriques irrégulièrement espacés (fig.7) et l'autre, assez abimé, présentant, comme le 1<sup>er</sup>, 4 secteurs égaux subdivisés chacun en 3 dans une couronne extérieure qui, elle, est complète (fig.8).



fig 6



fig 7

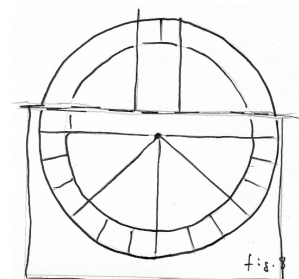


Fig 8

° En Charente Maritime, sur l'église de Machesnes de la commune de Mazerolles, en plus du canonial supposé (fig.9) et qui est bien canonial (une diago

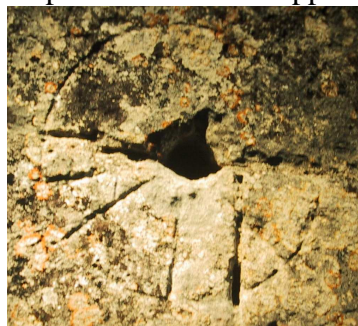


fig 9

inférieur droit, non décrite, existe bien), 3 « pseudo-cadrans » voisins étaient mentionnés, 2 avec 2 lignes, 1 avec 3; il y en a peut-être même 4 dont un sans trou central (fig.10). En fait, 3 ont bien 3 lignes; 2 d'entre eux voient leurs lignes s'écarter de 35° de la verticale, le 3<sup>ème</sup> de 45° pour la ligne du matin, de 60° pour celle de l'après-midi.

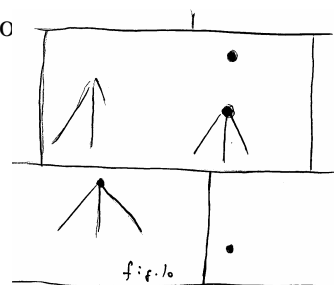
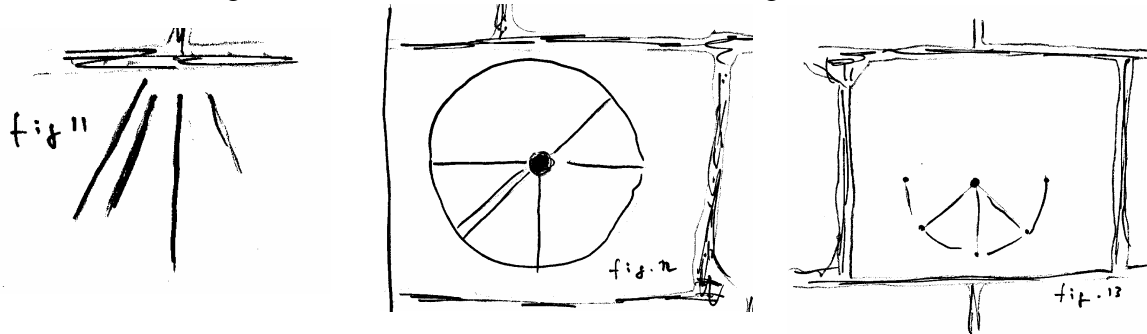
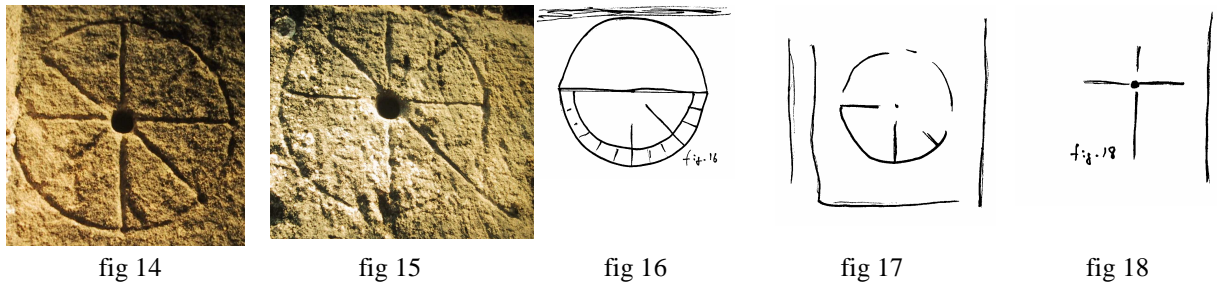


fig 10

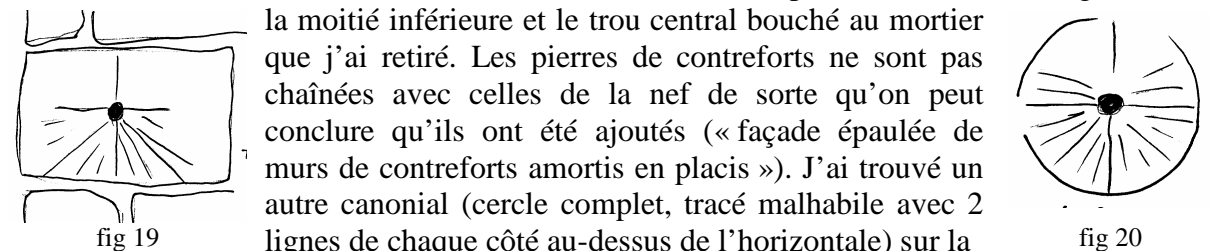
° En **Charente Maritime**, à **Montpellier de Médillan**, sur l'église St Martin du XIIème, l'inventaire portait 2 canoniaux, dont l'un, à mon avis, décrit fautivement car ne présentant pas de secteurs égaux (fig.11). J'en ai trouvé 2 autres, l'un avec la ligne du matin dédoublée dont l'une se prolonge dans le quart supérieur droit (fig.12) et l'autre présentant bien, lui, 4 secteurs égaux avec chacun un trou fin en bout de lignes non moins fines (fig.13).



° En **Charente Maritime**, sur l'église St Laurent du XIIème à **Foussignac**, se trouve un canonial déjà connu sur la nef dans l'encoignure d'un contrefort. Le cercle complet est divisé en 8 secteurs égaux; à noter que None est pointée d'un trou sur le cercle (fig.14). Un autre canonial, tout à fait identique est sur le contrefort adjacent au premier, contrefort ajouté avec report du canonial; None n'est pas pointée mais sa ligne est prolongée en dehors du cercle (fig.15). L'inventaire porte 3 autres tracés assez effacés; l'un est intéressant car, comme à Péreuil, il comporte 4 secteurs chacun étant subdivisé en 3 dans la couronne extérieure (fig.16). (Voir fig.17 et fig.18 pour les 2 autres).

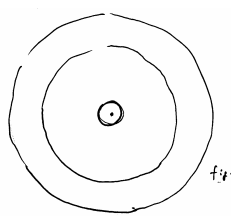


° En **Charente**, à **Dignac** sur l'église St Cybard du XIIème, l'inventaire mentionnait un canonial sur l'un des contreforts (fig.19). Le cercle est complet avec 12 secteurs égaux dans la moitié inférieure et le trou central bouché au mortier que j'ai retiré. Les pierres de contreforts ne sont pas chaînées avec celles de la nef de sorte qu'on peut conclure qu'ils ont été ajoutés (« façade épaulée de murs de contreforts amortis en placis »). J'ai trouvé un autre canonial (cercle complet, tracé malhabile avec 2 lignes de chaque côté au-dessus de l'horizontale) sur la



nef (fig.20) ; on peut penser qu'il fut premier, l'ajout des contreforts lui faisant ombrage, comme à Foussignac, on en traça alors la réplique sur un contrefort. Les 2 cadrans semblent avoir la verticale prolongée dans la moitié supérieure du cercle.

° En **Dordogne**, sur l'église de **Vieux Mareuil**, sur un contrefort d'angle, à hauteur des yeux, j'ai trouvé des traces de 3 cercles concentriques autour d'un centre finement pointé, sans trace de lignes horaires (fig.21). Etaient-elles tracées à la peinture ou à la craie selon les saisons et le style tenu à la main ?



◀ fig 21

° Je remercie Mr. Jean Pierre de m'avoir fait connaître et envoyé des photos du curieux canonial sur la chapelle N.D. du prieuré de **Clermont** près d'Apt dans le **Var** (fig.22). La chapelle aurait été consacrée par le pape Urbain II lors de son passage en août 1096. Le château de « Cleromonte » existait déjà en 1041 et appartenait aux évêques d'Apt. Selon Guy

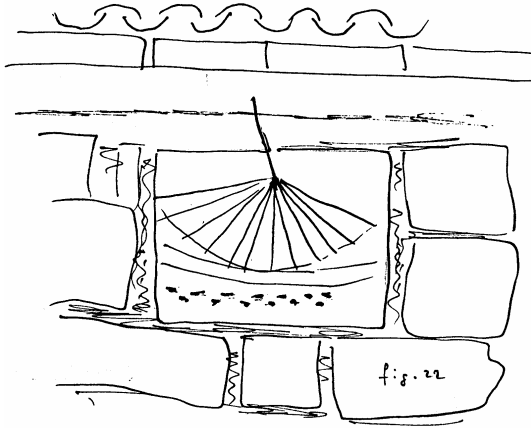


Figure 22

Barruol ( archéologue, directeur de recherches au C.N.R.S. et auteur de Provence Romane t.2, La Haute Provence éd. Zodiaque, La Nuit des Temps p.80), si la première construction date de la 2<sup>ème</sup> moitié du XI<sup>ème</sup>, le petit porche qui présente un cadran solaire est plus tardif mais de tradition romane. Ce fut depuis toujours un prieuré séculier. Pourquoi 11 secteurs seulement n'occupent-ils que 150° d'arc du cercle ? La partie inférieure porte un décor de billettes que ne comportent pas les pierres adjacentes; il s'agit très probablement du réemploi d'une pierre décorative.

Monsieur G.Barruol a trouvé beaucoup de canoniaux sur les églises de Provence et du Languedoc et veut écrire à leur sujet un petit ouvrage architectural et historique.

° A **St.Sigismond de Clermont en Charente**, j'ai pu voir le canonial de l'abbaye bénédictine dont il ne reste plus que l'église ruinée en partie, au lieu-dit « La Tenaille » (fig.23). A 7m de hauteur environ, sur un contrefort, est un disque saillant d'environ 0,6m de diamètre et orienté; ce disque fait partie d'une grosse pierre d'angle carrée. Les 12 secteurs égaux de la moitié inférieure ont une rotation de 7°5 environ dans le sens horloge et certains secteurs sont subdivisés par un trait comme les 2<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>, 8<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> secteurs, pas toujours situé au milieu du secteur et par 2 traits dans le 3<sup>ème</sup> secteur, chaque trait étant terminé à son extrémité proximale par un trou. Le début de la 10<sup>ème</sup> heure nocturne est marquée d'une ligne dans le quart supérieur gauche.



fig 23

D'autres curiosités encore intriguent à «La Tenaille» et feront l'objet d'une étude ultérieure à la lumière d'un article de Mario Arnaldi sur le cadran de l'abbaye d'Acquafredda.



## Jouets astronomiques

Par Joseph Theubet

*Depuis 1977, la grande esplanade de l'Ecole d'ingénieurs (Fachhochschule beider Basel, FHBB) à la Gründenstrasse à Muttenz vaut le détour. Des « Jouets astronomiques » sont le résultat d'un travail pluridisciplinaire et sont exécutés par des doctorants, assistants, étudiants et artisans de l'école. Il aura fallu plus de deux ans pour élaborer le projet et réaliser ces « jouets » qui ont une valeur informative et didactique: Fontaine lunaire et cadrans solaires de Muttenz (CH-Bâle-Campagne)\**



L'idée de l'ensemble a été développée par Rudolf W. Lauri, doctorant en mathématique, qui en a également fait les nombreux et complexes calculs. Le responsable du projet, de la logistique et de la coordination est de Rudolf Suter. Les subtilités de la construction ont en général été réglées par H. Schnider et R. Hafen. Des doctorants et étudiants de tous les départements y ont apporté leur contribution.

### *La fontaine lunaire*

La fontaine lunaire est jusqu'ici l'unique installation mécanique qui permette de voir à n'importe quelle heure les phases exactes de la lune, que l'astre soit visible ou non. Le principe de base est à la fois très simple et génial : deux fontaines cylindriques ont un intérieur profilé de telle sorte que, quel que soit le niveau de l'eau, la surface de celle-ci restitue exactement l'image de la lune du moment. Un des bassins est destiné à la lune croissante, l'autre à la lune décroissante. Les deux bassins sont vides à la nouvelle lune. Si le bassin de la lune croissante est plein d'eau, c'est que la phase de la pleine lune est atteinte. Rapidement alors, le bassin se vide et remplit presque entièrement celui destiné à la lune décroissante dont la surface dessine un cercle quasi parfait. Durant les jours qui suivent, ce bassin se vide doucement et l'eau qui s'y trouve restitue l'image de la lune décroissant régulièrement. Quand le bassin est complètement vidé (nouvelle lune), c'est l'autre, celui de la lune croissante qui recommence à se remplir doucement.

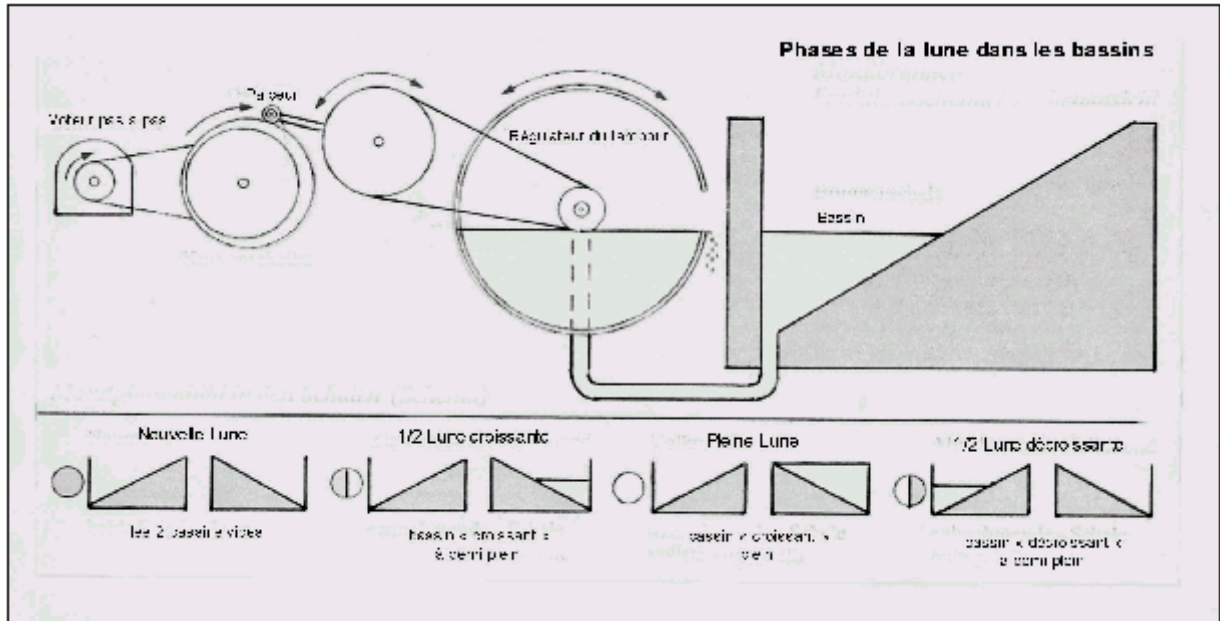


Le niveau de l'eau est réglé par un vase communicant. Celui-ci est un tambour disposé sur un axe horizontal ouvert longitudinalement d'une fente faisant office de trop-plein. C'est la position de ce trop-plein qui détermine le niveau d'eau des bassins. La rotation du cylindre régulateur est assurée par une transmission, elle-même commandée par un palpeur actionné par une came. La circonférence de la came correspond à un mois lunaire. Sa rotation est commandée par un moteur électrique " pas à pas " qui exécute un tour sur son axe en une lunaison.



Cependant, le cycle lunaire étant irrégulier, la même came ne peut être réutilisée. Ces variations sont calculées selon la formule de Brown. Par conséquent, pour les 50 ans à venir, une came adaptée à chaque mois lunaire a dû être conçue. Une astuce mécanique en fuseau fait, qu'après un tour complet de la came, le palpeur déclenche un avancement vers la suivante et grâce à une autre astuce mécanique, des soupapes s'ouvrent et permettent le remplissage ou la vidange des bassins.

Le régulateur de tambour, le cylindre contenant les comes, le moteur "pas à pas", le palpeur, les soupapes et tout le mécanisme de transmission sont disposés à l'intérieur d'une boîte de pilotage cubique munie d'une fenêtre vitrée.



### Les cadrans solaires



A proximité de la fontaine lunaire sont installés trois cadrans solaires horizontaux dont la lecture est particulièrement précise.

Une première table présente un cadran de type Foster-Lambert, qui n'avait jusqu'ici jamais été réalisé. Il s'agit d'une couronne mobile horizontale sur laquelle les intervalles entre les heures sont absolument égaux. La lecture de l'heure légale se fait sans correction et avec une précision d'une demi minute. Selon la saison il est nécessaire de tourner la couronne sur son axe et

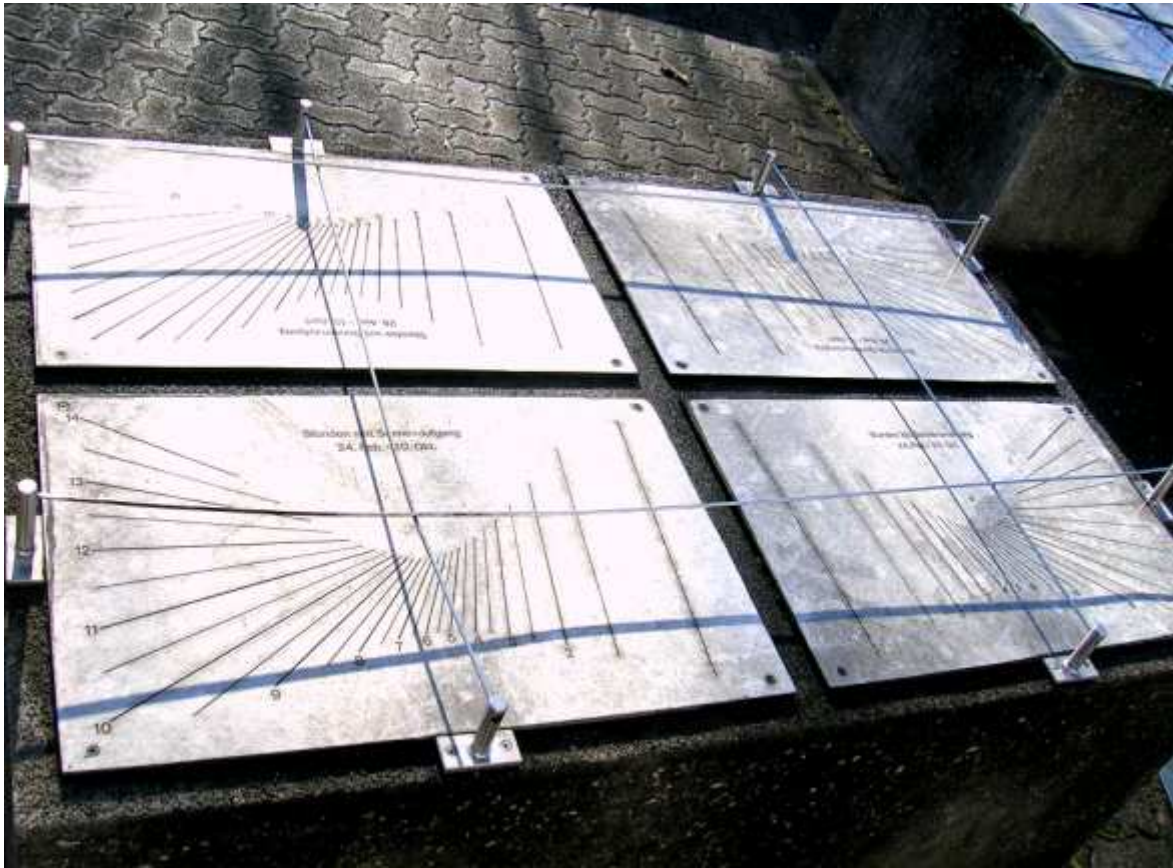
d'ajuster légèrement le style en direction nord-sud.

La seconde table est faite de quatre cadrans horizontaux bifilaires donnant les heures babyloniennes et italiennes.

La troisième table est faite de quatre cadrans indiquant les heures sidérales. On déplorera que les styles aient été malmenés par l'activité débordante des étudiants...

L'ensemble présente une très intéressante association: la fontaine lunaire et les cadrans solaires nous renseignent instantanément sur la marche des deux astres.

L'esplanade de l'École d'ingénieurs n'aurait pu trouver une animation plus judicieuse et plus belle, d'autant plus que les formes des divers éléments et l'emplacement choisi la valorisent esthétiquement.



Pour précisions supplémentaires: « Google » : *Muttenz, Sonnenuhren*, puis si nécessaire « traduire la page ».

\* Traduction de M. Theubet, collaboration J-M. Ansel, d'après le texte allemand de Rudolf Suter

\*\*\*\*\*

## Des cadrans dans le monde ...



Photos de M.N.Bouilloux

*Un cadran solaire sur le bas relief du théâtre de Sabratha en Lybie.*





## Les styles de Zarbula...

Par Michel Ugon

L'article paru dans Cadran Info N°12 intitulé « Cadrans de Zarbula » par A. Ferreira soulève en réalité la question de savoir quelle méthode G. F. Zarbula utilisait pour construire les styles de ses célèbres cadrans. En effet, si cet article reprend largement la méthode trouvée par Paul Gagnaire pour la construction des lignes horaires, il tente aussi d'explorer une zone encore inconnue. Nous revenons ici sur le sujet en analysant la méthode décrite et en la confrontant à la réalité.

«C'est une partie si essentielle, que si l'axe n'est pas bien précisément parallèle à l'axe du Monde ou de la Terre, tout le cadran sera faux» *Bedos de Celles*

### PREMIERE PARTIE : L'ENIGME

#### 1 – Question de jambe :

Réalisons tout d'abord une épure conforme à l'article cité, en choisissant volontairement un cadran réel, celui que Zarbula a réalisé aux Escoyères près d'Arvieux qui possède un angle tabulaire de la sous-styloire voisin de  $-12^\circ$ . Notons que ce cadran est encore d'une bonne précision, puisqu'il donnait l'heure solaire locale avec une erreur inférieure à 5 minutes, il y a plus de quinze ans. La figure 1 illustre ce cas :

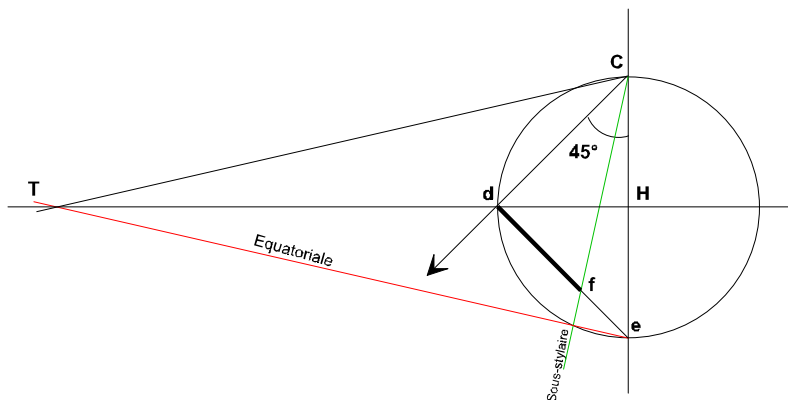


Figure 1

Conformément à la construction décrite, on aurait :

- C : pied du style polaire définitif (c'est le centre habituel du cadran)
- eCf : angle tabulaire de la sous-styloire, ici  $-12^\circ$  ( $>0$  dans le sens trigonométrique)
- f : position du pied du style droit définitif ; fd : hauteur de ce style droit définitif

Donc l'angle fCd =  $45^\circ - eCf = 33^\circ$ .

On peut alors se poser les questions suivantes :

- 1- Cet angle fCd est-il vraiment l'angle aérien du style ?
- 2- L'équatoriale passe-t-elle par le point f ?
- 3- La hauteur du style droit est-elle vraiment donnée par fd ?

Pour avoir la réponse à ces questions, calculons tout d'abord la déclinaison gnomonique D du mur vertical qui est telle que:

$$\sin D = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} S' \quad (1)$$

où  $\varphi$  est la latitude du lieu et  $S'$  l'angle tabulaire de la sous-stylaire (ici eCf), donc

$$\sin D = \operatorname{tg} 45^\circ \cdot \operatorname{tg} (-12^\circ)$$

Ce qui donne  $D = -12^\circ 16' 19'' \cong -12^\circ 16'$  (ou encore  $-12^\circ,272$  en degrés décimaux). Rappelons ici que  $D$  est négatif à l'Est.

Calculons maintenant l'angle entre le style polaire et la sous-stylaire par la formule connue

$$\sin \underline{f} = -\cos \varphi \cdot \cos D \quad (2)$$

Ne pas confondre ici, le point  $f$  avec l'angle aérien  $\underline{f}$  du style. (On trouvera ces formules notamment dans le livre « La Gnomonique » de D. Savoie, pages 116 et 117.)

Si la construction proposée était bonne, cet angle devrait être égal à  $33^\circ$ .

Or le résultat est  $|\underline{f}| = 43^\circ 42' 18'' \cong \underline{43^\circ 42'}$

L'angle aérien du style polaire n'est donc pas égal à  $33^\circ$  ! ce qui veut dire plusieurs choses :

1. fCd n'est pas l'angle en C du triangle stylaire.
2. L'équatoriale ne passe pas par le point  $f$  (mais par un point beaucoup plus bas sur la sous-stylaire)
3. La hauteur du style droit n'est pas égale à  $df$

**Alors ...où sont les erreurs ?** Comme on va le voir, les réponses se trouvent dans un document connu.

## 2 – La solution

Nous partons du document qui s'intitule... : « L'Equerre et l'Oiseau » de Paul Gagnaire (voir dernière page de l'article). On examinera plus spécialement dans ce document :

- le schéma classique n°5 qui montre la construction du système stylaire par deux rabattements : l'un autour de la verticale CQ, l'autre autour de l'horizontale TH.
- le schéma n°9 qui vient de Pierre Dallet mais qui se retrouve dans beaucoup d'autres traités. Il y a toujours deux rabattements essentiels : l'un autour de la verticale CQ et l'autre autour de la sous-stylaire CP.

Ce schéma n°9 appliqué au cadran des Escoyères donne la figure 2:

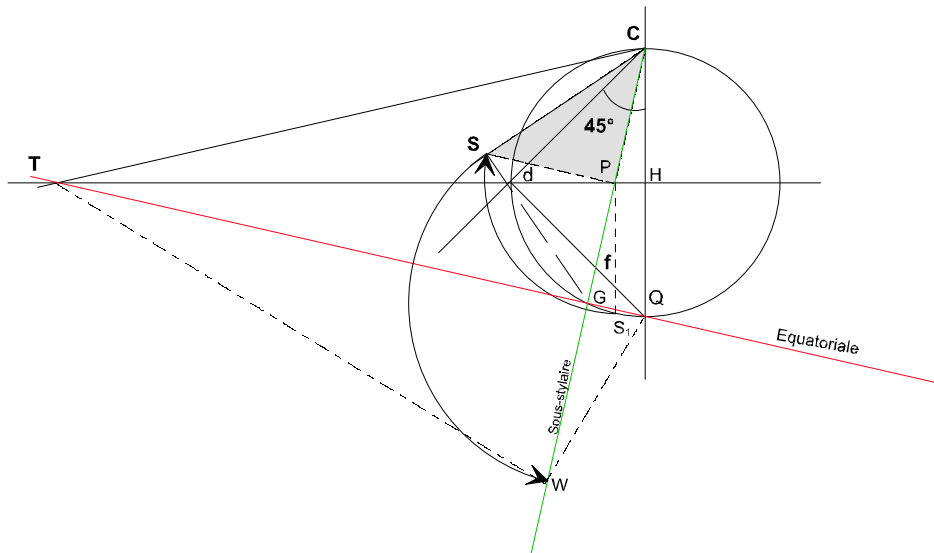


Figure 2

Dans cette figure, il faut considérer les deux rabattements ci-dessus : Le premier autour de la ligne verticale (de midi), et le second autour de la sous-stylaire. Nous reprendrons ici les notations de P.Gagnaire pour éviter les confusions :

- H est le point de concours entre la verticale passant par C et l'horizontale.
- Le point « e » de l'article sera renommé en Q.
- G est l'intersection de la sous-styloire avec l'équatoriale
- P est le pied du style droit

Cd est naturellement le style polaire rabattu autour de CH, c'est donc CH qui sert de « charnière » avec les deux points fixes C et H. Cd est égal à la longueur du style polaire.

Par contre, le point S, qui est le sommet du style droit rabattu cette fois autour de la sous-styloire CP, se trouve bien sur la perpendiculaire à cette sous-styloire élevée depuis P, mais il doit aussi se trouver à une distance de C égale à Cd, donc sur le cercle de centre C et de rayon Cd.

Le triangle styloire est donc CPS, en grisé sur la figure.

Si l'on n'est pas convaincu, on pourra s'assurer que cette construction est exacte :

- en vérifiant que S est bien sur le cercle de centre P et de rayon  $PS_1$  (car S doit être l'image du sommet du style droit, dans le rabattement autour de CP)
- et en vérifiant aussi que G, point de concours de l'équatoriale et de la sous-styloire est bien sur la perpendiculaire à CS.
- que l'angle aérien du style est égal à 44° environ, ce qui est (heureusement) conforme au calcul

Le lecteur pourra refaire la construction pour d'autres cadrans de Zarbula, notamment plus déclinaux. L'écart est encore plus grand....

Conclusion : **L'image du triangle styloire est donc CPS** (et non pas fCd). Comme les cadrans de Zarbula sont assez précis, il est très probable qu'il connaissait une autre méthode pour construire les styles, mais laquelle ?

### **3 – L'énigme Zarbula**

C'est alors que l'on doit se demander quelle construction utilisait réellement Zarbula pour déterminer ses systèmes styloires. C'est notamment la question que l'on se pose, lorsque l'on examine ce cadran des Escoyères qui comporte encore des tracés bien visibles et qui garde une précision l'ordre de quelques minutes !. Quand on sait que la précision d'un cadran dépend beaucoup de la pose du style polaire, on ne peut être qu'admiratif.

Mais, pour poser son style, Zarbula aurait-il néanmoins utilisé la méthode précédente ? (ou une méthode similaire ?)

Pour avoir la réponse à cette question, faisons tout d'abord la remarque suivante :

La construction de la sous-styloire à l'aide des cercles hindous est parfaite : c'est à dire que l'angle tabulaire  $S'$ , observé sur les cadrans, tient implicitement compte de la déclinaison gnomonique du mur, mais aussi de la latitude réelle du lieu. En effet, dans cette construction

$$\text{Tg } S' = \sin D / \text{tg } \varphi$$

$\varphi$  étant la latitude réelle donc, en général, différente de 45°

On imagine donc Zarbula devant son mur. Il a tracé une verticale, la sous-styloire exacte et le cercle centré sur la ligne XII. En partant de l'article de Cadran-Info N°12, on peut faire deux hypothèses :

Hypothèse 1 : Supposons que Zarbula ait construit son triangle styloire suivant fCd. Cela signifie que la jambe d'appui donnerait un angle de 33° entre le style et la sous-styloire (Figure 3).

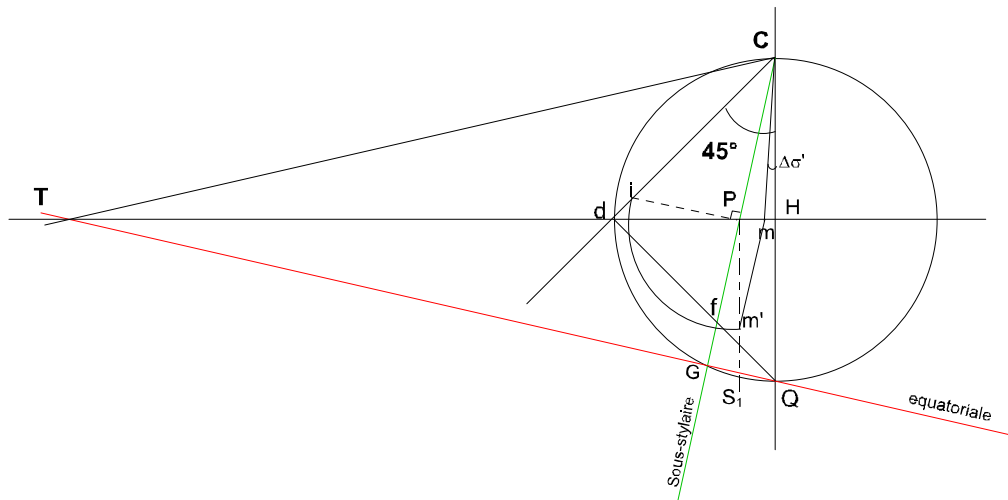


Figure 3

La longueur de cette jambe n'étant pas la bonne, le style n'est plus polaire et cela entraîne une rotation de la ligne de midi autour de C. Cette ligne ne serait donc plus verticale, mais tournée d'un angle  $\Delta\sigma'$ . La figure 3 montre l'angle dCP sous lequel on voit un style droit Pi depuis C. Cette « jambe » rabattue sur le plan horizontal est le segment Pm' sur l'image du style polaire PS<sub>1</sub>. La parallèle à S<sub>1</sub>H passant par m', coupe l'horizontale au point m. L'angle  $\Delta\sigma'$  cherché est mCH. En effet, le segment Pm' joue le rôle d'un style droit et m'm venant du sud, est la trace horizontale du plan méridien passant par la tête de ce style. L'ombre du style à midi est donc Cm, au lieu de CH. Evaluons cet angle mCH :

$$\text{tg}\Delta\sigma' = \text{Hm}/\text{HC} = (\text{HP} - \text{mP})/\text{CP} \cdot \cos S' = [\sin S' - \text{ctg}(\varphi + |S'|) \cdot \text{tgD}] / \cos S' \quad (4)$$

Dans notre cas  $S' = -12^\circ$ ,  $\varphi = 45^\circ$  et  $D = -12^\circ 16'$ , cela donne  $\Delta\sigma' \cong -4^\circ$   
 Or sur le cadran des Escoyères, cet angle correspond à une rotation horaire de la ligne de midi de .....**23 minutes** environ !

Vu la précision des cadrans de Zarbula, il est déjà presque sûr qu'il n'a pas utilisé cette méthode.

Pour en être absolument sûr, on peut aussi considérer un cadran plus déclinant comme celui du Raux à St Véran qui possède une déclinaison gnomonique de  $+47^\circ$  environ. Cette fois le résultat est :

$$\Delta\sigma' \cong 29^\circ \text{ soit plus de } \mathbf{2 \text{ heures d'écart}} \text{ sur le cadran!}$$

*Remarque : ces écarts correspondent à l'erreur sur l'angle tabulaire à midi, c'est à dire celui qui est lu sur le cadran. Il ne faut pas confondre cet écart avec l'erreur d'angle horaire fautif  $\Delta H$  dû à la mauvaise orientation du style. Cet angle horaire fautif au solstice d'hiver serait de 17 minutes environ sur le cadran des Escoyères et de 141 minutes pour celui du Raux. Bien entendu, les ordres de grandeur sont les mêmes et l'on voit que ces résultats confirment aussi nos conclusions. (Voir calculs en Annexe)*

On peut donc affirmer que Zarbula n'a sûrement pas utilisé cette méthode.

Hypothèse 2 :

Supposons maintenant que Zarbula ait considéré que son style droit devait avoir une hauteur égale au segment fd. Cette fois, (voir annexe) on trouve :

$$\text{tg}\Delta\sigma' = \text{tg} S' - \text{ctg}(\varphi + |S'|) \cdot \text{tgD} / \sin\varphi \quad (5)$$

Pour le cadran des Escoyères qui est peu déclinant, le décalage angulaire  $\Delta\sigma'$  de la ligne de midi est égal à 54' seulement.

Ce résultat peut sembler troublant, mais... comme l'angle  $S'$  de  $-12^\circ$  entraîne pratiquement l'égalité entre  $fd$  et  $PS_1$ , nous sommes proche d'un cas très particulier. Le calcul de cette coïncidence donne en effet  $10^\circ,34$  (voir annexe). En contrôlant cette méthode sur un autre cadran plus déclinant, comme, par exemple celui du Raux, on trouve:

$\Delta\sigma' \cong 27^\circ$  ce qui correspond à un écart de lecture de **plus de deux heures !**

Tous les résultats qui précèdent sont confirmés lorsque l'on applique les hypothèses ci-dessus sur différents cadrans réalisés par Zarbula. Le tableau ci-après donne quelques résultats significatifs, en prenant  $\varphi = 45^\circ$  pour les calculs d'erreurs : Tous les écarts obtenus (en minutes) sont incompatibles avec la précision observée.

| Cadran             | latitude réelle | D     | S'     | $\Delta\sigma'$ (hyp 1) | $\Delta\sigma'$ (hyp 2) | $\Delta H$ fautif |
|--------------------|-----------------|-------|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| Briançon St Blaise | 44,89           | 29,5  | 26,30  | 15,53                   | 12,42                   | 73,2              |
| Château-Queyras    | 44,76           | -16,4 | -15,89 | -6,34                   | -2,83                   | -28,5             |
| Les Escoyères      | 44,71           | -12,5 | -12,33 | -4,02                   | -0,83                   | -17,7             |
| La Vachette        | 44,915          | -42,5 | -34,12 | -24,77                  | -23,01                  | -122,4            |
| Le Raux            | 44,70           | 47,5  | 36,69  | 28,02                   | 26,74                   | 141,3             |
| Les Tancs          | 44,49           | -35   | -30,28 | -19,54                  | -16,97                  | -93,8             |
| Valloire           | 45,17           | 20    | 18,78  | 8,72                    | 5,12                    | 39,7              |
| Vallouise          | 44,84           | -50,5 | -37,81 | 30,09                   | -29,86                  | -152,5            |

On remarquera que, dans ce tableau, figurent les cadrans de Valloire et des Tancs. Celui de Valloire est, à notre connaissance, le plus septentrional et celui des Tancs le plus méridional qu'ait réalisé Zarbula.

### **Conclusion : Zarbula n'a donc utilisé aucune des méthodes précédentes**

Par contre on peut affirmer qu'il a utilisé une méthode juste, car une précision de quelques minutes atteinte systématiquement sur tous ses cadrans ne peut être obtenue par hasard. Comme il est également sûr que Zarbula ne connaissait pas la trigonométrie sphérique et qu'il n'avait ni ordinateur, ni GPS... On peut, pour l'instant en conclure que Zarbula était non seulement un bon artisan et un bon artiste, **c'était aussi un très bon géomètre.**

### **4 – Sur les traces de Zarbula**

On peut alors émettre l'hypothèse que Zarbula utilisait la méthode illustrée par la figure 2, ou une méthode similaire pour construire un triangle stylaire tel que CSP. En effet, plusieurs ouvrages connus bien avant lui, mentionnent cette technique. Zarbula les avait-il lus ? Avait-il reçu leur enseignement au long de son apprentissage ?

Si cette hypothèse s'avérait, on devrait en trouver les preuves dans les tracés subsistant, comme l'un des deux segments CS ou SG qui sont les rabattements du style autour de la sous-styloire.

Or nous savons, notamment grâce aux travaux de Paul Gagnaire, que le point G (intersection de la sous-styloire avec l'équatoriale) était obtenu à l'intersection du cercle de diamètre CQ avec cette sous-styloire, ou, ce qui revient au même, en menant la perpendiculaire à la sous-styloire passant par Q.

Par ailleurs, en observant toutes les constructions encore visibles des cadrans de Zarbula, on ne trouve pratiquement aucune trace similaire à la figure 2, ni CS, ni semble-t-il, aucune trace du point S.

Il est donc très peu probable que Zarbula ait utilisé ce type de construction.

**Mais quelle méthode utilisait-il donc pour construire des systèmes stylaire aussi précis?**

Nous pouvons émettre bien des hypothèses, mais ayant quelques idées là dessus...il nous a fallu aller d'abord les vérifier sur place, car à notre connaissance, personne n'a trouvé jusqu'à présent.

L'énigme subsiste donc encore sur ce point, à la fin de cette première partie de la présente étude. La suite de cette captivante enquête dans la deuxième partie des « Styles de Zarbula ».

## ANNEXE 1

### A1-1 : Formules de la sous-stylaire

A1-1-1 - L'angle tabulaire  $S'$  de la sous-stylaire d'un cadran vertical est donné par

$$\operatorname{tg} S' = \sin D / \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{A1-1})$$

Une démonstration simple s'appuie sur le schéma n°5 de « l'Equerre et l'oiseau », en changeant la lettre  $S'$  par  $\gamma$  pour éviter les confusions.

Dans le triangle CVH :  $\operatorname{tg} S' = \text{VH}/\text{CV}$  avec:

$$\text{VH} = \text{VS} \cdot \sin D \text{ dans le triangle VHS et } \text{CV} = \text{V}\gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi \text{ dans le triangle CV}\gamma$$

$$\text{Or } \text{VS} = \text{V}\gamma \text{ d'où } \operatorname{tg} S' = \sin D / \operatorname{tg} \varphi \quad \text{c.q.f.d}$$

A1-1-2 : angle  $\underline{f}$

Ici  $\underline{f}$  est traditionnellement l'angle entre la sous-stylaire et le style. On a

$$\sin \underline{f} = \text{HS}/\text{C}\gamma \quad \text{et} \quad \text{C}\gamma \text{ le style polaire}$$

$$\text{HS} = \text{VS} \sin D \quad \text{et} \quad \text{C}\gamma = \text{V}\gamma / \cos \varphi \quad \text{d'où } \sin \underline{f} = - \cos D \cdot \cos \varphi \quad (\text{A1-2})$$

*Le signe – provient des conventions prises pour D et  $\varphi$  (D est <0 à l'Est et  $\varphi$  >0 au Nord)*

### A1-2 : Erreur due à la variation de hauteur du style droit :

Nous avons déjà établi que la variation de l'angle aérien du style se traduit par une rotation de la ligne de midi autour de C, car le style n'est plus polaire.

Dans l'hypothèse 1, l'angle stylaire au point C est conservé et l'on a montré que dans ce cas, le raccourcissement du style conduit à une variation de l'angle tabulaire  $\Delta\sigma'$  donnée par

$$\operatorname{Tg} \Delta\sigma' = \text{Hm}/\text{HC} = (\text{HP} - \text{mP}) / \text{CP} \cdot \cos S' = [\sin S' - \operatorname{ctg}(\varphi + |S'|) \cdot \operatorname{tg} D] / \cos S' \quad (\text{A1-4})$$

Rappelons que  $S' > 0$  dans le sens trigonométrique, et  $\varphi > 0$  (hémisphère Nord)

Dans l'hypothèse 2, c'est la hauteur du style droit qui est donnée par le segment fd. On aurait donc:

$$\text{fd} = \text{Cd} \cdot \operatorname{ctg}(\varphi + |S'|) \quad \text{et} \quad \operatorname{tg} \Delta\sigma' = \text{Hm}/\text{HC} = (\text{HP} - \text{mP}) / \text{CP} \cdot \cos S' \quad (\text{A1-5})$$

avec  $\text{mP} = \text{Pm}' \cdot \operatorname{tg} D = \text{fd} \cdot \operatorname{tg} D = \text{Cd} \cdot \operatorname{ctg}(\varphi + |S'|) \cdot \operatorname{tg} D$

Or Cd est égal à la longueur du style polaire :

$$\text{Cd} = \text{CH} / \sin \varphi = \text{CP} \cdot \cos S' / \sin \varphi \quad \text{Ce qui donne}$$

$$\text{mP} = \text{CP} \cdot \cos S' \cdot \operatorname{ctg}(\varphi + |S'|) \cdot \operatorname{tg} D / \sin \varphi \quad \text{donc en reportant dans (A1-5) :$$

$$\operatorname{tg} \Delta\sigma' = \operatorname{tg} S' - \operatorname{ctg}(\varphi + |S'|) \cdot \operatorname{tg} D / \sin \varphi \quad (\text{A1-6})$$

On vérifie au passage que:

- Lorsque  $S' = \pi/4$  on a bien  $\Delta\sigma' = S'$ . La ligne de midi est confondue avec la sous-stylaire, car, dans ce cas, le style serait « collé » sur un mur occidental.
- Lorsque l'angle dCf est égal à  $\underline{f}$ , on a bien  $\Delta\sigma' = 0$ . Cas où la ligne de midi est correcte.

### A1-3 – Cas particulier : condition pour avoir la hauteur du style droit = fd

Il faut que l'on ait d'après (A1-5) pour  $S' > 0$

$$\operatorname{Tg} \Delta\sigma' = 0 \text{ soit } \operatorname{tg} S' = \operatorname{ctg}(\varphi + S') \cdot \operatorname{tg} D / \sin \varphi \text{ avec } \operatorname{tg} S' = \sin D / \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{A1-7})$$

pour  $\varphi = \pi/4$ , il vient:

$$\operatorname{tg} S' = \operatorname{ctg}(\pi/4 + S') \cdot \operatorname{tg} D / \sin \pi/4 \quad \text{soit} \quad \operatorname{tg} S' \cdot (1 + \operatorname{tg} S') = (1 - \operatorname{tg} S') \cdot \operatorname{tg} D / \sin \pi/4$$



en tenant compte de (A1-7) et en élevant chaque membre au carré, il vient:

$$2(1 - \sin D) = (1 + \sin D)^3$$

La résolution de cette équation donne  $D = 10^{\circ},34$  soit  $S' = 10^{\circ},175$

Cette valeur se retrouve bien dans la figure correspondante et en vérifiant que :  $fd = PS_1$ . Elle explique, en particulier, pourquoi, le cadran des Escoyères ( $S' \cong 12^{\circ}$ ) donne une rotation faible de la ligne de midi dans le cas de l'hypothèse n°2.

#### A1-4 – Calcul de l'angle horaire fautif sur un cadran vertical

Pour un cadran vertical, cet angle horaire fautif est égal à  $F+S$  tel que  
 $Tg F = (\sin \theta - A \operatorname{ctg} f' \sin \Delta S') / \sin f (B + A \operatorname{ctg} f' \cos \Delta S')$  avec (A1-8)  
 $\Delta S'$  décalage tabulaire du style par rapport à la sous-stylaire

$$\sin f = -\cos \varphi \cos D ; \operatorname{tg} S = \operatorname{tg} D / \sin \varphi ; \theta = H - S$$

$$A = \sin f \operatorname{tg} \delta + \cos f \cos \theta ; B = \sin f \cos \theta - \operatorname{tg} \delta \cos f ; f' = f \pm \Delta f$$

*On trouvera ces expressions dans "La Gnomonique" de D.Savoie page 326*

Ici  $\Delta S' = 0$  car le style est bien orienté sur la sous-stylaire, mais son angle aérien  $f$  est erroné.

On a donc les données suivantes pour le cadran du Raux au solstice d'hiver:

$$\varphi = 45^{\circ} ; D = 47,5^{\circ} ; \delta = -23^{\circ},44$$

$$\text{On en déduit que pour } H = 0 \text{ (midi) : } S = 57^{\circ},059 ; S' = 36^{\circ},4 ; f = -28^{\circ},536$$

L'hypothèse 1 entraîne  $\Delta f = -19^{\circ},936 ; F = -21^{\circ},731$  Et donc  $\Delta H \cong 141'$

## **DEUXIEME PARTIE : Le Compas, l'Equerre et l'Oiseau**

### **1 – Les données du problème**

En tenant compte de la 1<sup>ère</sup> partie, et de l'observation des cadrans de Zarbula, vous pouvez faire la liste des constats qui vont servir de point de départ à votre analyse :

- 1-1 Les verticales sont justes.(tracées au fil à plomb)
- 1-2 Les sous-stylaires sont justes.(méthode des cercles hindous)
- 1-3 Les styles sont correctement positionnés lors de la construction
- 1-4 La nature et l'orientation des jambes d'appui des styles sont variables : chevrons, tiges perpendiculaires à la table, au style, obliques ou inexistantes.
- 1-5 La précision observée sur les cadrans est meilleure que 5 minutes. (compte tenu de l'Equation du temps, de la longitude et, si nécessaire, d'un repositionnement théorique du style dans sa position d'origine)

De plus, « L'Equerre et l'Oiseau » de Paul Gagnaire vous enseigne que :

- 1-6 L'éventail horaire se fonde sur une latitude de  $45^{\circ}$ .
- 1-7 L'équatoriale est toujours présente, mais jamais en tant que courbe de date :  
*« L'horizon et l'équinoxiale ne fonctionnent jamais... car le style polaire est toujours beaucoup trop long et sa longueur n'est jamais fractionnée à la mesure utile par une boule, un œilleton, une barrette, une encoche ou tout autre artifice... à l'extrême rigueur (...) nous ferons une réserve pour le cadran des Orres (Le Melezet) »*
- 1-8 Présence d'un cercle ou d'un arc centré sur un point de la sous-stylaire
- 1-9 Les cadrans de Zarbula ont été réalisés entre 1832 et 1872, ils sont très souvent décorés de l'Equerre et du Compas emblématiques

### **2 – La précision**

Comme vous êtes frappé par la précision des cadrans, précision qui dépend beaucoup du positionnement du style, vous pensez alors que la méthode employée doit être-elle aussi, très précise.

La connaissance du niveau de précision atteint doit donc être une information intéressante pour vous orienter vers l'une ou l'autre de ces méthodes.

Vous savez que les erreurs engendrées par un mauvais positionnement du style sont maximales aux solstices, donc vous calculez les angles fautifs de styles qui correspondent à l'écart horaire de 5 minutes observé sur des cadrans de ce Piémontais énigmatique. Au solstice d'hiver (déclinaison solaire  $\delta = -23^{\circ}.44$ ), cela vous donne les résultats suivants :

| Cadran             | Angle fautif de style | Cadran    | Angle fautif de style |
|--------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| Briançon St Blaise | 1°3                   | Le Raux   | 1°                    |
| Château-Queyras    | 1°4                   | Les Tancs | 1°2                   |
| Les Escoyères      | 1°5                   | Valloire  | 1°5                   |
| La Vachette        | 1°1                   | Vallouise | 0°9                   |

Ceci confirme la règle pratique connue des gnomonistes : une précision d'une minute de temps exige une précision de  $\frac{1}{4}$  de degré environ.

Vous êtes maintenant en 1832 en haut d'une échelle. Essayez alors de sceller une tige dans le mur avec une précision angulaire inférieure à  $1^{\circ}$ , et vous mesurerez la performance!

En effet, pour un style de 80 cm vous avez une marge de 12mm à l'extrémité, à condition de ne vous soucier ni de l'équatoriale ni des courbes de dates. Il vous suffit pour cela de bien positionner ce style sur la sous-stylaire avec le bon angle.

Si vous relisez alors la donnée 1-7 ci-dessus, vous comprenez que Zarbula n'a pas besoin de se fixer une longueur de style dont l'ombre de l'extrémité indiquerait la date. Ceci explique sans doute pourquoi il n'a jamais construit un triangle stylaire semblable à CPS en utilisant une construction conforme à la figure 2 (voir 1<sup>ère</sup> partie).

#### 4- Zarbula trace-t-il ses styles sur les murs ?

Autrement dit : existe-t-il des vestiges de tracés de construction des styles ? Si aucun vestige n'existe, vous conviendrez qu'il vous est très difficile de vous faire une opinion. Par contre, si vous pouviez mettre en évidence que des vestiges existent, alors vous tiendriez le début d'un secret.

Mais où seraient-ces vestiges ? et de quelle nature seraient-ils? Vous vous demandez alors dans quel ordre Zarbula procédait. Il est clair que la première opération consistait à tracer la sous-stylaire sans laquelle rien n'est possible. Cette opération étant la plus ancienne disparaît sous les tracés successifs qui se superposent comme des couches géologiques. Quant à l'éventail horaire construit à l'aide du cercle diviseur (image du cercle équatorial auxiliaire), il fut construit en dernier, car les tracés correspondants sont encore apparents sur bien des cadrans.

Donc s'ils existent, les tracés relatifs au style sont probablement très atténués ou ont tout simplement disparu. C'est alors qu'il vous vient une première idée :

Si Zarbula ne se soucie pas des courbes de dates, il lui suffit de connaître l'angle stylaire, le fameux angle  $f$  dont nous avons déjà parlé.

Pour tracer cet angle, il faut connaître trois éléments, or Zarbula en connaît déjà deux : Le sommet de l'angle qui est le centre du cadran, et un côté donné par la sous-stylaire. Donc pour le deuxième côté de l'angle, il suffit d'en connaître... un seul point : le Point Z !

Comment trouver un tel point parmi ces innombrables vestiges qui vous apparaissent comme autant de constellations d'un ciel étoilé? Tout d'abord, la figure 2 de la première partie et la trigonométrie qui vous permet de calculer cet angle  $f$  par la formule (2).

Vous vous dites alors qu'il n'est pas très commode de se hisser pour mesurer un tel angle sur chaque cadran, d'autant plus que vous ne savez pas encore où trouver le fameux point Z qui se dissimule quelque part sur le mur.

Comme cet angle  $f$  n'est pas mesurable directement par le biais de photographies, il vous faut un moyen de trouver les coordonnées du point Z sur des clichés plus ou moins définis et affectés de perspective, donc il vous faut un système de coordonnées déjà tracé sur les cadrans C'est ici que se concrétise la deuxième idée

Au début, Zarbula a tracé le centre du cadran C, la sous-styloire CP, la verticale, l'horizontale et le cercle « des latitudes » centré sur la verticale, c'est tout !

Vous vous dites alors : « si on ne voit pas de tracés spécifiques, c'est peut-être parce que Zarbula utilisait ceux qu'il avait déjà sous les yeux ! »

Dans cette hypothèse, et avec si peu d'éléments, le système de coordonnées que vous cherchez est forcément formé du centre C, de la verticale et probablement d'une horizontale, car la sous-styloire est déjà un coté de l'angle cherché.

Puisque les cadrans sont munis de l'éventail horaire, vous vous dites que cet éventail peut vous servir de rapporteur gradué, et donc vous fournir un système de coordonnées polaires à condition de convertir les angles en heures tabulaires.

Cette conversion est un jeu d'enfant pour votre ordinateur qui fait des calculs de trigonométrie sphérique en un tour de main. En même temps, vous lui posez la question : « Ordinateur, dis moi à quelles heures tabulaires peuvent se trouver les Point Z sur les cadrans de Zarbula? » Et comme il est très obéissant et très rapide il vous calcule un tableau de valeurs.

En parallèle, vous cherchez aussi les photographies les plus détaillées possibles des cadrans de Zarbula non restaurés.

*(Ici les lecteurs à qui vous avez demandé ces clichés se reconnaîtront ! - qu'ils en soient vivement remerciés- Ils comprennent maintenant pourquoi vous les avez obligés à fouiller dans leurs archives...) C'est alors que vient le moment tant attendu.*

### 5- Les Points « Z »

Vous sélectionnez des clichés présentant des tracés visibles sur des cadrans ayant des déclinaisons gnomoniques différentes. Pour les examiner on dispose aujourd'hui de bons outils informatiques pour les agrandir, en faire varier la luminosité et le contraste pour en observer les plus fins détails.

Vous ne savez pas de quel coté de la sous-styloire vous allez peut-être trouver les points Z, mais l'axe des abscisses le plus pratique étant l'horizontale déjà tracée sur le cadran, vous calculez les points possibles sur cet axe pour des angles tabulaires  $f$ ,  $-f$ ,  $f + S'$  et  $f - S'$ , et vous reprenez le tableau suivant :

| <b>Cadran</b>                         | <b> S' </b> | <b> f </b> | <b> f+S' </b> | <b>Heure point Z (matin)</b> | <b>Heure point Z (soir)</b> |
|---------------------------------------|-------------|------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| Briançon St Blaise-W                  | 26°,3       | 38°        | 64°,3         | 8h38'                        | 18h8'                       |
| Les Escoyères                         | 12°,3       | 43°,9      | 56°,2         | 7h13'                        | 15h50'                      |
| Molines-en-Queyras-E                  | 43,3        | 14°,8      | 58°,1         | 4h                           | -                           |
| Puy St Pierre                         | 32°,3       | 33°,7      | 66°           | 5h25'                        | -                           |
| St Véran-Point du jour & Pierre-Belle | 20°,8       | 41°,2      | 62°           | 8h18'                        | 17h30'                      |
| St-Véran-Le Raux                      | 36°,7       | 28°,7      | 65°,4         | 9h24'                        | 19h                         |
| St Véran-Ferme Mathieu Romain         | 26°,1       | 38°,4      | 64°,5         | 8h30'                        | 18h                         |
| Sestrières                            | 12°,7       | 43°5       | 56°,2         | 7h11'                        | 15h50'                      |

|                           |       |     |       |       |        |
|---------------------------|-------|-----|-------|-------|--------|
| Val des Prés- Pra Premier | 37,9° | 27° | 64°,9 | 4h55' | 14h25' |
|---------------------------|-------|-----|-------|-------|--------|

Ces valeurs sont calculées avec la vraie valeur de la latitude des différents lieux, car, à cette étape, vous ne savez pas comment l'angle stylaire était réellement construit. C'est le moment tant attendu, celui où vous avez tous les éléments pour diriger votre regard vers ces points mystérieux. C'est évidemment plus facile lorsque l'on sait où ils doivent être. Le premier cliché que vous allez choisir est, bien sûr, celui des Escoyères déjà cité maintes fois. Et là, tout se voit à l'œil nu !

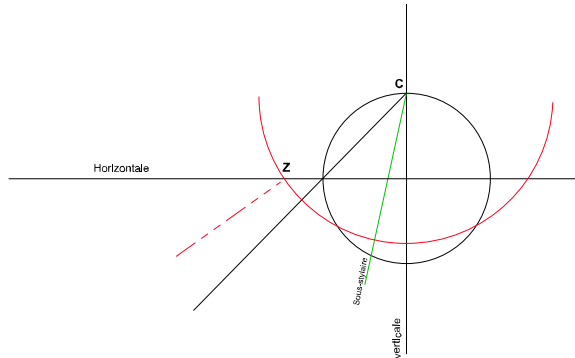


Figure 4 : Le point « Z » sur le cadran des Escoyères .

La figure 4 reproduit le stade des tracés avant ceux dédiés à l'éventail horaire. On y voit très bien les éléments classiques : sous-styloire, verticale, horizontale, mais aussi un arc de cercle atténué (ici en rouge) qui coupe l'horizontale exactement aux points attendus, 7h13' et 15h50'. Par ailleurs, on voit sur ce cadran le vestige de la ligne CZ à 7h13 tracée par Zarbula : C'est l'autre coté de l'angle stylaire que vous cherchiez ! Vous tenez alors la réponse à votre question : **Oui, Zarbula traçait précisément l'angle stylaire sur les murs**, en s'appuyant sur les lignes déjà construites.

En examinant tous les cadrans de votre liste, vous confirmez votre trouvaille en traitant les clichés comme vu plus haut pour mieux faire apparaître les points Z ainsi que les vestiges du fameux arc de cercle « Z ». Vous découvrez, par exemple que:

- le point Z, l'arc Z et la ligne CZ sont aussi sur le cadran de Sestrières...en pointillés
- le point Z est aussi visible sur les cadrans de St Véran, notamment sur celui du Point du Jour ou l'arc de cercle Z coupe l'horizontale aux deux points prévus
- l'arc Z en pointillé figure aussi sur les cadrans de Pierre-Belle et du Raux
- sur le cadran de St Blaise, c'est plus difficile à voir, et il faut un peu « traiter » le cliché. C'est une portion de l'arc Z qui subsiste en pointillés à 18h08'(10 points)

Il est intéressant de constater qu'entre 1832 (cadran des Escoyères) et 1872 (cadran de Sestrières) Zarbula n'a pas changé de méthode pour tracer ses angles stylaires. Il est simplement passé du traçage continu des droites et des arcs à celui des pointillés.

Comme il est assez malaisé de planter un compas à pointes sèches et de s'en servir pour marquer des points, ceci laisse supposer que Zarbula utilisait un compas à verge car c'est, comme le dit François Bedos de Celles en 1760 : « *l'instrument le plus commode & même le plus essentiel pour travailler avec toute la précision, la facilité & la diligence que l'on peut souhaiter* ».

Avec ce type de compas, qui est constitué essentiellement de deux pointes coulissantes sur une règle, il est possible de marquer les arcs de cercles en frappant sur une pointe avec un maillet. C'est ce qui explique que l'on trouve des pointillés pour marquer les arcs de cercles.

Mais, si vous avez trouvé ce point mystérieux sur les cadrans, vous ne savez pas encore comment Zarbula l'obtenait géométriquement.

## 5 – Le Compas et la règle

On pourrait aussi appeler ce paragraphe : « le point Z...mais c'est très simple ! ». En apparence, le problème semble se poser simplement : construire le point Z de façon que ce point soit sur l'horizontale et que l'angle PCZ soit égal à  $f$ .

Pour obtenir le lieu géométrique des points Z répondant à la question, vous êtes amené à construire un faisceau de cercles d'axe radical CH et une conique pas très facile à tracer.

Mais comme vous êtes persuadé que Zarbula a utilisé une construction plus simple, vous en déduisez que quelque chose ne marche pas dans vos hypothèses, et vous réfléchissez.

C'est là que vous avez **une troisième idée** : Au début Zarbula a tracé la verticale et la sous-stylaire. Ce sont les seuls tracés justes. Où va-t-il tracer l'horizontale ?

Comme il n'a pas d'impératif sur la longueur du style, il peut la tracer à partir d'un point quelconque de la verticale...ou de tout autre point : Pourquoi pas le fameux **point Z**, comme cela il sera sûr que cette horizontale y passera. C'est alors que tout s'éclaire !.

Ce point Z est décidément aussi important que le centre du cadran, car il permet non seulement de le construire, mais il donne surtout l'angle stylaire, dès le départ.

La figure 4 montre comment Zarbula trouve son point Z aisément, à partir de C, la verticale et la sous-stylaire.

- Par un point quelconque  $H_1$  de la verticale, il trace une horizontale provisoire en ne marquant que les points utiles, c'est à dire les intersections  $P_1$  et  $S_1$  respectives avec la sous-stylaire et la ligne  $C\Phi$  dont l'angle avec la verticale est la co-latitude :  $90^\circ - \varphi$ . (Nous savons qu'il trace  $C\Phi$  en supposant que  $\varphi = 45^\circ$ ). Bien que réalisable avec une équerre, cette opération est plus précise en utilisant le compas et la règle, en prenant le point de concours de deux arcs, symétriques par rapport à  $H_1$ , et centrés sur la verticale.
- Avec son compas, il trace ensuite vers le haut un arc de cercle de rayon  $CS_1$
- Par  $P_1$ , il trace la perpendiculaire à la sous-stylaire avec son compas et sa règle
- L'arc de cercle et la perpendiculaire tracés se coupent en **Z**.
- La perpendiculaire à la verticale passant par Z est l'horizontale du cadran. Elle coupe cette verticale en H, la sous-stylaire en P et  $C\Phi$  en S.
- L'angle stylaire  $f$  est PCZ. L'arc de cercle utile est toujours dans le demi-plan contenant la sous-stylaire. Cette construction très simple est démontrée en annexe.

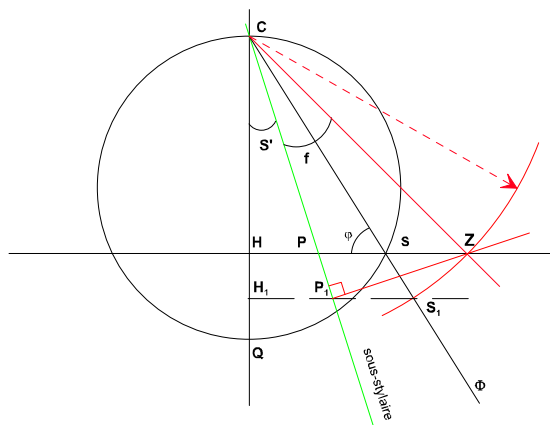


Figure 4 : la construction du point Z par Zarbula

Vous remarquez que cette méthode est générale, quelle que soit la latitude  $\varphi$ . Vous notez ainsi que cette figure 4 est construite pour une latitude autre que  $45^\circ$ . C'est pour cela que le point H n'est plus confondu avec le centre du cercle.



|                           |        |        |     |      |     |      |
|---------------------------|--------|--------|-----|------|-----|------|
| St Véran-Pt du Jour       | 20°,82 | 15h58' | Non | 0,76 | Non | Non  |
| Sestrières                | 12°,7  | 7h12'  | ?   | 0,73 | Non | Non? |
| Val des Prés- Pra Premier | 37°,9  | 10h    | Non | 0,9  | Non | Oui  |

Vous faites immédiatement les remarques suivantes:

- Zarbula ne traçait pas d'arc de cercle de diamètre TQ
- Bien que deux cadrans semblent présenter des marques en G, un rabattement autour d'une équatoriale est assez improbable, car il n'apparaît aucune marque aux points S<sub>2</sub>.

Par ailleurs, il y a une raison pratique qui milite en faveur de la première hypothèse : L'utilisation de l'équerre est la plus rapide, donc la plus adaptée à la peinture à fresque sur enduit frais de l'éventail horaire (technique italienne dite « a fresco »). Sans nouveaux éléments, votre conclusion est donc la suivante : Pour la construction du centre du cercle diviseur, l'hypothèse la plus vraisemblable est celle où Zarbula utilisait une équerre telle que décrite dans « L'Équerre et l'Oiseau », document qui reste aussi la référence pour le reste de la construction de l'éventail horaire.

### 7 – De la précision des tracés

Vous avez déjà remarqué le niveau de précision atteint par Zarbula sur ses cadrans, mais maintenant que vous connaissez sa méthode et l'approximation de 45° faite sur les latitudes, vous sentez (peut-être confusément), que la construction du style est, elle-aussi, entachée d'une erreur. Quelle est l'influence de cette erreur sur la précision finale du cadran ? Cette fois, vous vous fondez sur la construction du point Z qui suppose une latitude et un angle S' connus. Puisque cet angle S' est juste, il vous faut calculer l'angle fautif df engendré spécifiquement par la construction de Zarbula. Vous trouvez le résultat suivant (voir en annexe A2) :

$$df/d\phi = -1/\cos^2 S' \cdot \sin 2|\phi| \quad (7)$$

Vous pensez alors que ces erreurs de latitude et d'angle stylaire peuvent, suivant les cas, se compenser ou se cumuler, et ainsi conduire à de mauvais résultats. Vous faites alors trois séries de calculs comparatifs au solstice d'hiver.

- La première série va vous donner l'écart horaire théorique maximal donné par la construction globale de Zarbula.
- La deuxième série chiffre l'écart horaire maximal d'un cadran calculé pour 45°, mais déplacé sur le lieu d'implantation en construisant un style polaire sur la sous-stylerie.
- La troisième série est similaire, mais en gardant l'angle du style d'origine.

Vous obtenez ainsi le tableau suivant :

| Cadran          | φ réelle | dφ    | D     | S'     | Constr. Zarbula |          | Style polaire |          | Δ latitude |
|-----------------|----------|-------|-------|--------|-----------------|----------|---------------|----------|------------|
|                 |          |       |       |        | ΔH maxi         | H. hiver | ΔH maxi       | H. hiver | ΔH maxi    |
| Briançon        | 44,89    | -0,11 | 31,5  | 27,68  | -33             | 11:48    | -32           | 6:00     | 11         |
| Château-Queyras | 44,76    | -0,24 | -16,4 | -15,89 | 43              | 13:20    | 70            | 6:44     | 25         |
| Escoyères       | 44,71    | -0,29 | -12,5 | -12,33 | 46              | 13:40    | 84            | 7:08     | 30         |
| La Vachette     | 44,92    | -0,09 | -42,5 | 36,69  | 41              | 11:36    | 21            | 5:00     | 9          |
| Le Raux         | 44,70    | -0,30 | 47,5  | -34,12 | -168            | 12:44    | -78           | 18:40    | 31         |
| Les Tancs       | 44,49    | -0,51 | -35,0 | -30,28 | 173             | 12:00    | 141           | 5:40     | 53         |
| Valloire        | 45,17    | 0,16  | 20,0  | 10,50  | 33              | 10:56    | 50            | 17:20    | 16         |
| Vallouise       | 44,84    | -0,16 | -50,5 | -37,81 | 103             | 11:08    | 41            | 5:00     | 16         |

*Nota : Pour un déplacement en latitude le décalage maximal en hiver se produit toujours à 6h*

Bien entendu, ces nombres **ΔH maxi** calculés ici en secondes sont à prendre comme des ordres de grandeur comparatifs. Vous constatez deux choses principales :

- 1 – Pour un léger déplacement en latitude, mieux vaut garder l'angle stylaire d'origine





L'épure consiste à tracer d'abord la verticale, la sous-stylaire et  $C\Phi$  qui fait un angle  $\pi/2 - \varphi$  avec la verticale. En  $H_1$  quelconque sur la verticale, on trace une horizontale qui coupe la sous-stylaire en  $P_1$  et  $C\Phi$  en  $S_1$ .

L'arc de cercle de rayon  $CS_1$  coupe la perpendiculaire à la sous-stylaire passant par  $P_1$  en  $Z$ .

L'horizontale passant par  $Z$  coupe respectivement la verticale, la sous-stylaire et  $C\Phi$  en  $H$ ,  $P$  et  $S$ .

$P_1Z$  peut-être considéré comme étant le rabattement d'un style provisoire  $CK$  autour de la sous-stylaire ( $K$ , sommet de ce style provisoire n'est pas visible sur l'épure).  $P_1$  est donc le pied du style droit correspondant.  $P_1Z$  est l'image de ce style droit  $P_1K$  et  $P_1S_2$  est son image dans le rabattement autour de l'horizontale.

Comme  $P_1$  est sur la sous-stylaire qui fait l'angle tabulaire  $S'$  avec la verticale, on en déduit que l'angle  $H_1S_2P_1$  est précisément la déclinaison gnomonique du mur  $D$  et que  $P_1CZ$  est bien l'angle stylaire. Voilà pour la géométrie.

Pour la démonstration plus algébrique, on sait que, par construction  $CS_1 = CZ$ .

En tenant compte du fait que:

- $S_2$  est l'image de  $K$  par un rabattement autour de l'horizontale provisoire  $H_1S_1$ , donc  $H_1S_1 = H_1S_2$
- $Z$  est aussi l'image de  $K$ , mais dans un rabattement autour de la sous-stylaire  $CP_1$ , donc  $P_1S_2 = P_1Z$

Dans le triangle rectangle  $CP_1Z$ , on a:

$$P_1Z/CZ = P_1S_2/CS_1 = H_1S_2.P_1S_2 / H_1S_2.CS_1 = H_1S_1.P_1S_2 / H_1S_2.CS_1 = \cos \varphi . \cos D \quad (A2-1)$$

Comme l'angle stylaire « géométrique » est la valeur absolue de l'angle  $\underline{f} = |f|$  entre la sous-stylaire et le style, nous savons que cette expression est précisément égale à  $\sin|f|$  c.q.f.d.

### A2-3 Calcul de $df/d\varphi$ avec $S'$ fixe

En élevant (A2-1) au carré, il vient

$$\sin^2 f = \cos^2 \varphi . \cos^2 D$$

Comme  $\sin D = \operatorname{tg} S' . \operatorname{tg} \varphi$ , la relation ci-dessus devient

$$\sin^2 f = \cos^2 \varphi (1 - \operatorname{tg}^2 S' . \operatorname{tg}^2 \varphi) = \cos^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 S' . \sin^2 \varphi = 1 - \sin^2 \varphi / \cos^2 S'$$

Ce qui donne en différentiant

$$2 \sin f . \cos f . df = -\sin 2\varphi . d\varphi / \cos^2 S'$$

Dans notre cas  $\varphi = \pi/4$  donc  $\sin 2\varphi = 1$

$$df/d\varphi = -1/\cos^2 S' . \sin 2|f| \quad (A2-2)$$

### A2-4 Sur la précision :

L'écart horaire dû à un angle fautif de style est donné par les formules de l'Annexe A1-4

L'écart horaire fautif  $F$  dû au déplacement d'un cadran en latitude est donné par:

$$\operatorname{tg} F = \sin H / (\sin \Delta\varphi . \operatorname{tg} \delta + \cos \Delta\varphi . \cos H) \quad (A2-3)$$

(voir « La Gnomonique » de Denis Savoie – page 318) avec

$F$  angle horaire fautif

$H$  angle horaire considéré

$\Delta\varphi$  déplacement du cadran en latitude

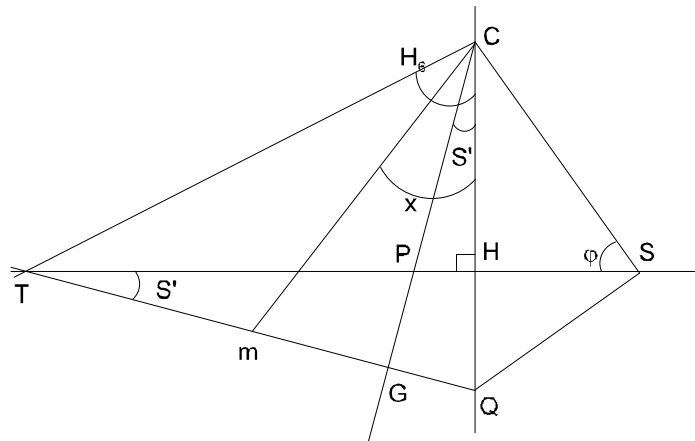
$\delta$  déclinaison solaire

## ANNEXE 3

### A3-1 position du milieu du segment TQ

L'angle  $mCQ = x$

Dans le triangle quelconque mCQ, on a (figure ci-dessous)



$$\begin{aligned} \sin x/mQ &= \cos S'/Cm \quad \text{d'où} \\ Cm &= \cos S' \cdot mQ/\sin x \end{aligned} \quad (A3-1)$$

Dans le triangle TCM, on a  $\sin CTm/Cm = \sin(H_6 - x)/Tm$   
 Soit en tenant compte de (A3-1) et en considérant l'angle tabulaire 6 heures (=  $H_6$ )

$$Cm = Tm \cdot \sin CTm / \sin(H_6 - x) = \cos S' \cdot mQ / \sin x$$

$$\text{Par ailleurs } CH/HQ = \text{tg}^2\varphi \quad \text{et } \text{Tg } H_6 = HT/CH = HQ/CH \cdot \text{tg } S' = 1/\text{tg}^2\varphi \cdot \text{tg } S' \quad (A3-2)$$

$$\begin{aligned} \text{Comme l'angle } CTm &= \pi/2 - H_6 + S' \quad \text{il vient:} \\ \sin(H_6 - x) \cdot \sin x &= \cos S' \cdot \sin(H_6 - S') \end{aligned} \quad (A3-3)$$

Pour résoudre cette équation, on calcule d'abord  $H_6$  par (A3-2), puis  $x$ .

Dans le cas où  $\varphi = \pi/4$  on a  $\text{tg } H_6 = 1/\text{tg } S'$  soit  $H_6 = \pi/2 - S'$

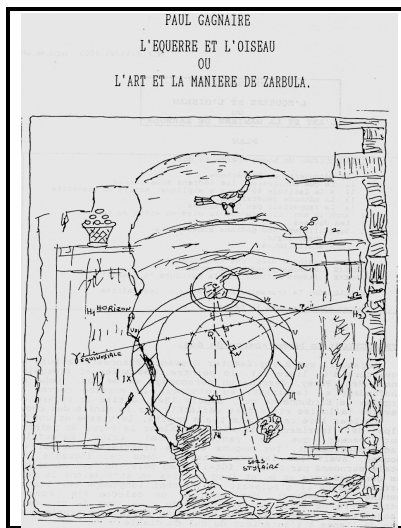
$$\begin{aligned} \text{L'équation (A3-3) devient } \cos(S' + x) &= 2 \sin S' \cdot \sin x \quad \text{ou } \cos S' \cdot \cos x = 3 \sin S' \cdot \sin x \\ \text{Soit } \text{tg } x &= 1/3 \cdot \text{tg } S' \end{aligned} \quad (A3-4)$$

### A3-2 Position du point $S_2$

Rappelons que le point  $S_2$  est à l'intersection de CZ et de la perpendiculaire en P à la sous-stylaire. On a par construction,  $CS_2/\sin \varphi = CS/\sin \varphi = CQ$  et  $CG/\cos S' = CQ$

$$\text{Donc } CS_2/CG = \rho = \sin \varphi / \cos S'$$

\*\*\*\*\*



## L'ÉQUERRE ET L'OISEAU OU L'ART ET LA MANIÈRE DE ZARBULA

par *Paul Gagnaire*

L'étude de 85 pages (texte, tableaux, schémas, photocopies des cadrans de Zarbula) a été publiée en 2000, dans le premier numéro de Cadran Info.



## Faites-les vous-mêmes

Par Jacques Vandenneede, rubrique animée par Jo. Theubet

**A TOUS NOS MEMBRES :** 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 » susceptible d'être publié, ne serait-ce qu'en réseau interne. **Ainsi votre expérience servira à chacun de nous. Merci d'avance.**

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

### COMMENT GRAVER LIGNES ET INSCRIPTIONS SUR MARBRE ET PIERRE TENDRE\*

La correspondance qui m'a déjà été adressée par divers collègues à ce sujet m'a fait songer à rédiger, sous forme de conseils pratiques, un petit « A.B.C. » de la gravure. Je me fais donc un plaisir d'exposer ici, le plus simplement possible, quelques rudiments de l'art du graveur qui, je l'espère, pourront « dépanner » les amateurs suffisamment doués manuellement pour entreprendre ce genre de travail, assez délicat rappelons-le.

1. **Les procédés de meulage, fraisage, etc.** dont quelques collègues ont envisagé l'application à la gravure de lignes ou inscriptions sur pierre ne peuvent valablement être utilisés pour ce travail.

En marbrerie, on se sert bien de disques nylon de grand Ø garnis à leur périphérie d'une concrétion diamantée, mais uniquement pour la coupe de la pierre (marbre ou granit) sous arrosage continu ; la machine ad hoc (débiteuse), très coûteuse et pesant plusieurs centaines de kg, est évidemment inaccessible à l'amateur.

Les procédés d'attaque chimique de la pierre par un acide, proposés par certains, sont sans doute fort efficaces à d'autres points de vue (nettoyage de vieilles pierres « rouillées » par exemple) mais s'avèrent inapplicables dans le domaine qui nous intéresse. Au surplus, l'action d'un acide tel que HCl ne serait exploitable, en mettant les choses au mieux, que pour la morsure de pierres calcaires, marbres ou autres, suivant la réaction connue, et cette action, d'ailleurs nulle sur d'autres roches – granits et apparentés – serait-elle en fin de compte fort superficielle et irrégulière ....

Il faut donc nécessairement avoir recours aux techniques traditionnelles du graveur et du sculpteur. Je vais m'efforcer de décrire succinctement les quelques opérations simples, toutes de patience et de minutie, indispensables à l'obtention d'un résultat au moins correct.

2. **Outillage** – Celui-ci, réduit à un strict minimum, comprendra :

- Un réglet en acier inox, gradué si possible en ½ mm, longueur 50 cm.
- Une petite massette ou à défaut un léger marteau à tout faire (panoplie de bricoleur), le manche en sera raccourci à env. 12 cm (le pouce doit pouvoir s'appuyer sur le côté du fer de la massette).
- Un ciseau de graveur, sorte de petit burin de section étroite, généralement hexagonal (pour assurer une meilleure tenue dans la main) et long d'une quinzaine de cm. On peut faire exécuter cet instrument par un forgeron ou outilleur soigneux à partir d'un petit barreau d'acier ou d'une vieille lime tiers-point convenablement remise en forme, recuite et trempée en vue de sa nouvelle utilisation (Cf. croquis).

*N.B :. Un ciseau ainsi constitué d'acier ordinaire convient parfaitement à la taille de diverses variétés de calcaires (marbre blanc saccharoïde, statuaire, pierre de Paris, pierre de Soignies, comblanchien, etc.) relativement tendres, mais ne pourrait efficacement attaquer les granits, roches fragiles mais très dures. Pour la taille du granit, que je ne conseille pas au débutant d'entreprendre, il faudra obligatoirement faire l'acquisition d'un ciseau spécial, à pastille de carbure de tungstène (se documenter auprès d'un artisan marbrier, funéraire ou autre).*

- Une pointe à tracer réalisée, de même que le ciseau, avec un minuscule tiers-point dont l'extrémité sera soigneusement effilée en pointe aiguë à la meule émeri. Si l'on doit tracer sur granit, afin d'éviter pour un travail occasionnel l'achat d'une pointe de diamant, il est possible, à la rigueur, d'utiliser l'angle vif de l'arête tranchante du ciseau à granit.

### **3. Préparation du travail**

Après avoir choisi une plaque de marbre ou de granit de dimensions convenables (que l'on pourra commander vierge chez un marbrier), il conviendra de reporter le tracé du futur cadran sur ladite à l'aide d'un crayon gras (crayon « laboratoire ») qui marque sans difficulté sur une surface polie et s'efface de même au doigt pour d'éventuelles corrections.

Le tracé des lignes droites ne présente évidemment aucune complication, c'est plutôt le tracé des courbes et surtout celui des lettres et chiffres, ainsi que leur répartition correcte qui poseront des problèmes au débutant. Le professionnel confirmé procède à vue au tracé des inscriptions, sans mesure d'aucune sorte. A moins de posséder déjà quelques notions de dessin, l'amateur choisira de faire usage du « normographe » qui lui donnera sans ennui une écriture bâton normalisée – sèche et froide sans doute – mais d'exécution plus facile et pouvant convenir à des créations de style « moderne » qui plaisent à certains car elles s'assortissent à l'« architecture » contemporaine.

Si l'on désire une écriture plus recherchée (capitale, monumentale, antiqua, onciale, etc.), on peut emprunter des modèles au hasard des titres de journaux ou revues de modes où peuvent se rencontrer des lettres de style du meilleur effet. Il m'arrive encore d'être à court d'inspiration et de recourir à cet expédient pour l'exécution professionnelle d'épithètes funéraires.

En parcourant un texte gravé ou même imprimé, on peut constater, à la faveur d'un examen attentif, que contrairement à l'apparence, il n'existe bien souvent aucune véritable régularité dans l'espacement des caractères, non plus que dans les dimensions de ceux-ci.

Il serait long d'entrer dans le détail ; retenons qu'une lettre arrondie (O, Q, U, S p.ex.) doit déborder très légèrement de la ligne du texte, en haut et en bas – une fraction de mm – sous peine de paraître plus petite que le jambage droite de la lettre voisine. Il s'agit-là d'un effet optique facile à constater, mais difficile à expliquer. Même remarque en ce qui concerne les extrémités pointues de certaines lettres de style (M, N, V, W, etc.).

### **4. Tracé à la pointe**

Après d'inévitables retouches facilitées par l'emploi du crayon gras, voici achevé le dessin des figures et inscriptions de notre cadran. Il convient maintenant, après une ultime vérification, de tracer par rayures les multiples lignes fixant définitivement les contours de la gravure.

La pointe à tracer, que l'on tiendra comme un crayon, mais naturellement en appuyant assez fort, possède une fâcheuse tendance à « déraper » si elle n'est pas fermement appliquée contre le réglelet qui la guide et il serait à peu près inévitable que cet accident survienne lors du tracé d'arrondis de court rayon, s'il n'existait, bien entendu, une astuce qui m'a été enseignée par un vieux graveur à mes débuts dans cet art : on guidera cette fois la pointe sur le contour d'une pièce de monnaie de diamètre idoine (il en existe de tous calibres, ayant cours ou non, mais susceptible de cadrer le mieux possible avec les arrondis ou portions de cercles désirés).

Dans le cas de courbes de grand rayon, ou irrégulières (hyperboles p.ex.), et bien qu'un pistolet de dessinateur ne fasse pas habituellement partie de la panoplie du graveur confirmé, cet instrument pourra rendre des services au débutant à la main peu sûre. Comme lors de la gémination d'un canal martien, le tracé d'une ligne quelconque doit être doublé, l'épaisseur du trait de gravure achevé ayant nécessairement une certaine valeur proportionnée aux dimensions de la pierre travaillée (de 3 à 7 mm p.ex.).

Les tolérances sont assez larges, particulièrement en ce qui concerne les lignes d'un cadran solaire où la précision requise n'est point telle qu'elle nécessite la gravure de graduations filiformes ; il faut tout de même que celles-ci soient visibles. L'imprécision des limites de l'ombre d'un style joue également dans ce sens.

## 5. Taille au ciseau

En premier lieu, apprendre à tenir convenablement le ciseau dans l'une ou l'autre main, selon que l'exécutant est droitier ou gaucher. La bonne tenue de l'instrument est importante car les coups de massette assésés sur un ciseau insuffisamment maintenu ont tôt fait de provoquer un éclat de la pierre ou un écart du trait de gravure souvent impossible à « rattraper » (Cf. fig.).

Si la dalle est de dimensions suffisantes, le tranchant de la main tenant le ciseau et l'avant-bras de l'opérateur s'appuieront fortement sur la face de la pierre en s'opposant ainsi efficacement à tout déplacement intempestif du ciseau en cours de travail.

On appréciera cette sécurité principalement lors de la gravure des courbes : le ciseau, freiné dans son déplacement par le frottement de la mine sur la pierre, autorisera l'obtention progressive en plusieurs passes d'arrondis impeccables.

Les coups de massette portés sur la tête du ciseau seront secs et légèrement appuyés pour prévenir un rebondissement possible, toujours fâcheux ; l'amplitude du mouvement de percussion avoisinera au maximum une dizaine de cm. Tout en gardant le corps immobile, le poignet communiquera seul l'impulsion et non l'avant-bras, selon une tendance naturelle des débutants. Les figures jointes indiquent clairement la manière d'attaquer la pierre en se guidant sur les lignes de tracé.

Quant à la cadence de frappe, elle se ressent inévitablement du tempérament du graveur, selon le degré de calme ou de nervosité de celui-ci. Comme le bon sens le laisse prévoir, il est préférable d'exécuter un travail de gravure – toujours minutieux – sans hâte excessive. On peut être rapide, mais **on se doit d'être détendu !**

Quoi qu'il en soit, je ne saurais trop conseiller au débutant d'exécuter ses premiers chefs-d'œuvre sur des chutes sans valeur de marbre tendre plutôt que de courir le risque de gâcher prématurément une plaque de qualité. La virtuosité viendra tout naturellement un peu plus tard.

## EMAILLAGE DES INSCRIPTIONS GRAVEES

Notre gravure étant à présent terminée, le cadran peut être scellé à son emplacement définitif. Les lignes et inscriptions, surtout si elles sont gravées en profondeur, acquièrent un aspect hautement décoratif sous l'éclairage rasant du soleil à certaines heures de la journée et l'on pourrait considérer notre grand travail comme enfin achevé.

Cependant, il est parfois utile sur certains cadrans solaires assez complexes, de faire mieux ressortir divers détails ou indications utiles. Pour ce faire, il est tout indiqué de rehausser par la couleur celles des figures ou inscriptions devant être particulièrement mises en valeur.

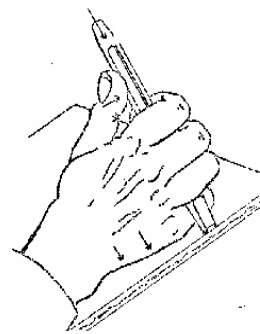
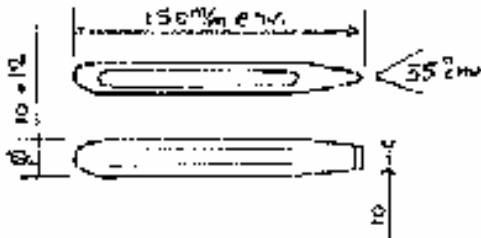
Voici donc la méthode expéditive dont usent les professionnels pour l'émaillage d'inscriptions gravées en creux : il suffit de garnir abondamment d'une bonne peinture glycérophtalique noire ou de couleur (Novemail, Ripolin, Valentine ou autre) le creux des gravures, sans se préoccuper outre mesure des bavures qui peuvent, sans inconvénient,

déborder largement du tracé. Après une journée de séchage, on installera la plaque – si elle n'est déjà fixée à son emplacement définitif – dans la cuvette d'un évier, face gravée dessus, en laissant couler sur ladite plaque un mince filet d'eau du robinet de façon à ce qu'elle se trouve uniformément recouverte d'un film liquide constamment renouvelé. Si notre plaque se trouve déjà fixée à un mur ou à son piédestal, le même résultat sera obtenu par pressage d'une éponge généreusement imbibée d'eau.

Au moyen d'un os de seiche (que l'on trouvera chez les marchands de graines pour oiseaux) on frottera toute la surface de la plaque suivant des courses spiralées avec la face tendre de l'os en question. Les bavures de peinture seront seules atteintes et rapidement éliminées, et entraînées par le ruissellement de l'eau, laisseront apparaître le tracé des lignes et lettres avec une netteté parfaite, impossible à obtenir autrement.

Ce traitement, qui n'exerce aucun effet d'abrasion, s'effectue sur pierre polie, mais si ladite pierre présente une surface mate, on utilisera, au lieu d'un os de seiche, la facette plane d'une pierre ponce.

### LES FIGURES

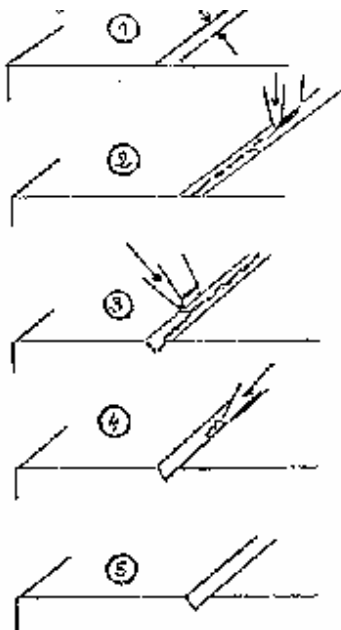


#### 1- Le ciseau de graveur

En acier ordinaire, il s'affûte sur pierre « NORTON » grain fin mouillée. Obtenir une petite facette brillante de 2 mm environ sur chaque face du tranchant. Il importe que celui-ci soit sans irrégularités et absolument rectiligne. L'angle approximatif est donné sur la figure.

#### 2- Tenue du ciseau

Au cours de la taille de la pierre, le tranchant de la main s'appuie avec force sur la plaque à graver, s'opposant à un dérapage possible de l'instrument.



#### 3- Gravure d'une ligne droite

Ce sont les lignes droites qu'il convient d'exécuter en premier lieu. Pour toutes les opérations qui vont suivre, il est recommandé, surtout si la plaque à graver est mince, de l'installer sur plusieurs épaisseurs de papier journal étalées sans plis ou sur un carré de drap mince.

(1) : Deux rayures faites à la pointe encadrent le tracé du dessin au crayon gras. Leur intervalle est variable suivant l'épaisseur désirée du trait de gravure.

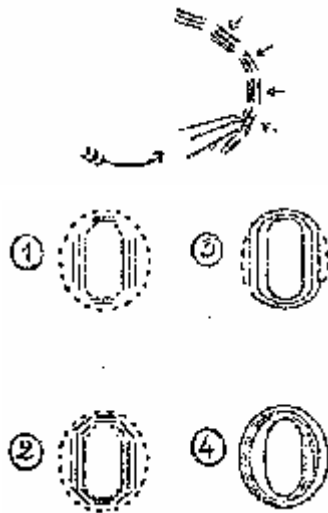
(2) : Avec de légers coups de ciseau, tracer par ébréchantures une ligne médiane comprise entre les deux rayures précédentes. Peu importe la perfection de cette trace de ciseau, qui n'est qu'une ligne de rupture de sécurité pour limiter l'ampleur des éclats lors de l'opération suivante. Pour ce travail, tenir le ciseau verticalement et frapper à coups légers.

(3) : Abattre, en progressant par petites portions, une rive de la tranchée du trait de gravure prévu. Le ciseau est tenu obliquement à env. 45°. Le tranchant sera guidé le long de la rayure.

(4) : Même opération sur la seconde rive, la précédente étant achevée sur toute sa longueur. Inclinaison identique du ciseau, évidemment en sens inverse.

(5) : Achèvement du trait de gravure. On peut s'en tenir là. Mais il est préférable de réitérer les opérations précédentes, de manière à obtenir une tranchée aux rives très régulières, particulièrement mises en valeur sous un éclairage rasant.

Si le ciseau est tenu plus verticalement, on creuse évidemment plus profondément. Certains vieux graveurs creusant très verticalement les versants de la trachée de gravure (parfois jusqu'à 15 mm de creux) obtiennent de splendides « lettres à effet », mais il ne s'agit plus là d'un travail de débutant et qui, d'ailleurs, ne se pratique plus que très rarement. Ce procédé, très long et laborieux, comporte des risques d'éclatement du « noyau » des lettres rondes, (lettre O p.ex).



**4- Gravure d'une courbe de grande amplitude**

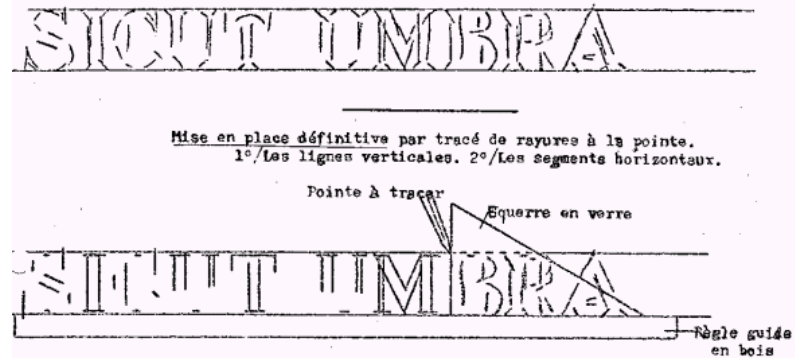
Réunir, en les arrondissant, de petits segments rectilignes taillés à l'avance suivant le tracé général de la courbe, en travaillant l'intérieur de leurs rives. Le ciseau sera tenu par la partie coupante suivant la même inclinaison d'ensemble que le versant des rives. Frapper avec circonspection. Il est préférable de s'y reprendre à plusieurs fois pour obtenir avec sûreté une courbe régulière.

**5- Gravure d'une courbe de court rayon**

- 1 : Creuser 4 segments, 2 minces haut et bas et deux épais latéraux (lettre O ou zéro). Le tracé préliminaire de la lettre à la pointe sera laissé largement débordant extérieurement et intérieurement.
- 2 : Réunir les 4 segments précédents par des obliques de grosseur convenable.
- 3 : Adoucir les angles restants et dilater progressivement par plusieurs passages du ciseau suivant les pointillés (ligne de tracé à la pointe).
- 4 : Figoler le fond de la lettre en maniant délicatement le ciseau pour définir nettement le profil en V de la trachée qui, comme toute ligne gravée, ne doit pas présenter d'irrégularités.

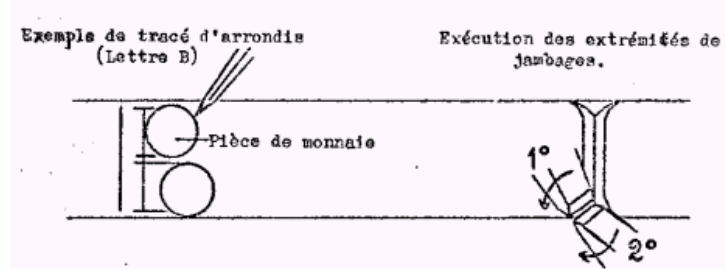
**6- Tracé préliminaire de répartition au crayon**

Comme dit précédemment, le professionnel esquisse le dessin de ses lettres « à l'œil », sans trop se soucier de la perfection du dessin, l'essentiel étant la répartition équilibrée des mots et des lignes d'un texte. L'opération suivante apportera à cette ébauche la rectitude indispensable.



**8- Tracé des lettres à la pointe**

La mise en place définitive du texte est obtenue par tracé à la pointe. Une équerre en verre sera avantageusement utilisée pour le tracé des rayures verticales des jambages, la transparence du verre facilitant les petites retouches d'espacement de ceux-ci. Cette équerre glissera le long d'une règle de bois fermement maintenue. Ce n'est qu'après le tracé des rayures verticales que seront tracés les petits segments horizontaux terminant les jambages ainsi que ceux plus grands de certaines lettres, barres des T ou des L, par exemple.



**9- Exemple de tracé d'arrondis**

On trouvera toujours, pour aider à l'exécution de ces tracés délicats, des pièces de monnaie de diamètre convenable qui, maintenues par un doigt, seront cernées d'un trait de pointe sur la longueur utile.

**10- La trachée verticale constituant le corps de la lettre I dans l'exemple donné est laissée un peu plus courte que la hauteur prévue de la lettre achevée (env. 2 mm de moins en haut et en bas).**

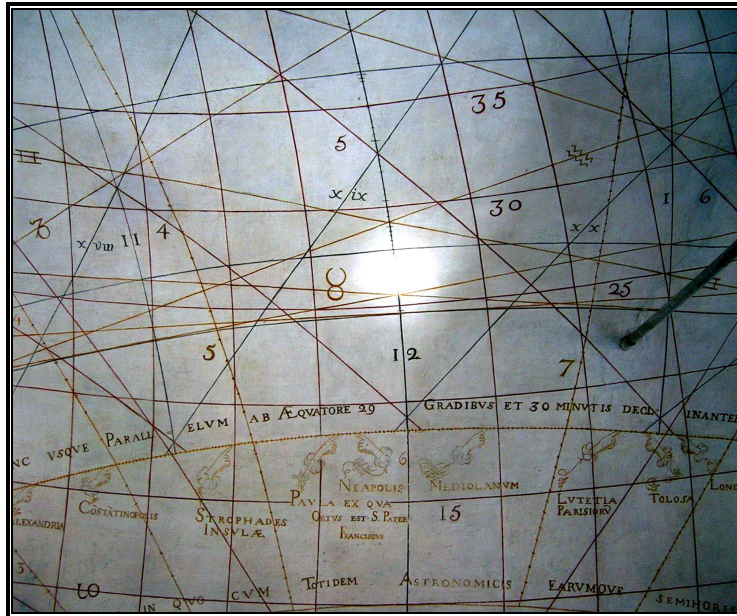
En frappant ensuite avec précaution, le ciseau tenu obliquement en position 1 sur la figure, donner insensiblement un léger mouvement de débordement au tranchant de l'instrument de manière à élargir la base du jambage. Une fois atteint le niveau de l'alignement des lettres, on arrêtera ce mouvement et on placera le ciseau en position 2 en conférant à celui-ci le mouvement inverse.

On obtiendra ainsi en deux passes les délicates « épines » ornementant l'extrémité des jambages des lettres de style.

**11- Les points**

Les points seront obtenus avec la plus grande facilité à l'aide d'une perceuse à main (chignole) munie d'un forêt de Ø approprié qui attaquera la pierre à profondeur convenable (1 ou 2 mm), laissant un trou conique et régulier (Forêt en acier ordinaire pour pierre tendre, spécial pour perçage du béton si l'on travaille sur granit).

\*in Jean Fort, *Restauration de cadrans solaires*, oct.93 – SAF, Réf. 6323

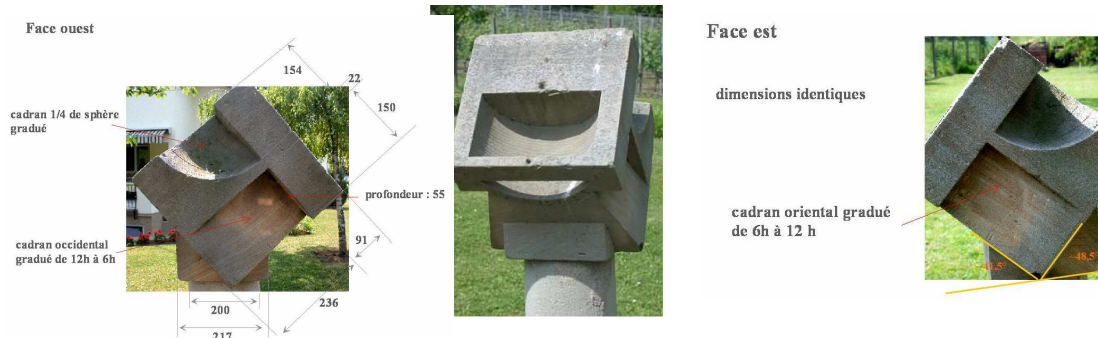


*Midi à la Trinité des Monts  
Rome - dimanche 27 novembre 2005 (Photo J. Theubet)*

\*\*\*\*\*

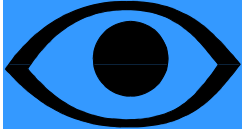
**Un "multiface" se déplace...**

Dans son traité sur les "Cadrans solaires", édition de 1986, p 187, fig.295, René Rohr nous montre un cadran multiface qu'il situe dans un parc privé de Dorlisheim (Bas-Rhin, près de Molsheim). Cette superbe pièce a été déplacé dans une propriété privée à Molsheim (Bas-Rhin). Il est visible depuis la route.



L'auteur de cette information et des schémas issus de son étude, n'a pas été identifié. Qu'il nous excuse de ne pas mentionner son nom.





## Informations diverses

### ° La CCS à la journées des commissions de la SAF (Observatoire de Meudon juin 2006)

Notre intervention a débuté par un hommage rendu par D. Savoie à notre président d'honneur R. Sagot qui venait de nous quitter quelques jours auparavant.



▲ Avec D. Savoie rue Beethoven  
◀ R. Sagot à l'observatoire de Juvisy

▲ R. Sagot relevant la déclinaison d'un mur par la "méthode de la planchette"

Ph. Sauvageot a ensuite présenté les réalisations de l'année écoulée: de nouveaux cadrans originaux (avec des CD, sur un œuf, en forme de chapeau, hélicoïdal...), des études (projection de la tache lumineuse d'un œilleton, cadran de Freeman, cadrans bifilaires, technique de Zarbula...), des livres (Paroles de Soleil, Dictionnaire de la gnomonique illustré...), les articles dans la revue L'Astronomie, l'inventaire des cadrans de France, les nouveaux logiciels, la relation tissée avec les sociétés gnomoniques internationales, et enfin la nouvelle couverture de Cadran Info qui a comporté dans ses 2 deniers numéros : 200 pages, 33 articles, des informations résultant de 35 auteurs et/ou contributeurs.

Un production très riche donc, une commission particulièrement active, un esprit de partage des connaissances. Merci et barvo à tous.



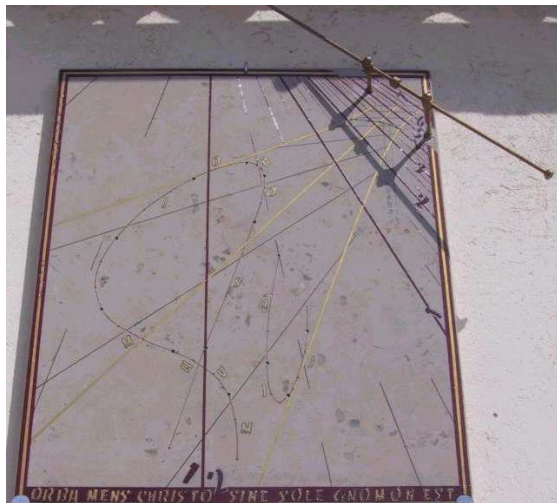
En fin de matinée, notre collègue G. Baillet a reçu la médaille Henry Rey, à la fois pour la qualité de ses travaux et pour leur mise à disposition, suivant l'esprit de notre commission. La nouvelle approche de la gnomonique par l'animation 3D, initiée par Gérard, permet par une approche conviviale et pédagogique: d'expliquer les différents types d'heures, les familles de cadrans, notre couple terre-soleil, la détermination de l'heure par l'ombre projetée par un style..., de créer un outil de visualisation du ciel et de réalisation de cadrans..., de vérifier les calculs: cadran sur un œuf, cadran hélicoïdal, projection de la tache solaire d'un œilleton...

° Les dernières réalisations:

Un **cadran multiface de JM. Anselme**, proposé à la vente à la SAF en octobre 2006 (ci-dessous à gauche). Par **PJ. Dallet**, installé dans son jardin: un cadran de déclinaison à **16 styles**, donnant les dates d'entrée en signe du calendrier zodiacal (ci-dessous à droite).



De **Jean Pakhomoff**, un **cadran** réalisé sur pierre de Cassis et installé à **Arles**, en bordure du Rhône.



Il indique les heures solaires et italiques, l'arc diurne du solstice d'hiver et du solstice d'été ainsi que l'arc diurne des équinoxes. La courbe d'équation du temps figure en 2 parties: du 20 Août au 20 Mai sur le midi solaire en passant par l'hiver et du 20 Mai au 1er Septembre sur 12 h 15 solaire en passant par l'été. Le cadran indique de plus l'heure de la prière islamique du ASR, la direction de la Mecque et d'Azille-Minervois. Il porte la devise: "ORBA MENS CHRISTO SINE SOLE GNOMON EST" ce qui peut être traduit par: "Une âme sans le Christ est un cadran solaire sans soleil".

Un "**cadran fontaine**" de **Valentino Falcone** (Morschwiller Le Bas 68790 47° 44' Lat. N. 7° 16' Long E).



Il est composé :

- d'un bloc trapézoïdal en granit des Vosges de 1,5 m<sup>3</sup>, 4 tonnes environ, qui sert de base à l'ensemble.
- d'une dalle en granit de Shikawashi, provenant de l'Inde, forme rectangulaire: 160cm x170 cm x 3 cm. Il est posé sur la face supérieure du bloc de granit

Le cadran proprement dit, en forme de couronne de 125 cm diamètre extérieur et 58,5cm intérieur, est fait d'une mosaïque de style romano-hellénistique collée sur

une plaque d'éternit. Un méplat de finition en laiton entoure la mosaïque pour en protéger le pourtour.

Le style qui se termine par une flèche en laiton est figé dans une boule en marbre poli de 5 cm de diamètre, qui à son tour est fixé dans un berceau en laiton.

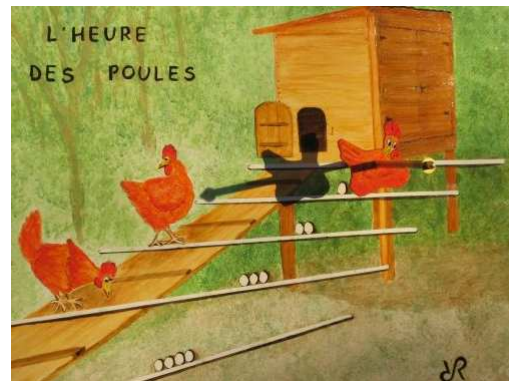
Dans la partie supérieure de la base, une cavité de 67cm de diamètre et 25cm de profondeur a été forée à même la masse granitique et forme un bassin qui, avec une canule servant de support au style du cadran, constitue une fontaine. Le cadran ainsi que la dalle en granit percée en son centre, lui servent de margelle, particularité qui avec l'utilisation de la mosaïque, constituent les originalités de ce cadran.



Du point de vue gnomonique, ce cadran a été voulu très simple afin d'en faciliter la lecture. Son inclinaison de  $-15^\circ$ , a été choisie pour que les eaux ne stagnent pas, mais aussi pour s'offrir au regard sous un angle convenable. L'adjonction de lignes diurnes aurait nécessité des dimensions prohibitives et des proportions peu esthétiques. Les Matériaux mis en œuvre ont été utilisés de manière à rester autant que possible au plus près du style romano-hellénistique. Les différents supports, les liants et les tesselles tout spécialement, (20 000 environ), obtenues à partir de carreaux en grès cérame pour pose à l'extérieur, ont été choisis pour leur résistance à des variations de températures comprises entre  $-20^\circ\text{C}$  à  $+80^\circ\text{C}$ .

Un "cadran (vertical déclinant) pour les poules (il indique le nombre d'heures avant le coucher du soleil) par J. Robic.

L'unité de mesure est l'œuf :  
Un œuf correspond à une heure.



### ° Associations ou commissions de gnomonique dans le monde.

L'article présentant les sociétés gnomoniques avec lesquelles notre commission est en rapport (Cadran Info N°13: Spécial Gnomonique du Monde, p.94) a suscité de nombreux remerciements et de nouveaux contacts. Ci-dessous quelques exemples parmi les mails ou courriers reçus.

#### **Commission des Cadrans solaires du Québec**

Un message d'amitié:

*Cher ami et collègue,*

*<<D'abord j'ai appris par monsieur Savoie le décès de monsieur Robert Sagot. J'en ai été très attristé car j'avais des souvenirs émus de mes premières rencontres avec lui rue Beethoven. J'en profite pour vous redire mes plus vives sympathies à vous-même, à ses amis et à sa famille>>. A. Bouchard*

Informations relevées dans la revue "Le Gnomoniste":

Dans le volume XIII n° 1 de Mars 2006, A. Bouchard publiait un article: "La grande tradition Française en gnomonique" qui après avoir mis à l'honneur notre commission, présentait les études du gnomoniste français du XVIIème siècle Jacques Ozanam. André m'informe qu'il a adapté ce texte et l'a traduit en anglais pour que *<<le monde anglo-saxon*

*n'oublie pas l'apport de la pensée française en gnomonique>> et il précise: <<je suis particulièrement ravi d'apprendre que, depuis sa parution il y a quelques jours, l'accueil est très favorable auprès des lecteurs des USA et du Canada anglais, qui n'ont pas facilement accès au Gnomoniste, à cause de la barrière linguistique>>.*

Dans le volume XIII n° 2 de Juin 2006 sont mentionnés les échanges entre nos deux commissions. En particulier il est fait référence à la liste de nos études et travaux que nous avons transmis en début d'année.

Pour lire en français (bien sûr) la revue "Le Gnomoniste" et suivre la production de nos cousins: visitez le site Web crée et animé par A. Bouchard:

[http://cadrans\\_solaires.scg.ulaval.ca/](http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/)

### De Zonnewijzerkring

Eindhoven, Netherlands lat. 51:30 N long. 5:30 E

<mailto:info@de-zonnewijzerkring.nl>

<http://www.de-zonnewijzerkring.nl>

*<<Allow me to write in English. It is easier to me then write in French.*

*In behalf of De Zonnewijzerkring I thank you for sending the CD of the Commission des Cadrans Solaires, May 2006, nr. 13. There are many very interesting articles to study.*

*You also asked to have a closer look at page 94, where our sundial society is mentioned among others. As you asked for forgotten societies I mention: Spain: Societat Catalana de Gnomònica, Spain: Asociación de Amigos de los Relojes de sol, Spain: Grupo al Andalus Siglo XXI, Japan, Poland. Links to their sites are at our websilte: Links / Societies.*

*The world is full of people interested in sundials.*

*Best wishes, Fer J. de Vries>>*

### Espagne-région catalane: Societat Catalana Gnomonica

- **Site WEB:** <http://www.gnomonica.cat/>
- **blog:** <http://relojidesol.blogspot.com/>
- **email:** [scg@gnomonica.cat](mailto:scg@gnomonica.cat)
- **Notre correspondant:** BARTOMEU TORRES président
- **Adresse:** Rambla del Camp de l'Aigua, 5 (3r 2<sup>a</sup>)  
E - 08540 CENTELLES.
- **Revue:** LA BUSCA DE PAPER



La **societat catalana gnomonica** a pris contacte avec nous. Elle nous invite à participer à leur prochaine réunion qui se tiendra à Madrid, avec un "Safari gnomonique".

Vous pouvez vous adresser (en français) directement à MIQUEL DORCA, vice-président [miqueldorca@teleline.es](mailto:miqueldorca@teleline.es) Tél domicile: 0034 972208222, Tél portable: 0034 609007140. Ci-dessus la fiche d'identité de nos nouveaux amis.

Elle nous adressera l'ensemble de sa revue "La Busca de Paper".

### Société Astronomique de Liège

Un courrier de P. Noez, remercie pour nos échanges et la réception de Cadran Info. Pour ce dernier, P. Noez précise qu'il s'agit d'un <<travail remarquable, très détaillé, très instructif>>. Ces qualificatifs reviennent à l'ensemble des auteurs de notre bulletin.

° **"Paroles de Soleil" fait "parler de lui" (par O. Escuder)**

M. Jean-Marc Ramos, sociologue à l'université Paul-Valéry de Montpellier et chercheur sur les rapports que les hommes entretiennent avec le temps, avait eu l'information de la sortie imminente de notre ouvrage "Paroles de Soleil" sur les devises des cadrans solaires de France. A ce sujet, il m'a demandé si je pouvais écrire un petit article présentant l'ouvrage et explicitant notre méthodologie de travail. Cet article de 9 pages a été rédigé, il est paru dans la revue "Temporalités", n° 3, 2<sup>e</sup> semestre 2005, p. 133 - 142. (Revue *Temporalités* – Revue de Sciences sociales et humaines, 47, boulevard Vauban, 78047 Guyancourt, France).

° **Les médias et les cadrans solaires**

- Le réalisateur Philippe LABRUNE de FRANCE 5/ARTE, a passé une journée du mois d'août dans l'atelier de Y. Guyot à Thiers pour y filmer son travail. Le thème était les techniques de conception et de réalisation des cadrans solaires. D'une durée de 6 minutes 30, ce reportage sera diffusé dans l'émission "Question Maison" présentée par Stéphane Thebaut au retour des vacances.

- Article dans "**Le Rennais**" rubrique "Actualité Quartier, concernant le parc de Beauregard et tout particulièrement son cadran de de 100m de diamètre. Il est présenté par **J. Robic** qui en explique son fonctionnement par sa description et par une photo où il prend la fonction de style.



## Des livres et des revues

■ **La Gnomonique par D. Savoie Ed: les Belles Lettres.**

Bonne nouvelle, lorsque ce Bulletin Info sera publié, le livre "La Gnomonique" de Denis Savoie sera de nouveau disponible. Cette ré-édition est complétée de nouveaux sujets dont certains n'ont jamais été étudiés ou tout du moins d'une manière superficielle.

■ **de Maria Luisa Tuscano:**



° **La meridiana di Giuseppe piazzi nella cattedrale di Palermo** fascicule de 16 pages avec photos et schémas. Istituto tecnico Industriale "Ettore Majorana"-Palermo.

° **Il tempo e l'uomo** présentant en 25 pages, des cadrans solaires et l'horloge astronomique de l'abbazia di S. Martino delle Scale et une référence aux cadrans solaires.



## Quelques Sites internet

▫ **Cadrans vus du ciel** (Info de JP Cornec):

En attendant que le geoportail de l'IGN veuille bien être accessible, et que l'on puisse apercevoir plein de cadrans solaires, je suis allé, entre autres, faire un tour sur l'équivalent britannique: <http://local.live.com/default.aspx> qui, malgré la carte affichée, ne concerne valablement que la Grande-Bretagne. J'y ai repéré quelques grands cadrans. Ce ne sont pas des photos satellites mais aériennes. Naturellement comme souvent il faut savoir que ce sont des cadrans car aucun détail gnomonique n'est apparent.

- Plymouth : Cadran horizontal au centre ville à une intersection de rues.

<http://thecityofplymouth.tripod.com/id5.html>

<http://local.live.com/default.aspx?v=2&cp=50.371164~-4.142726&style=a&lvl=18&scene=1660219>

<http://local.live.com/default.aspx?v=2&cp=50.371445~-4.143279&style=a&lvl=18&scene=1660219>

On distingue l'ombre du style

- Londres: Il s'agit du cadran équatorial situé sur la berge au pied d'un hotel près de la Tour de Londres.

<http://www.stereophoto.co.uk/London/inside/sundial.jpg>

On distingue bien l'ombre de l'anneau

<http://local.live.com/default.aspx?v=2&cp=51.506164~-0.073037&style=a&lvl=19&scene=4321346>

Sur Google Earth on peut distinguer quelques autres spécimens :

- Bracknell (grande banlieue de Londres). On l'atteint par ses coordonnées : 51°25' 00" N 0°45'37" W (la photo semble surexposée). Il s'agit d'un grand équatorial en béton œuvre d'Edwin Russel. On le voit aussi sur le "geoportail" britannique

<http://local.live.com/default.aspx?v=2&cp=51.416615~-0.760943&style=h&lvl=18&scene=4321346>

- Lancaster Williamson Park. On l'atteint sur Google Earth par ses coordonnées : 54° 02' 48" N 2°46'49.2" W. Il s'agit d'un analemmatique sur une plate-forme étoilée.

<http://www.williamsonpark.com/Pages/sundial.html>

▫ **le Moyen Age en lumière** (Info de N. Marquet)



Nicolas de Lyre et la remontée du temps sur les degrés d'Azach, le temps des bergers, l'organisation par la liturgie, la notion de longitude démontrée par son contraire; tout cela sur:

<http://www.moyenageenlumiere.com/image/index.cfm?id=195>

▫ **Groupes/sociétés astronomiques et/ou gnomoniques** (Info de Ph. Sauvageot)

° Liens vers différentes organisations à partir du site de Lucio Maria Morra (cadranier):

<http://www.luciomariamorra.com/links-f.html>

° Liens vers différentes organisations à partir du site de Riccardo Anselmi (membre de la commission des cadrans solaires de la SAF):

[http://digilander.libero.it/sundials/uk\\_home.html](http://digilander.libero.it/sundials/uk_home.html) (puis cliquer sur "home page")

° Liens vers différentes organisations à partir du site de la SAF:

<http://www.saf-lastronomie.com/cadrans/associat.htm> (puis cliquer sur "associations gnomoniques")

° Liens vers différentes organisations à partir du site de la Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft:

<http://www.airbus.ch/airbussag.htm>

° Liens principalement vers des sites personnels, à partir de:

<http://appliedsun.free.fr/sitesweb.htm>

° Liens vers différentes organisations et autres sites de cadrans solaires à partir du site de:

<http://perso.wanadoo.fr/cadrans-solaires/liens.html> (puis cliquer sur "vers d'autres sites")

▫ **Les devises** (Info de O. Escuder)

° Les devises (et leurs traductions) de Boursier

[http://www.locutio.com/modules.php?name=Encyclopedia&op=list\\_content&eid=9](http://www.locutio.com/modules.php?name=Encyclopedia&op=list_content&eid=9)

\*\*\*\*\*