

### Au Sommaire :

- Découvrir Cadran Info et son évolution.
- Un exceptionnel diptyque de 1598.

- **Histoire**

Archéologie, gnomonique et imposture.

- **Réalisations**

Cadrans "Gahon".  
Cadran Equant Sawyer pour la ville de Bruz.

- **Etudes**

Elargissement des activités de la CCS  
aux astrolabes et nocturlabes.  
Formules, dimensions, forme de la  
tache de lumière issue d'un œilleton.  
Cadrans luni-solaires.

- **Informations**

Nouveaux Cadrans. Applications pour  
tablette. Questions/réponses  
gnomoniques.  
Revue du monde.



Sujets inédits et sélection d'articles pour  
découvrir et apprécier Cadran Info  
en 95 pages





## Commission des Cadres Solaires

<http://www.commission-cadran-solaires.fr/>

- ° 2 réunions annuelles : en province et région parisienne.
- ° Revues *Cadran Info*, en mai et en octobre avec les inventaires des cadrans, des astrolabes, des nocturlabes.
- ° Accès aux études, livres numérisés, logiciels : "liste des offres de la CCS".
- ° Courriels d'informations tout au long de l'année.

**Contact : Ph. Sauvageot ou secrétariat de la SAF :**

[ste.astro.france@wanadoo.fr](mailto:ste.astro.france@wanadoo.fr)

## Cadran Info Hors Série 2016

### Pourquoi ce numéro *Cadran Info* Hors Série ?

L'idée de ce numéro Hors Série de *Cadran Info* est venue des constatations suivantes :

1) Lors de notre enquête d'octobre 2015 concernant la "satisfaction et les attentes" des membres de notre commission, la revue *Cadran Info* est ressortie (avec les info-mail gnomoniques) comme un élément incontournable de notre Commission. Les sujets les plus appréciés en général se portent sur la théorie/définitions techniques des cadrans solaires, les informations au sens large, la description des cadrans solaires et leurs histoires.

2) D'autre part *Cadran Info* n'est acheté que par environ un tiers de nos membres et il ne semble pas que ce soit le prix de vente qui en soit la cause.

Suivant l'adage « l'essayer c'est l'adopter », nous avons réalisé ce Hors Série numérique à télécharger gratuitement, pour faire connaître *Cadran Info* et faire découvrir toute sa richesse.

### *Cadran Info*, son contenu :

Habituellement, chaque *Cadran Info* comporte une quinzaine d'articles accompagnés d'informations diverses représentant environ 170 pages. Le sommaire avec présentation de l'article est traduit en anglais, allemand, espagnol et italien.

*Cadran Info* regroupe la majorité des présentations faites lors des deux réunions annuelles de la Commission des Cadres Solaires, ainsi que des articles gnomoniques rédigés principalement par les membres de la Commission des Cadres Solaires de la SAF, reçus en cours d'année.

Ces articles sont accompagnés d'informations diverses (dernières réalisations ou découvertes de cadrans, informations diverses, courrier gnomonique, littérature gnomonique, gnomonique du

monde).

Les évolutions de la revue *Cadran Info* depuis son origine en 2000, sont décrites dans l'interview "des" Philippe Sauvageot.

### ***Cadran Info, sa diversité :***

Les articles abordent tous les domaines de la gnomonique : techniques, historiques, descriptifs, pratiques.... 120 auteurs ont écrit dans la revue depuis son lancement en 2000. Aux cadrans solaires se sont rajoutés l'Astrolabe puis le Nocturlabe.

### ***Cadran Info, son professionnalisme :***

Les articles sélectionnés dans la revue sont rédigés par des spécialistes en gnomonique ou par des personnes faisant partager leur expérience. Les articles sont relus généralement avant diffusion par Denis Savoie président honoraire de la CCS et expert en gnomonique. Les études sont particulièrement détaillées. Des techniques, des formules, des astuces sont mis à disposition.

*Cadran Info* est devenu au cours des années UNE référence en matière d'études, de techniques, de méthodes pour certaines totalement inédites.

### ***Cadran Info, sa diffusion :***

Une diffusion bi-annuelle est retenue et est proposée sur différents supports devant satisfaire tout le monde : numérique avec bonus sur CD ou par téléchargement, supports papier en noir et blanc ou en couleur.

Il est envisagé la possibilité de s'abonner à *Cadran Info* avec l'adhésion/cotisation à la SAF / CCS comme pour la revue *L'Astronomie* ou la revue *Observations & Travaux*.

### ***Cadran Info, ses annexes :***

Des logiciels, des documents, des photos... viennent compléter certains sujets et sont placés en annexe des versions numériques. Ce sont les « bonus ».

### ***Cadran Info, une encyclopédie :***

Les articles sont formalisés de manière à être indépendants. Il est ainsi facile de regrouper dans un cahier tous les articles traitant d'un même sujet.

La totalité des *Cadran info* est maintenant disponible en version PDF et le "tableau liste des articles" est joint en annexe de ce hors série.

### **Tableau liste des articles**

Ce tableau sous Excel est primordial pour retrouver toutes les informations concernant un sujet donné. La colonne n° 2 permet de rechercher tous les articles ayant trait par exemple à :

- des problématiques :
  - ° mesure de la déclinaison d'un mur (faire le tri par "orientation cadran")
  - ° le style (faire le tri par "style")
  - ° restauration de cadrans (faire le tri par "restauration")

- des types de cadrans solaires pour certains "confidentiels".

Il y a plus de 50 types de cadrans (faire le tri par "cadran ....."). Jamais vous ne trouverez

dans un livre, autant de types de cadrans différents abordés sous différents angles par des spécialistes. Jamais vous ne trouverez de recherches aussi pointues concernant les cadrans canoniaux, dont chaque numéro de Cadran Info consacre un article.

- des sujets généraux :

◦ position du soleil, passage au méridien, lever coucher du soleil....

◦ description de cadrans existants (faire le tri par "cadran de .....")

- des logiciels :

Les différents logiciels, tableurs mis à disposition apparaissent en faisant (tri par « logiciel »)

Ces recherches par thème peuvent être complétées par les items de la colonne n°3 précisant si l'article est de catégorie historique, pratique, pratique avec formules, pratique avec géométrie...

La colonne "contenu" donne en quelques mots le contenu de l'article.

⇒  **Dans la version numérique de ce Cadran Info Hors Série vous trouverez en annexe :**

le fichier : "ZZZ\_Articles CI 1 à 33.xls" donnant la liste des articles parus dans Cadran Info.

Dans ce présent Hors Série de découverte, nous avons sélectionné quelques articles déjà publiés, démontrant la variété des items abordés.

Nous avons voulu également que deux sujets inédits soit réservés à ce numéro. Il s'agit de l'**Analyse d'un cadran diptyque de la fin du XVIe siècle** par Paul Gagnaire et Eric Mercier et d'un type de cadran peu connu, le cadran équant : **un cadran Equant Sawyer pour la ville de Bruz** de Frans Maes (*traduction Robic Joël*).

**Bonne lecture et adoptez-le**

## SOMMAIRE Hors Série 2016

<b>Découvrir Cadran Info</b> : le pourquoi de ce numéro		<b>Sauvageot Philippe</b>	<b>1</b>
<b>Sommaire</b>			<b>4</b>
<b>Cadran Info du n°1 au n° 20 (octobre 2009) et au n° 33 (mai 2016)</b> : évolution de la revue. <b>Reprise article CI 20</b>		<b>Sauvageot Philippe</b>	<b>5</b>
<b>Les astrolabes</b> : Description, principe, calculs pour les réaliser. <b>Reprise article CI 20</b>		<b>Alix Brigitte</b>	<b>8</b>
<b>Du cadran solaire aux nocturlabes</b> : après les cadrans solaires en 1972, les astrolabes en 2010, notre commission se lance dans les nocturlabes. <b>Reprise article CI 30</b>		<b>Sauvageot Philippe</b>	<b>25</b>
<b>Cadran de Ruzé de Beaulieu</b> : analyse d'un diptyque du XVIIe siècle en ivoire. <b>Article inédit</b>		<b>Paul Gagnaire &amp; Eric Mercier</b>	<b>32</b>
<b>Œilleton et tache de lumière</b> : Formules trigonométriques de la forme et de la dimension de la tache de lumière issue d'un œilleton circulaire avec un Soleil de diamètre apparent. <b>Reprise article CI spécial</b>		<b>Savoie Denis</b>	<b>54</b>
<b>Remarques sur les cadrans luni-solaires</b> : lecture et précision de ce type de cadran. <b>Reprise article CI 05</b>		<b>Savoie Denis</b>	<b>63</b>
<b>Archéologie, gnomonique et imposture</b> : Mise en garde sur l'interprétation gnomonique de deux soi-disant cadrans solaires antiques <b>Reprise article CI 31</b>		<b>Bonnin Jérôme &amp; Savoie Denis</b>	<b>68</b>
<b>Un cadran Equant Sawyer pour la ville de Bruz</b> : Explication sur la réalisation de ce cadran. <b>Article inédit</b>		<b>Frans Maes traduction Robic Joël</b>	<b>75</b>
<b>Informations diverses</b> :		<b>Contributeurs divers</b>	<b>82</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>° dernières réalisations ou découvertes de cadrans,</li> <li>° informations diverses</li> <li>° courrier gnomonique</li> <li>° littérature gnomonique</li> <li>° gnomonique du monde.</li> </ul>			

**En version numérique :**

- ° Dans le « sommaire .doc », hyperliens à partir des titres vers les fichiers en .pdf
- °  Indique que l'étude détaillée ou le logiciel est inclus dans le dossier "annexe"

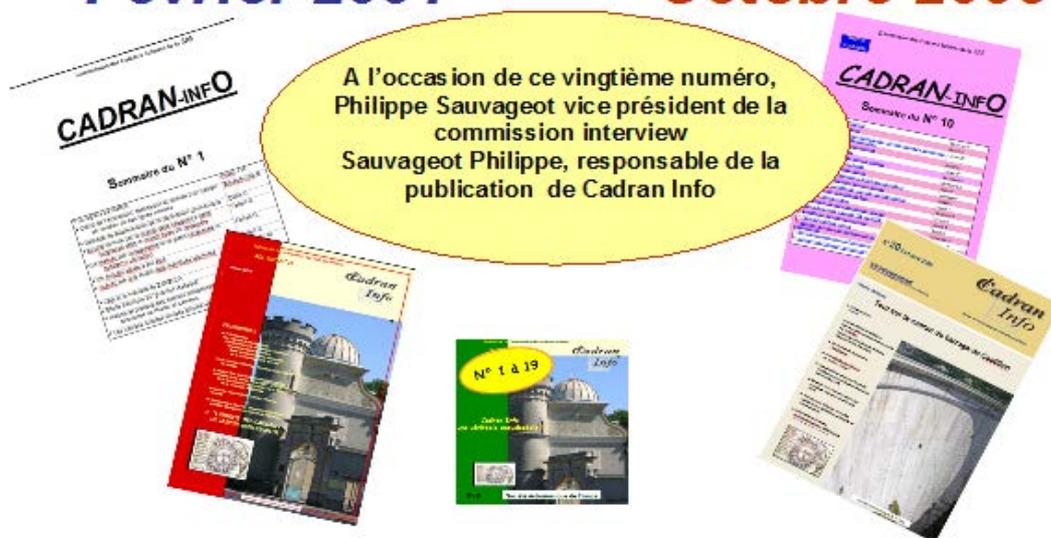
**Couverture** : cadran diptyque de Ruée de Beaulieu (photo de P. Schmit)

**Du numéro 1 au numéro 20**



**N° 1**  
**Février 2001**

**N° 20**  
**Octobre 2009**



**- Philippe Sauvageot vice président :**

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

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

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

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

**- Philippe Sauvageot :**

Comment se présentaient les premiers numéros de Cadran-info?

**- Sauvageot Philippe :**

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

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

**La crainte du manque d'articles**

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

**- Philippe Sauvageot :**

Comment Cadran info a-t-il évolué?

**- Sauvageot Philippe :**

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

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

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

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

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

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

**- Philippe Sauvageot :**

Quelle est la diffusion de la revue?

**- Sauvageot Philippe :**

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

**Une centaine d'exemplaires**

Je connais parfaitement les faiblesses de mon imprimante :

(bourrage, feuille non alignée, problème de cartouche, attente interminable...)

<sup>1</sup> Cadran Info N° 13

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

**- Philippe Sauvageot :**

Merci pour toutes ses explications et maintenant je vous laisse conclure

**- Sauvageot Philippe :**

Alors j'évoquerai :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **Du numéro 20 au numéro 33 de mai 2016**

A cet interview publié en octobre 2009, j'ajouterai que les conditions matérielles de publications se sont améliorées grâce à la SAF. Je suis doté d'un graveur multiple et le secrétariat se charge des tirages. Un grand merci.

Cadran Info se porte très bien. Nous en sommes au numéro 33. Le nombre d'articles et de pages a augmenté. La couverture change maintenant à chaque numéro (couleurs des bandeaux et photo). Il est proposé depuis un an en téléchargement. Cela démarre doucement, mais c'est l'avenir.

J'ai espoir que ce numéro Hors Série de découverte dope les tirages. Non pas pour un côté commercial qui n'est pas, mais pour que chaque passionné de gnomonique (cadrans solaires, astrolabes, nocturlabes ) soit à la pointe de l'information pour son plus grand plaisir.

Mon rêve reste une publication de luxe, sur un beau papier glacé, bien relié accompagné d'une version numérique. Quant à mon émerveillement, il est le même face à la richesse des articles et leurs variétés qui semblent toujours plus grande.





## Les Astrolabes

Par Brigitte Alix

*En grec, astrolabe signifie « preneur d'astres ». La mesure de la hauteur des astres (étoiles ou soleil) au dessus de l'horizon, va permettre de se situer dans le temps, lire l'heure solaire, et de s'orienter de jour comme de nuit. Instrument d'observation et de calcul, il se décline en différentes catégories : l'astrolabe sphérique encore appelé sphère armillaire; l'astrolabe planisphérique, le plus classique, issu de l'astrolabe sphérique; l'astrolabe quadrant, réduction à un quart de cercle de l'astrolabe planisphérique; l'astrolabe nautique; l'astrolabe universel.*

Le principe de ces instruments est de modéliser les mouvements du ciel. La sphère armillaire, objet en 3 dimensions, est une représentation de la sphère céleste, la terre étant au centre du système. Les astrolabes planisphériques, quadrants, universels, représentent également la sphère céleste, mais sont des objets en 2 dimensions, obtenus par différents procédés de projection (stéréographique, orthographique), le plan de projection pouvant être celui de l'équateur ou du colure des solstices. L'astrolabe nautique quant à lui, est un « simple » cercle gradué en 180° (voire 360°).

Quand on parle d'astrolabe, on fait souvent référence à l'astrolabe planisphérique, instrument utilisé au Moyen-âge dans le monde islamique et l'Occident chrétien autant à des fins astronomiques, pédagogiques, astrologiques que religieuses.

### L'astrolabe planisphérique.

Vue d'ensemble :



Astrolabe du XVe  
(Attribué à Jean  
Fusoris)  
Collection Musée  
d'Oxford  
N° inventaire  
39540



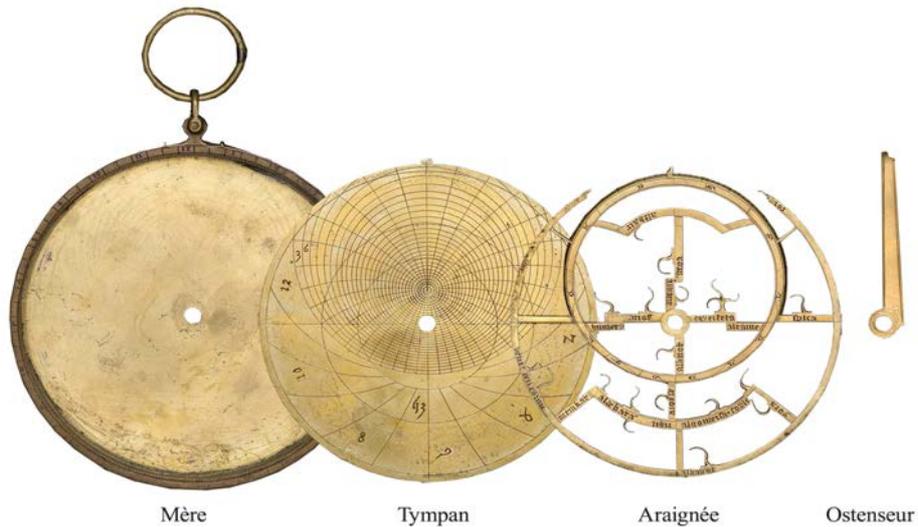
◀ Face avant

Face arrière ▶

**Éléments constitutifs de l'instrument :**

**Face avant :**

La mère, disque de métal, en général du laiton, est concave et reçoit les tympan, sur lesquels on superpose l'araignée, le tout étant complété par une règle appelée ostenseur.



**Face arrière :**

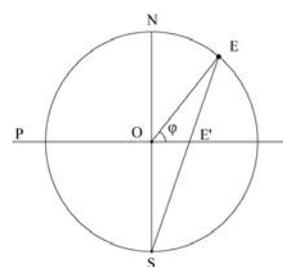
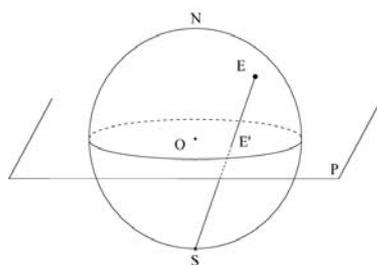
Le dos de l'astrolabe est pourvu d'une alidade. L'instrument est assemblé grâce à un axe central ou essieu.



**La projection stéréographique**

Dans le cas de l'astrolabe planisphérique, la représentation de la sphère céleste objet en 3 dimensions, dans un plan objet en 2 dimensions, se fait par l'intermédiaire de la projection stéréographique, dans le plan de l'équateur.

La projection des objets de la sphère dans le plan de l'équateur se fera en regardant par le point S, pour un astrolabe utilisable dans l'hémisphère nord. L'objet E situé sur la sphère a son image dans le plan P au point E'.



Vu en coupe.

La distance OE' sur P se traduit par :

$$OE' = R \tan \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

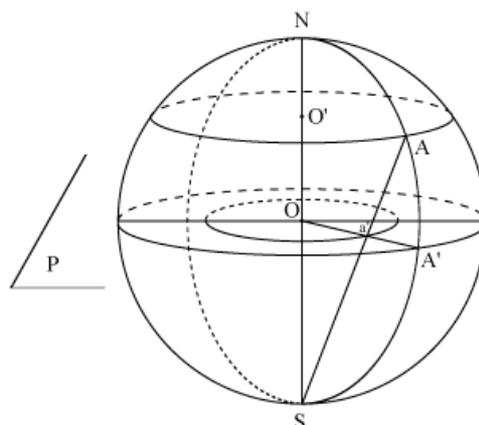
En résumé, la projection stéréographique

d'un point E de la sphère est le point E', intersection de SE avec le plan de projection P. Cette projection est appelée de « pôle Sud », toutes les droites de projection partent du pôle Sud, S.

### Propriétés de la projection stéréographique

- 1) Le centre O est la projection du point N, diamétralement opposé à S.
- 2) Un arc de grand cercle SA dont le plan passe par S et par N génère dans le plan la droite OA'
- 3) Un cercle de centre O' et de rayon O'A, cercle dont le plan est parallèle au plan de projection, génère dans le plan de projection un cercle de centre O et de rayon Oa'.

*Remarque :* le cercle de centre O' se trouve au-dessus du plan de projection, le rayon de sa projection Oa' est donc inférieur à celui du cercle de base de centre O. Pour un cercle se trouvant au-dessous du plan de projection, le rayon de la projection est supérieur à celui du cercle de base.



- 4) La projection stéréographique conserve les angles : 2 courbes formant un angle sur la sphère ont des images formant le même angle dans le plan ; elle est encore dite « conforme ».

- 5) Plus un astre est proche du pôle sud, plus sa représentation dans le plan s'éloigne du centre de ce dernier. Si la projection stéréographique conserve les angles, par contre elle ne conserve pas les distances et c'est la raison pour laquelle, la représentation de la sphère est limitée au tropique du Capricorne

### Que représentent les tracés des différentes faces de l'astrolabe ?

Considérons tout d'abord la face avant, face pour laquelle la projection stéréographique est utilisée. Comme vu précédemment, la face avant est constituée de 4 éléments : la mère, le tympan, l'araignée et l'ostenseur.

Le tympan, inséré dans la mère est une pièce fixe, et correspond aux tracés de la sphère locale (tropiques, équateur, horizon, cercles de hauteur et cercles d'azimut, zénith).

- a) Représentation stéréographique des tropiques du Cancer et du Capricorne, de l'équateur, le centre de l'astrolabe est la projection du pôle nord céleste  $P$ .

Soit une sphère de rayon  $R$ , le calcul du rayon de chacun des 3 cercles à tracer dans le plan s'obtient par :

$$PC = R \operatorname{Tg} \left( 45^\circ - \frac{23^\circ 26'}{2} \right)$$

$$PE = R; \quad PC' = R \operatorname{Tg} \left( 45^\circ + \frac{23^\circ 26'}{2} \right)$$

- b) Représentation stéréographique de l'horizon (à la latitude de  $50^\circ$  N), du méridien, du zénith  $Z$ , des almicantarats (cercles d'égaux hauteurs parallèles à l'horizon).

Formules traduisant la projection des almicantarats (tracés ici tous les  $10^\circ$ ), y compris ligne d'horizon et ligne de crépuscule ( $18^\circ$  sous la ligne d'horizon) :

Extrémités des diamètres (avec  $h^\circ$  la hauteur de l'almicantarat au dessus de l'horizon, et  $\varphi$  la latitude) :

- Nord :

$$P_n = R \operatorname{Tg} \frac{h^\circ - \varphi}{2}$$

$P_n < 0$  pour  $h^\circ < \varphi$  et  $P_n > 0$  pour  $h^\circ > \varphi$

- Sud :

$$P_s = R \operatorname{Cotg} \frac{h^\circ + \varphi}{2}$$

La distance du centre au pôle  $P$  étant :

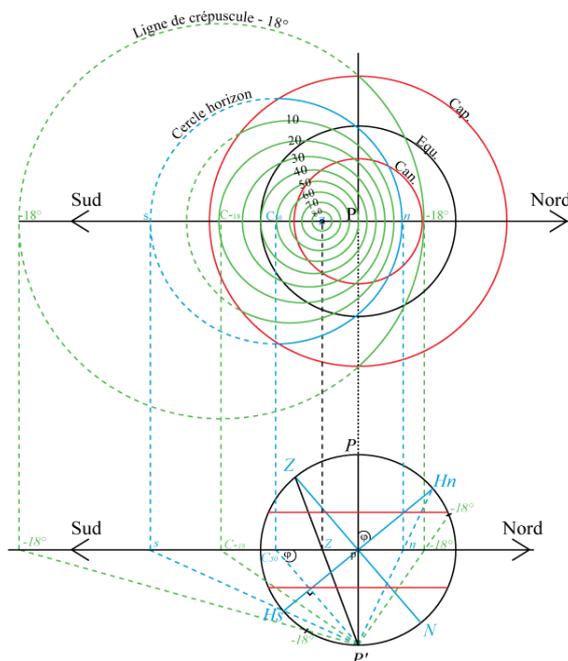
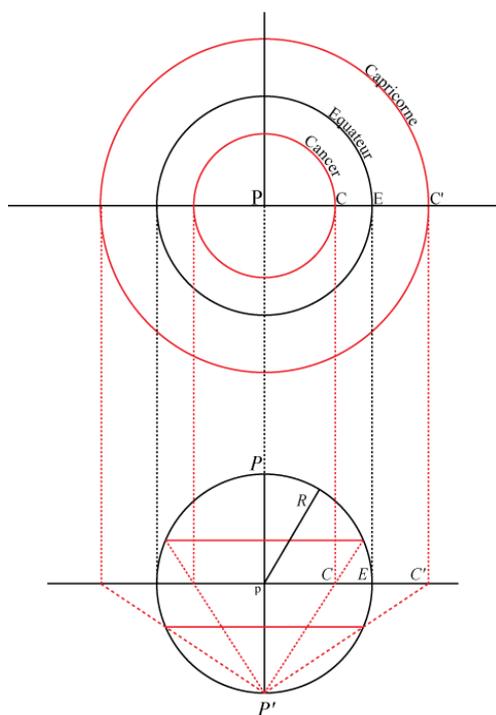
$$C_{h^\circ} = R \frac{\operatorname{Cos} \varphi}{\operatorname{Sin} \varphi + \operatorname{Sin} h^\circ}$$

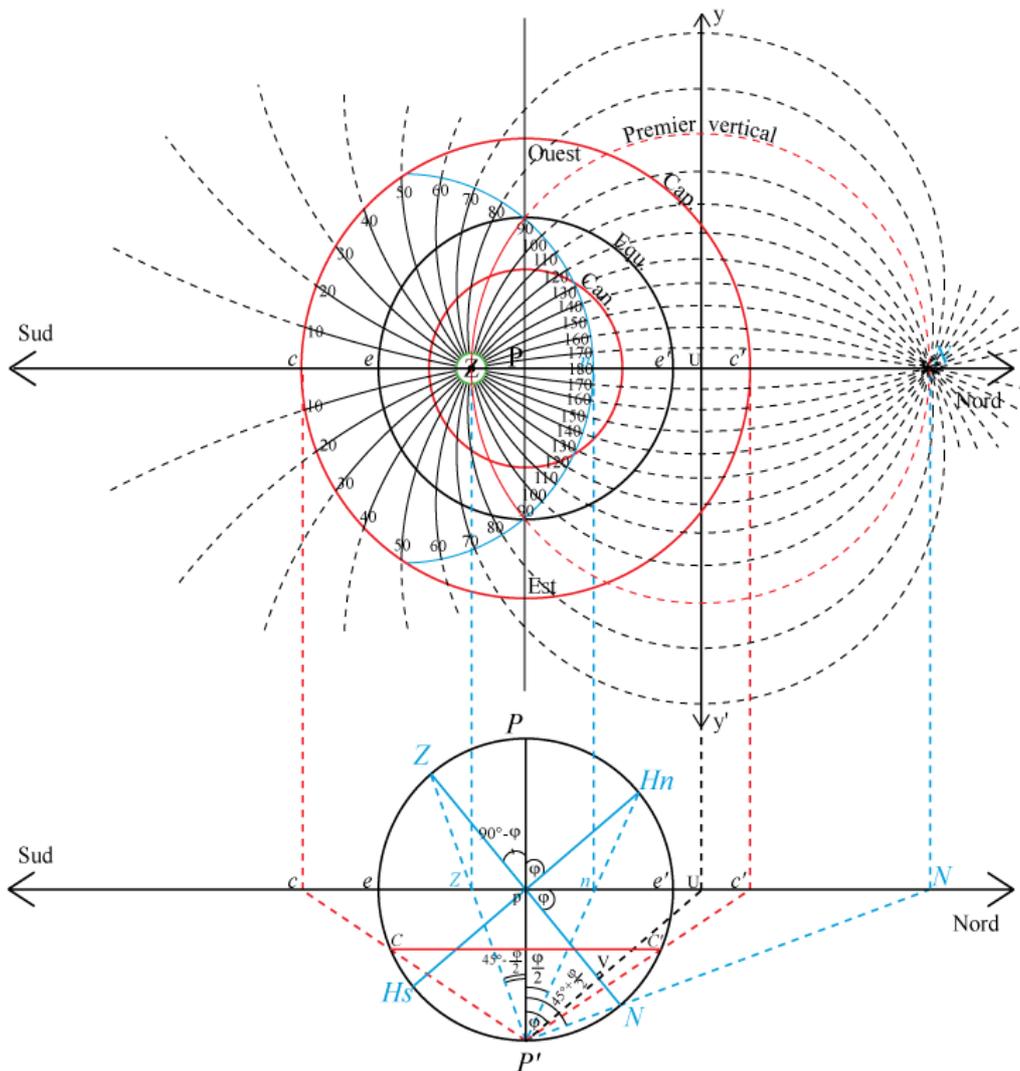
On remarquera :

°  $P_n = 50^\circ$ , la ligne d'horizon au méridien Nord est distante de  $50^\circ$  de  $P$

° L'Equateur passe à une hauteur de  $40^\circ$  au-dessus de l'horizon au méridien Sud.

- c) Représentation stéréographique des cercles d'égal azimut (à la latitude de  $50^\circ$ )





Les azimuts sont comptés à partir du Sud : dans le sens horaire pour les azimuts occidentaux et dans le sens direct pour les azimuts orientaux. La direction ZSud a pour azimut 0°, la direction ZNord a pour azimut 180°.

Soit le grand cercle passant par ZN, perpendiculaire au méridien, d'azimut 90°, encore appelé 1<sup>er</sup> vertical. La projection de ce premier vertical s'obtient en menant par P' la perpendiculaire P'V à ZN. Le point U, intersection de la perpendiculaire P'V et de l'axe Sud/Nord, est le centre du premier vertical :  $pU = R \operatorname{Tg} \varphi$

Détermination du rayon de l'azimut 90° :

$$ZU = pZ + pU \quad \text{avec} \quad pZ = R \operatorname{Tg} (45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \quad \text{Ou encore : } ZU = R / \operatorname{Cos} \varphi$$

Dans le plan, tous les cercles d'azimuts passent par le zénith Z et le nadir N. Leurs centres se trouvent sur la médiatrice de NZ,  $yy'$ , perpendiculaire au méridien Sud/Nord au point U.

Centres des azimuts sur  $yy'$  :  $C_{AZn} = ZU \operatorname{Tg}(Az^\circ - 90^\circ)$  avec  $C_{AZn} > 0$  pour les azimuts occidentaux et  $C_{AZn} < 0$  pour les azimuts orientaux.

Rayon des cercles d'azimuts :  $R / (\operatorname{Cos} \varphi \times \operatorname{Sin}(Az^\circ))$

d) Tracé des heures inégales:

Il reste un tracé que l'on réalise dans la partie basse du tympan, c'est-à-dire sous la ligne d'horizon : les lignes d'heures inégales ou temporaires.

On distingue les heures inégales de jour et les heures inégales de nuit. Les heures inégales de jour s'obtiennent en divisant par douze l'intervalle de temps qui s'écoule du lever au coucher du soleil. Les heures inégales de nuit correspondent à l'intervalle de temps, du coucher au lever du soleil, divisé par 12. La valeur de l'heure inégale de jour comme de nuit est donc différente chaque jour, sauf aux équinoxes, avec une inégalité maximale aux solstices.

En l'occurrence, le tracé des heures inégales sur le tympan, sous la ligne d'horizon, correspond aux heures inégales de nuit. Il est possible d'utiliser ce tracé pour les heures inégales de jour, mais il faudra alors utiliser le point antisolaire, donc opposé au point solaire sur l'écliptique.

Considérons les heures inégales de nuit : l'amplitude coucher lever du soleil étant divisée en 12 parties, lorsque le soleil se couche il est 0 heure inégale. A la sixième heure inégale, le soleil franchi le méridien nord, méridien inférieur. Au lever du soleil il est douze heures inégales.

Au solstice d'été le soleil se couche en Sc, passe au méridien inférieur en d et se lève en Sl. La valeur de l'arc ScSl, s'obtient par calcul :

$$ScSl = 2 \operatorname{Acos} (-\operatorname{Tg} \varphi \operatorname{Tg} -23^{\circ} 26'). \text{ A la latitude de } 50^{\circ} \operatorname{ScSl} = 117^{\circ} 46'$$

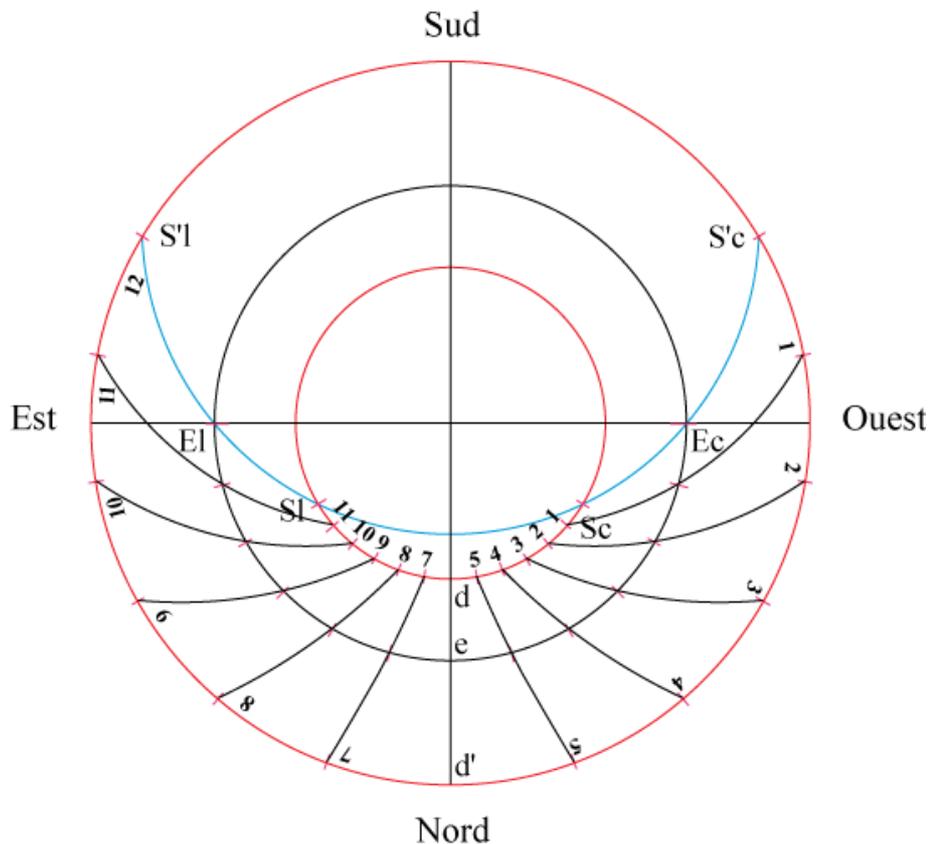
On divise l'arc ScSl en 12 pour obtenir la première série de points qui va permettre de tracer les lignes d'heures inégales.

De même aux équinoxes : le soleil se couche en Ec et se lève en El.

L'arc EceEl vaut  $180^{\circ}$ , et on divise également cet arc en 12 pour obtenir la deuxième série de points.

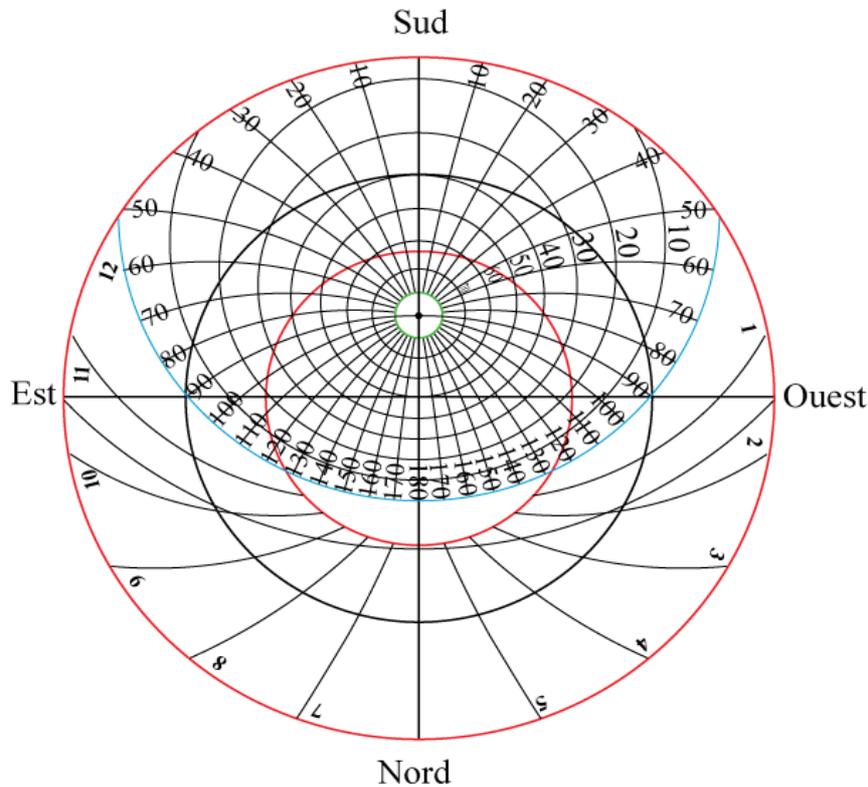
Au solstice d'hiver le soleil se couche en S'c, passe au méridien inférieur en d' et se lève en S'l.

La valeur de l'arc S'cS'l, s'obtient par calcul :  $S'cS'l = 2 \operatorname{Acos} (-\operatorname{Tg} \varphi \operatorname{Tg} 23^{\circ} 26')$ . A la latitude de  $50^{\circ} S'cS'l = 242^{\circ} 13'$ .



On divise l'arc S'cS'l en 12 pour obtenir la troisième série de points qui va permettre de tracer les lignes d'heures inégales en reliant les 3 points 1, les 3 points 2,... (Calculs par rapport au centre du soleil, hors réfraction)

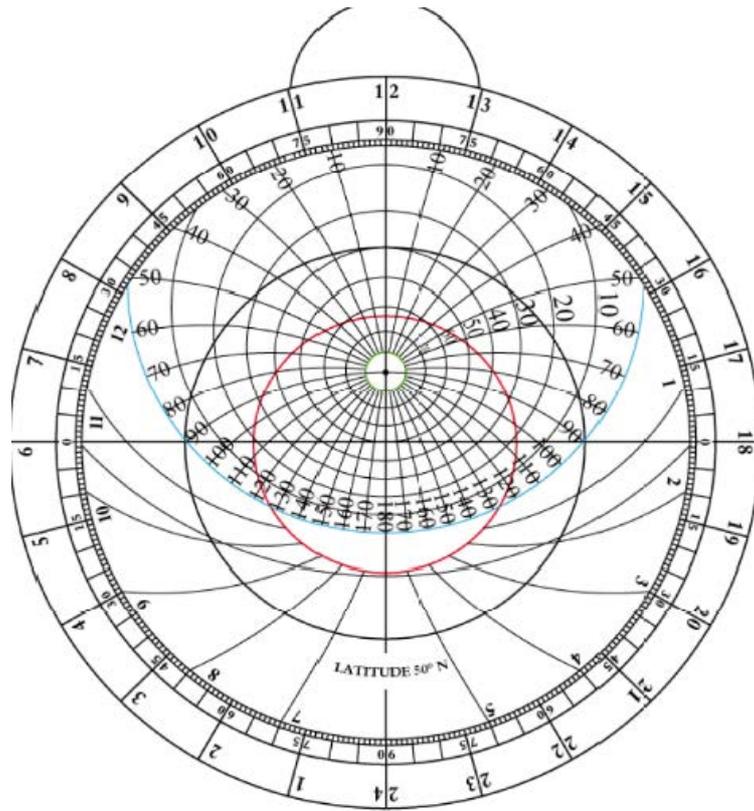
Vue de l'ensemble des tracés du tympan :



Le tympan est inséré dans la mère. Cette partie de l'astrolabe également appelée matrice, est donc concave pour recevoir les tympan. Le pourtour de la mère, appelé limbe, gradué en 360° ou 24h, est la représentation stéréographique des méridiens. Pour mémoire, tout grand cercle de la sphère passant par les pôles, génère dans le plan une droite.

*NB* : il n'a été question ici que des tracés de base. Il existe des instruments dont les tympan ont des tracés spécifiques tels que les lignes des prières musulmanes, la direction de la Qibla, les lignes de crépuscules 6° et 12°, les maisons astrologiques...

Vue générale de la face avant.



Sur la face avant vient se poser l'araignée. C'est une pièce mobile, en rotation sur le tympan, et représente le tracé stéréographique de la sphère céleste (écliptique et étoiles).

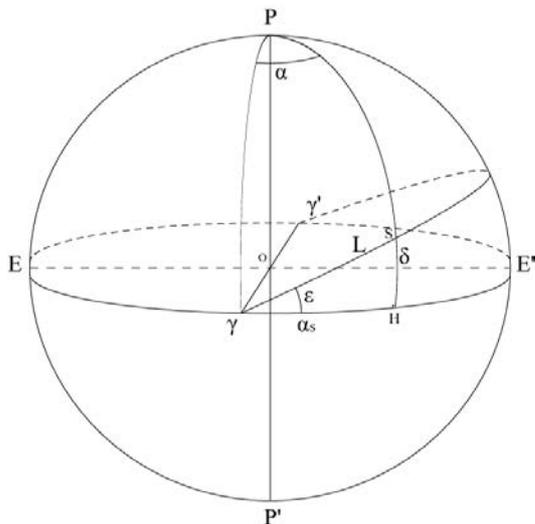
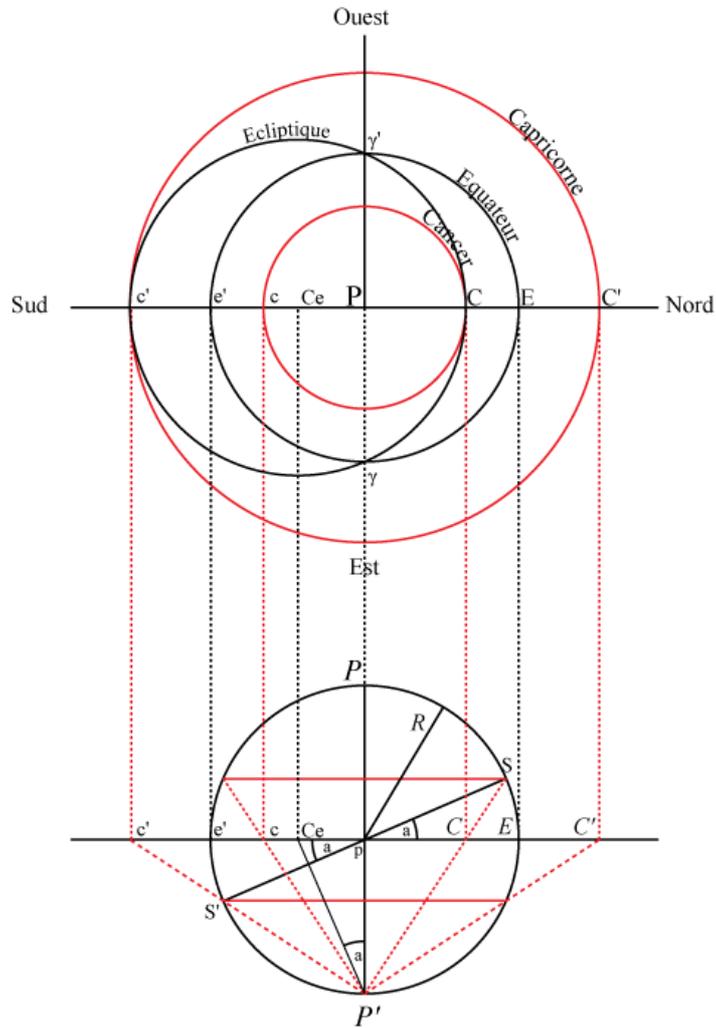
Le cercle écliptique est tangent au tropique du cancer au solstice d'été et tangent au tropique du capricorne au solstice d'hiver, les points  $\gamma$  et  $\gamma'$  étant l'intersection de l'écliptique et de l'équateur, position du soleil respectivement à l'équinoxe de printemps et à l'équinoxe d'automne.

Le diamètre de l'écliptique correspond à la somme du rayon du tropique du cancer, PC, et du rayon du tropique du capricorne Pc'.

La valeur du diamètre de l'écliptique Cc' dans le plan se calcule par :

$$Cc' = R \left( \left( \frac{Tg(45^\circ - 23^\circ 26')}{2} + \frac{Tg(45^\circ + 23^\circ 26')}{2} \right) \right)$$

Le centre de l'écliptique Ce correspond à :  $Ce = R Tg 23^\circ 26'$



### Graduation de l'écliptique

La position du soleil S sur l'écliptique est définie par sa longitude écliptique L,  $L = \gamma S$ .

Le cercle horaire PS intercepte orthogonalement l'équateur en H.

Dans le triangle sphérique  $\gamma HS$ ,  $\gamma H$  mesure l'ascension droite  $\alpha_s$ .

L'ascension droite se calcule selon la formule :  $Tg \alpha = Tg L \text{ Cos } \epsilon$ ; avec  $\epsilon = 23^\circ 26'$

Calcul des angles  $\alpha$  pour des valeurs de 10 en  $10^\circ$  de L :

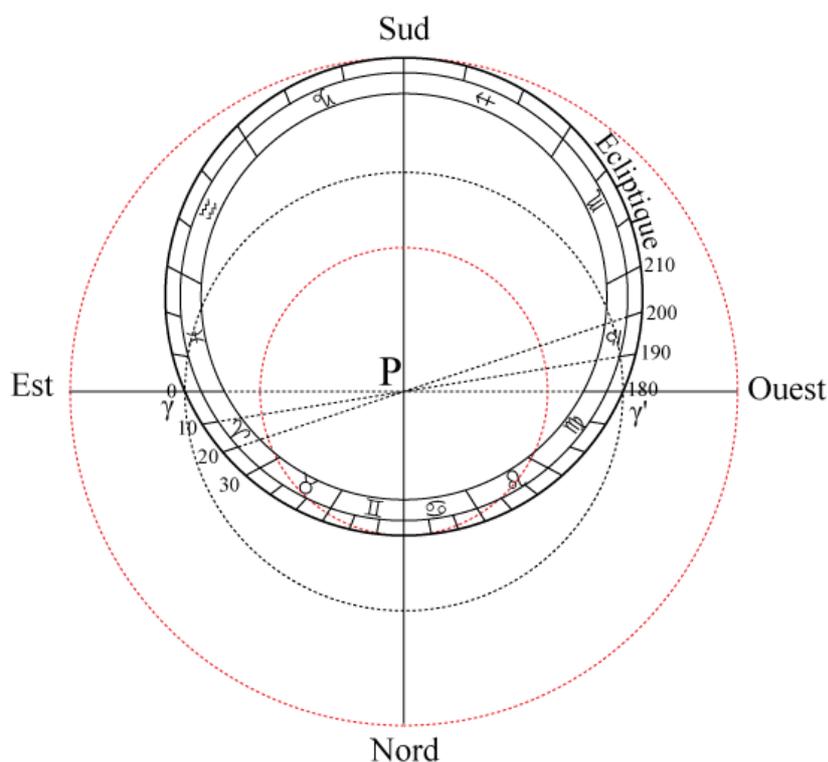
<b>L</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
<b><math>\alpha</math></b>	9,19	18,47	27,91	37,59	47,56	57,82	68,36	79,12	90,00
<b>L</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>

$\alpha$	100,88	111,64	122,18	132,44	142,41	152,09	161,53	170,81	180,00
----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Une araignée est généralement graduée tous les 5°. Sur des instruments de grande taille, elle pourra être graduée tous les 2°.

Les graduations  $\alpha$  seront reportées sur l'araignée en traçant les droites passant par P, se prolongeant de part et d'autre de P jusque sur le bord de l'écliptique.

Le point de départ des graduations est le point vernal, et le report se fait dans le sens direct.



### Projection des étoiles :

On reporte sur l'araignée les étoiles les plus brillantes, étoiles se situant bien entendu entre 23° 26' et 90° de déclinaison.

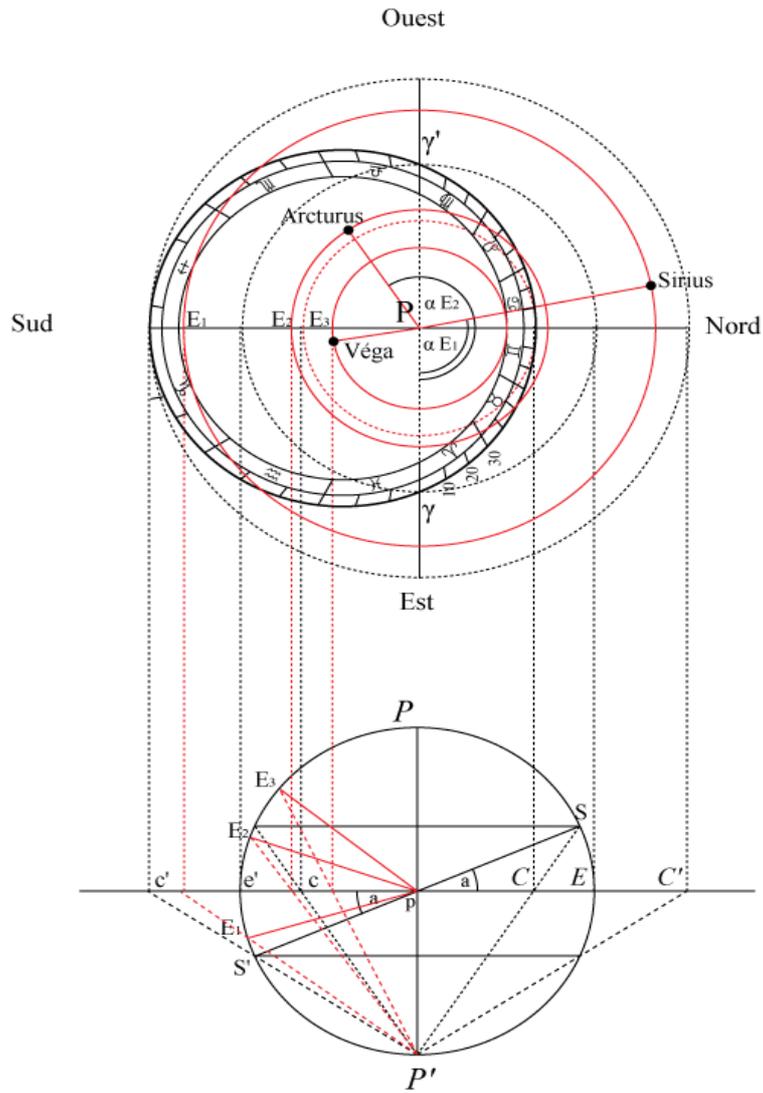
La méthode la plus simple pour construire la projection des étoiles, consiste à utiliser leurs coordonnées équatoriales et à calculer la position des astres à représenter.

Prenons pour exemple 3 étoiles à reporter (coordonnées J2000):

- $E_1$  -  $\alpha$  CMa – Sirius – Ascension Droite  $\alpha$  : 6h 45m 08s – Déclinaison  $\delta$  :  $-16^\circ 42' 58''$
- $E_2$  -  $\alpha$  Boo – Arcturus – Ascension Droite  $\alpha$  : 14h 15m 39s – Déclinaison  $\delta$  :  $+19^\circ 10' 57''$
- $E_3$  -  $\alpha$  Lyr – Véga – Ascension Droite  $\alpha$  : 18h 36m 56s – Déclinaison  $\delta$  :  $+38^\circ 47' 36''$

Les coordonnées Ascension Droite sont converties en degrés, et ensuite reportées à partir de 0H, point vernal et dans le sens direct.

Les coordonnées Déclinaison vont permettre de calculer la distance au pôle de l'étoile.



Avec R, rayon de base, 3 cm :

$$E_1 - \alpha \text{ CMa} : A.D = 101,28^\circ$$

$$\text{Distance au p\^ole} : R \operatorname{Tg} \left( 45^\circ - \frac{\delta E_1}{2} \right) = 4.03 \text{ cm}$$

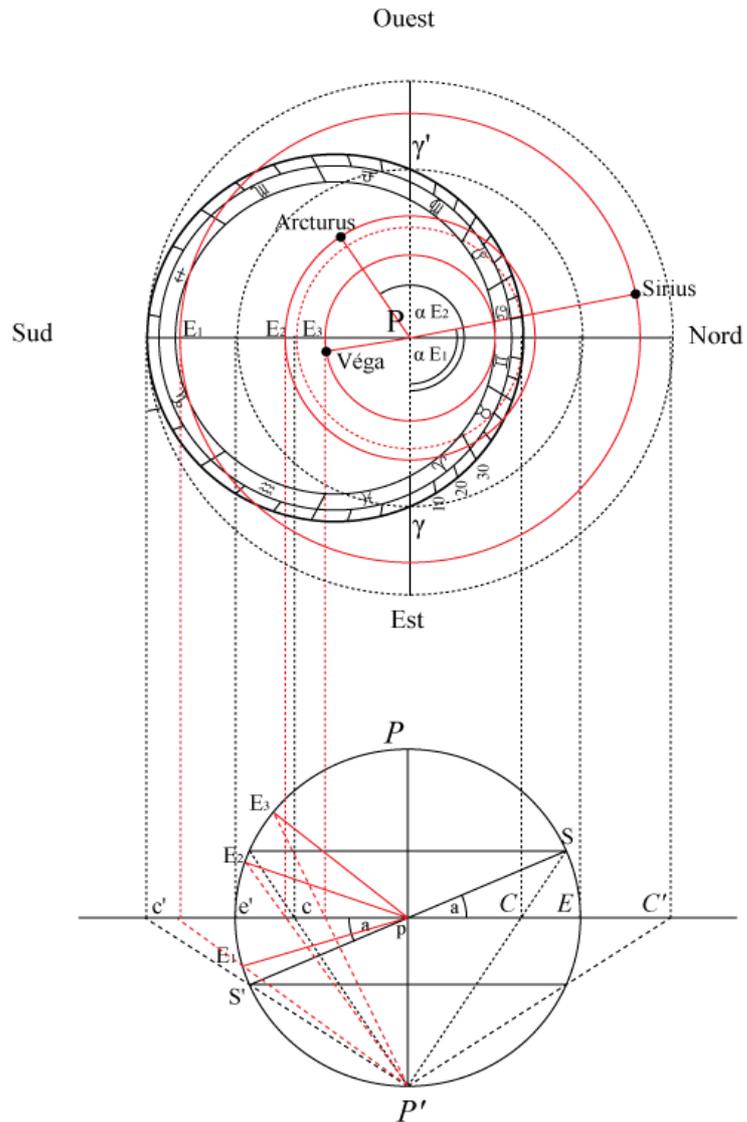
$$E_2 - \alpha \text{ Boo} : A.D = 213,91^\circ$$

$$\text{Distance au p\^ole} : R \operatorname{Tg} \left( 45^\circ - \frac{\delta E_2}{2} \right) = 2.13 \text{ cm}$$

$$E_3 - \alpha \text{ Lyr} : A.D = 279.23^\circ$$

$$\text{Distance au p\^ole} : R \operatorname{Tg} \left( 45^\circ - \frac{\delta E_1}{2} \right) = 1.44 \text{ cm}$$

R = 3cm

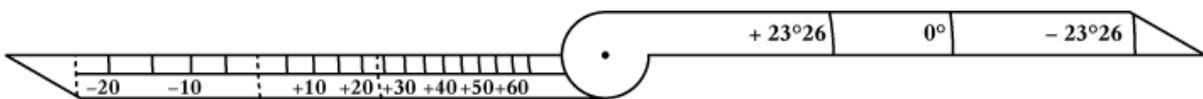


La dernière pièce de la face avant est l'ostenseur.

Règle (simple ou double) graduée en déclinaison, selon la formule :

$$R \operatorname{Tg} (45^\circ - \delta/2)$$

avec R, rayon de la sphère de base



### Le dos de l'astrolabe

Les tracés les plus communs au dos de l'astrolabe sont le limbe, le calendrier zodiacal associé au calendrier civil, et le carré des ombres. La présentation ci-après, se limitera au système calendrier zodiacal/civil.

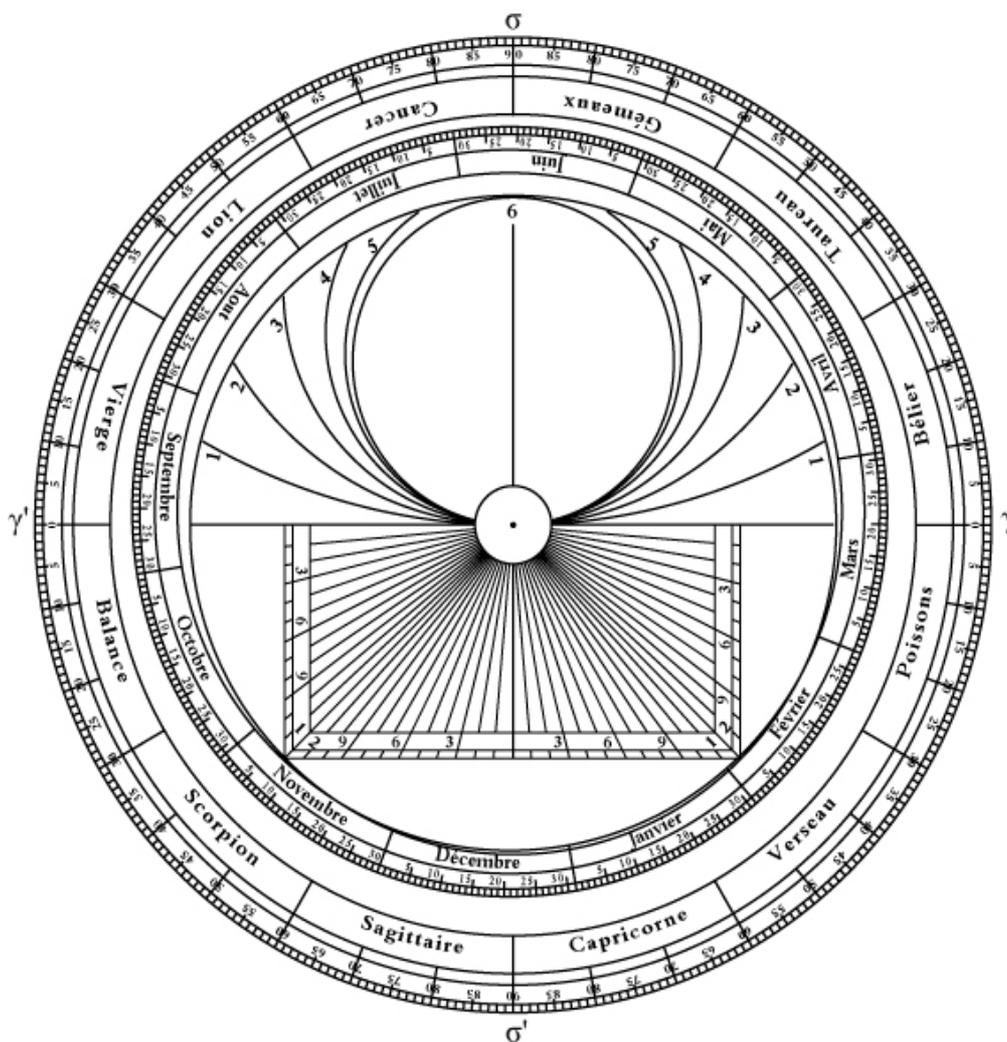
Le limbe, couronne extérieure, est gradué en 360°. Il servira aussi bien pour le calendrier zodiacal que pour la lecture de la hauteur mesurée des astres au dessus de l'horizon. Il est constitué de 4 quadrants. Le quadrant en haut à droite est gradué de 0° à 90°, 0° étant à l'horizontal du centre de l'astrolabe et 90° à la verticale.

Le calendrier zodiacal comporte les signes du zodiaque, 12 secteurs de 30°.

Le calendrier civil est la couronne graduée en mois et jours (360°/365.25),

Le point vernal, degré 0 du Bélier correspond au 20 mars, équinoxe de printemps.

Le calendrier zodiacal permet pour une date donnée de déterminer la position du soleil sur l'écliptique, ou point solaire.



La couronne comprenant les mois et les jours peut être centrée ou excentrée.

Dans le cas d'une couronne centrée, il sera nécessaire, pour tenir compte de **l'inégalité des saisons**, de réaliser les intervalles de graduation des jours légèrement inégaux.

Dans le cas d'une couronne excentrée, les intervalles entre 2 graduations seront égaux, mais le centre sera différent de celui de la couronne extérieure.

### Comment définir ce centre ?

La durée des saisons actuellement est :

		Nb jours	Nb jours	◦	◦
$\alpha$	printemps	92,76	186,41	91,4267	183,7306
$\beta$	été	93,65		92,3039	

<b>automne</b>	89,84	178,84	88,5487	176,2694
<b>hiver</b>	89		87,7207	
	365,25	365,25	360	360

Pour respecter  $\alpha + \beta > 180^\circ$  et  $\alpha < \beta$ , le centre J du cercle excentré se situera au dessus de la ligne des équinoxes  $\gamma\gamma'$  et à gauche de la ligne des solstices  $\sigma\sigma'$ .

La durée du printemps est égale à l'arc AB ( $\alpha = \text{angle}(AJB)$ )

La durée de l'été est égale à l'arc BC ( $\beta = \text{angle}(CJB)$ )

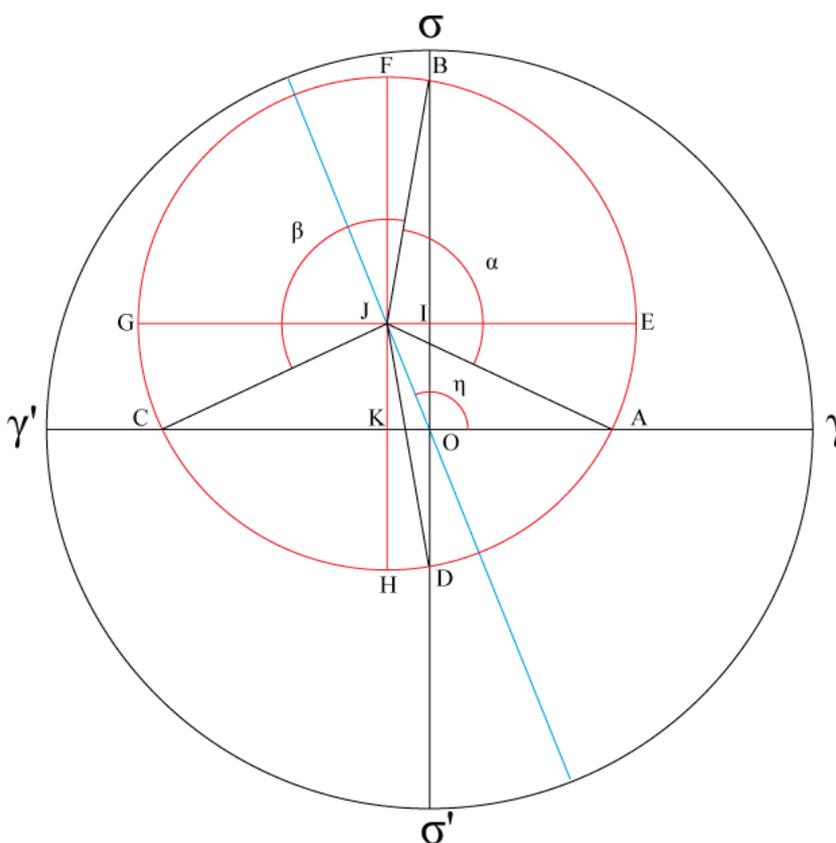
Dans cet exemple :

e)  $\alpha = 91,4267^\circ$

f)  $\beta = 92,3039^\circ$

g) R = reste en variable

On cherche  $\eta$  la valeur de l'angle AOJ.



° Calcul de l'angle AJE :

$$\alpha + \beta = \text{angle}(AJE) + 180^\circ + \text{angle}(GJC) ; \text{ or } \text{angle}(AJE) = \text{angle}(GJC)$$

$$\text{Donc } \alpha + \beta = 2 \times \text{angle}(AJE) + 180^\circ ; \text{ et } \text{angle}(AJE) = (\alpha + \beta - 180^\circ)/2$$

$$\text{Calcul : } \text{angle}(AJE) = (91,4267^\circ + 92,3039^\circ - 180^\circ) / 2 = 1,8653^\circ$$

° Calcul de la longueur du segment KJ:

$$KJ = R \sin(KAJ) , \text{ or } \text{angle}(KAJ) = \text{angle}(AJE) ; \text{ donc } KJ = R \sin(AJE)$$

$$\text{Calcul : } KJ = 0,0325498R$$

° Calcul de l'angle FJB:

$$\beta > \alpha ; \alpha = \text{angle}(AJF) - \text{angle}(FJB) ; \beta = \text{angle}(CJF) + \text{angle}(FJB)$$

$$\text{De plus } \text{angle}(AJF) = \text{angle}(CJF)$$

$$\text{Donc } \beta - \alpha = \text{angle}(CJF) + \text{angle}(FJB) - (\text{angle}(AJF) - \text{angle}(FJB)) =$$

$$= 2 \times \text{angle}(FJB). \text{ Donc } \text{angle}(FJB) = (\beta - \alpha)/2$$

° Calcul :  $\text{angle}(FJB) = (92,3039^\circ - 91,4267^\circ) / 2 = 0,4386^\circ$

° Calcul de la longueur du segment IJ:

$$IJ = R \sin(IBJ) , \text{ or } \text{angle}(IBJ) = \text{angle}(FJB) ; \text{ donc } IJ = R \sin(FJB)$$

$$\text{Calcul : } IJ = 0,0076549R$$

° Calcul de la longueur du segment OJ

$$OJ^2 = KJ^2 + JI^2 ; \text{ donc } OJ = \text{racine } (KJ^2 + JI^2)$$

$$\text{Calcul : } OJ = 0,0334378R$$

° Calcul de l'angle  $\eta$

$$\sin(KOJ) = JK/OJ ; \text{ donc angle } (KOJ) = \arcsin(JK/OJ)$$

$$\eta = 180^\circ - \text{angle } (KOJ) = 180^\circ - \arcsin(JK/OJ)$$

$$\text{Calcul : } \eta = 180^\circ - 76,766^\circ = 103,234^\circ$$

\*\* Notion d'excentrement : l'excentrement  $e$  est la valeur du ratio  $OJ/R$  ( $e = OJ/R$ )

$$\text{Calcul : } e = 0,0334378 = 1/29,906 \text{ (avec } R = 1)$$

### Construction du calendrier :

Pour un calendrier de rayon 75 mm. Après avoir tracé le limbe extérieur et la couronne zodiacale, on trace la couronne du calendrier.

$$OJ/R = 1/29,906 \text{ avec } R = 75 \text{ mm } OJ = 75/29,906 = 2,508 \text{ mm.}$$

On reporte OJ sur OA, l'angle  $\gamma_{OA}$  valant  $103,234^\circ$ , et on trace le cercle extérieur de la couronne du calendrier de centre J. On trace ensuite 3 autres cercles de diamètres inférieurs à 75 mm, ces cercles formant des couronnes vont recevoir dans la 1<sup>ère</sup> couronne les graduations pour les 365 jours du calendrier civil, dans la 2<sup>ème</sup> couronne les graduations des jours, 5, 10, 15, 20, 25, 30 ou 31, février n'ayant que 28 jours, et dans la dernière les noms des mois.

Il va s'agir de déterminer le point de départ 1<sup>er</sup> Janvier du calendrier civil sur la couronne zodiacale.

Les coordonnées équatoriales du soleil le 01/01/2010 sont ;

$$\text{Ascension Droite : } 18\text{h } 44\text{m } 52\text{s} / \text{Déclinaison } -23^\circ 2' 14''$$

$$\text{Soit } AD = 281,21667^\circ$$

La longitude écliptique L correspondant à AD est :  $\text{tg } L = \text{tg } AD / \cos \varepsilon$

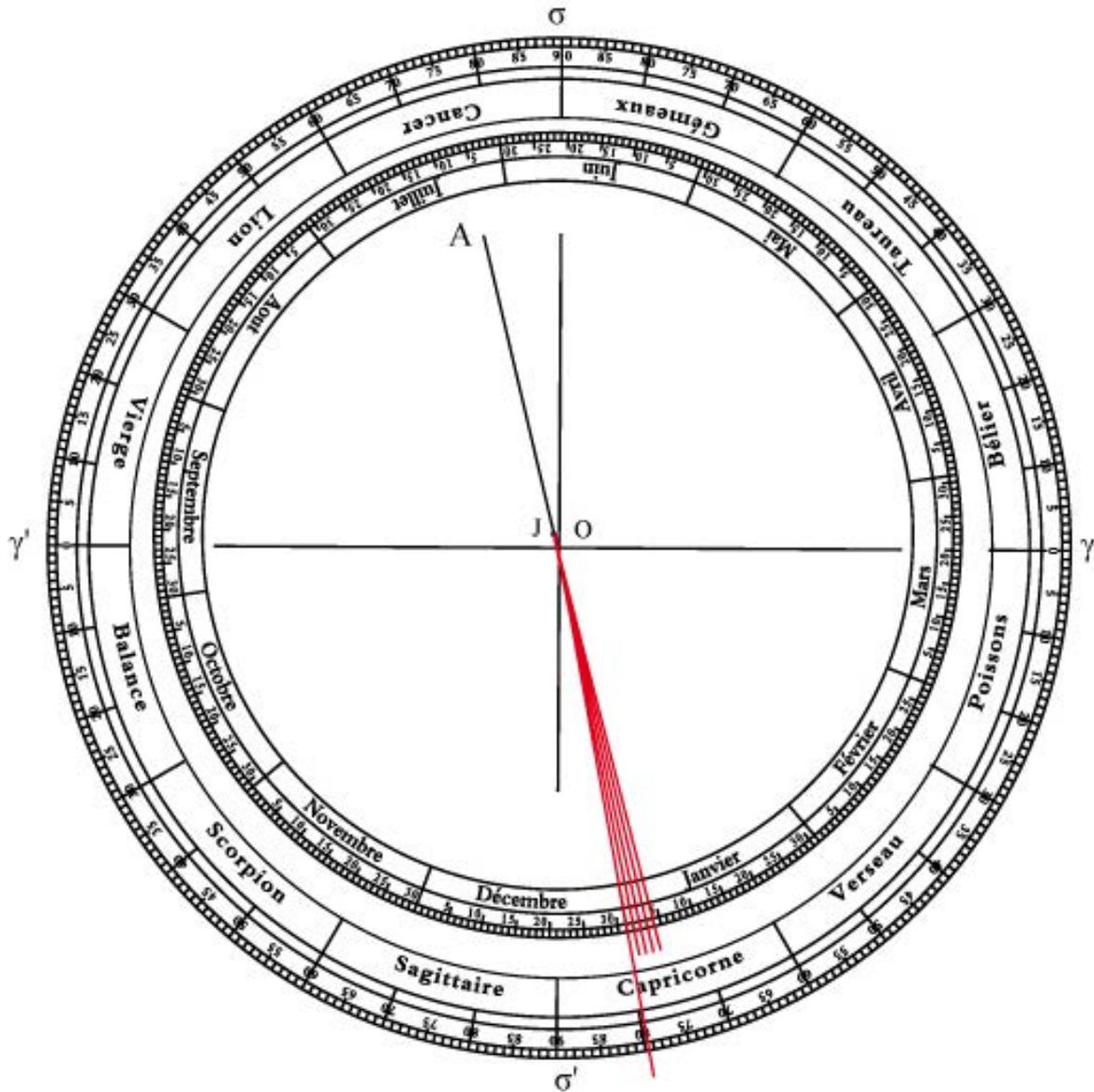
$$\text{Avec } \varepsilon = 23^\circ 26'$$

$$\text{Soit : } L = 280,312^\circ \text{ arrondi à } 280,3^\circ$$

$$\text{Et } L = 280,3^\circ \rightarrow 10,3^\circ \text{ du Capricorne}$$

On trace le calendrier civil de centre J (365 jours) à partir de  $280,3^\circ$  de longitude écliptique, date du 1<sup>er</sup> janvier.

$$\text{L'écart entre 2 graduations du calendrier est de : } 360/365,25 = 0,985 \ 626 \ 3^\circ$$



Le dos de l'astrolabe (voir photo en bas de page) est complété par une alidade. Cette alidade va permettre de lire pour une date du calendrier, la position du soleil sur l'écliptique. Il suffit d'amener le bord de l'alidade (bord passant par le centre de l'astrolabe) sur la date du calendrier civil, et de lire dans le prolongement en allant vers la pointe, la graduation interceptée par le bord de l'alidade.

Il n'a été question ici, que des tracés « classiques » de l'astrolabe planisphérique. C'est une toute petite partie d'un sujet très vaste. L'utilisation de l'instrument nécessite d'assimiler au préalable la signification des tracés.



L'Histoire des Hommes et des Sciences est gravée sur ces instruments, derrière chacun d'eux se cache une multitude d'informations, une multitude de savoirs.

Brigitte ALIX  
[www.astrolabes.fr](http://www.astrolabes.fr)





## Du cadran solaire aux nocturlabes

Philippe Sauvageot

*A son origine en 1972, la Commission des Cadres Solaires s'était fixée comme objectif l'étude et le recensement des... cadrans solaires. En 2010, notre commission s'ouvrait aux astrolabes. En cet automne 2014, elle inclut un nouveau domaine, celui des nocturlabes. Cadran solaire, astrolabe, cadran sidéral... ces instruments ont en commun la mesure du temps par la position des astres.*

### Définition du nocturlabe par Wikipédia :

« Un nocturlabe ou nocturnal est un ancien instrument utilisé pour déterminer l'écoulement du temps en fonction de la position d'une étoile dans le ciel nocturne.

Parfois appelé *nocturnum horologium*, cet instrument a un fonctionnement proche du cadran solaire. L'usage typique est la navigation maritime pour le pilotage et le calcul des marées.

Bien que le mouvement diurne des étoiles soit connu depuis l'Antiquité, on ne trouve pas, avant le haut Moyen Âge, la mention d'un instrument spécial pour l'observer. Un manuscrit du XII<sup>e</sup> siècle présente la première image connue d'une telle observation. Ramon Lull au XIII<sup>e</sup> siècle décrit l'utilisation de ce qu'il nomme *sphaera horarum noctis* ou *astrolabium nocturnum*.

Une des premières mentions sous le



Photo site Wikipédia

nom de nocturlabe est faite par Martín Cortés de Albarca (es) dans son livre *Arte de navegar* publié en 1551 ».

### Les études sur les nocturlabes

Les membres de notre commission n'ont pas attendu ce mois d'octobre pour se lancer dans l'étude de cet instrument.

#### **Cadran Info**

° Dès le numéro 4 de notre revue, en octobre 2001, Jean-Michel Ansel proposait déjà un nocturlabe à réaliser soi-même par découpage.

° Dans le numéro 21, c'est un article complet de Denis Savoie<sup>1</sup> présentant la théorie de

<sup>1</sup> Le nocturlabe par D. Savoie Cadran Info N° 21 page 84.

l'instrument, la précision de la détermination de l'heure et termine par son application historique.

### **Les Cahiers Clairaut**

° Passionnée par l'astronomie et les recherches historiques, notre collègue Véronique Hauguel se consacre depuis longtemps au recensement et à l'étude du nocturlabe.

Notons dans le cadre *Les instruments anciens* publié dans les *Cahiers Clairaut n° 144* (décembre 2013)<sup>2</sup> son article décrivant le principe de fonctionnement de l'appareil ainsi que des exercices pratiques pour définir l'heure.

### **L'Astronomie**

° Dans le numéro 74 juillet/août

2014 de la revue, Véronique Hauguel et Pierre Causeret présentent *Le nocturlabe pour connaître l'heure locale la nuit*. Après la description du mouvement apparent du ciel, ils nous invitent à choisir les Gardes de la Grande Ourse comme repère puis ils nous expliquent le fonctionnement de l'instrument. Deux pages nous entraînent dans le passé historique de ce "cadran aux étoiles".

### **Un livret**

° André Marchal, membre de notre commission, a écrit en 1977, un petit livret d'une dizaine de pages donnant le principe et l'utilisation. Vous trouverez ce fascicule en annexe de ce numéro de Cadran Info.

### **Lors d'une réunion**

° A Chaville en octobre 2010, Bernard Lhéritier, après avoir montré la nécessité de connaître l'heure à bord d'un navire, nous explique le fonctionnement d'un nocturlabe et sa délicate utilisation en mer.

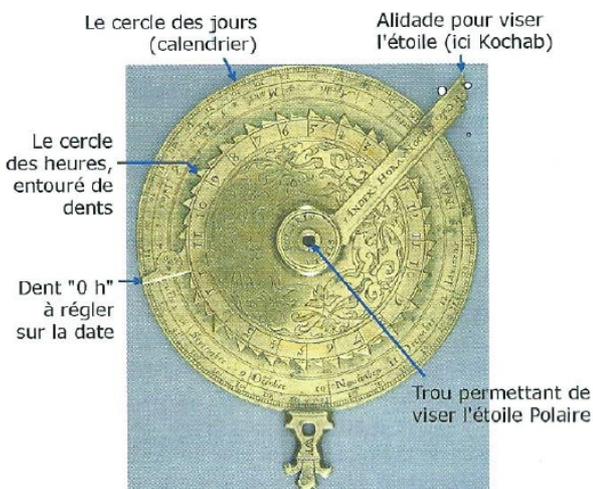
### **Inventaire des nocturlabes**

Notre commission diffusera en octobre, avec les inventaires des cadrans solaires et des astrolabes, un premier recensement des nocturlabes. Bernard Baudoux a réalisé ce travail sur une année et demie. Il a dénombré environ 375 objets.

« Il est assez difficile d'établir un tel inventaire car, contrairement aux cadrans, il s'agit d'un objet tombé en désuétude, plus personne ne l'utilise. On ne le trouve que dans des musées, des expositions ou des collections privées. Dès lors, les sources permettant de les trouver sont les sites Internet des musées, des expositions, les livres ou les ventes ».

L'inventaire sous Excel (permettant des recherches automatisées) présentera :

° Le lieu ou source de l'information : Pays, ville, le nom du musée, de la salle de vente, de l'antiquaire...



Les 3 pièces d'un nocturlabe, photo CC 144

2 Instruments anciens, le nocturlabe (CC n° 144 hiver 2013 page 11), le bâton de Jacob, l'astrolabe, la sphère armillaire.

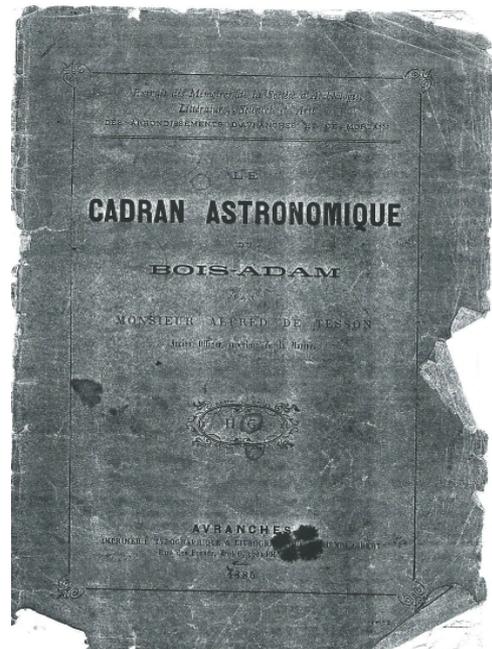
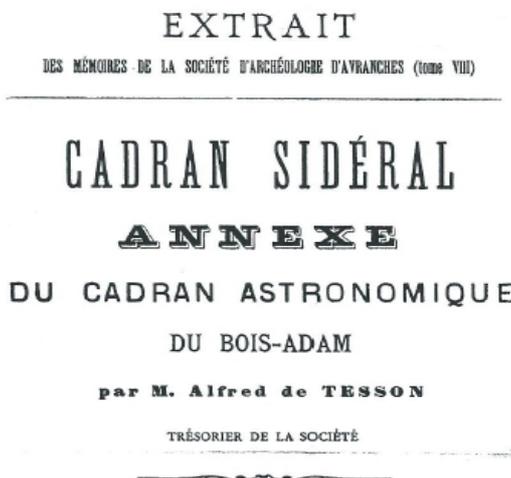
° Les caractéristiques du nocturlabe (époque, origine, facteur, matière, dimensions, signature, particularités...)

### La chasse aux cadrans solaires.

Personnellement lors d'une "chasse photographique aux cadrans solaires", j'ai pu visiter le manoir privé de Bois-Adam dans le département de la Manche. Après avoir admiré et photographié le cadran particulièrement complexe situé dans le parc, la propriétaire m'a montré un nocturlabe. Les deux objets étaient décrits dans un livret que j'ai eu l'autorisation de photocopier. Nommé *Cadran astronomique Bois-Adam*, le fascicule présente en une vingtaine de pages le cadran solaire et en annexe, les explications relatives au nocturlabe.

Est reproduit ci-dessous le texte rédigé par Alfred de Tesson qui décrit ce « cadran aux étoiles ».

La photo en couverture a été prise lors de ma visite.



Ayant vu dans le dernier volume de nos *Mémoires* (tome VII, p. 277 à 293), la description du Cadran astronomique du Bois-Adam, M. Barbé, notaire à Brecey et collectionneur d'antiquités, s'est empressé de me faire remettre un *cadran aux étoiles* qui, étant marqué au nom de J. de Boisadam, se trouve être le complément du Cadran astronomique précité.

Ce Cadran sidéral est un petit instrument tout en cuivre. Il se compose de deux plaques circulaires superposées, de diamètres différents. Au-dessous de la grande se trouve un manche plat, et, au-dessus de la petite, une alidade. Ces quatre pièces sont réunies par un pivot autour duquel elles peuvent tourner indépendamment les unes des autres, à frottement dur.

Le grand cercle est divisé en douze parties égales représentant les douze mois de l'année, et subdivisé de cinq en cinq jours. Sur le bord se trouvent deux entailures : au 1<sup>er</sup> mars pour les Gardes de la Grande-Ourse, et, au 8 novembre environ, pour la Claire (B)

— 2 —

de la Petite-Ourse, époques auxquelles ces étoiles se trouvent dans le même plan horaire que le Soleil.

Le petit cercle est une roue dentée divisée en vingt-quatre parties égales ou deux fois douze heures et subdivisée en quarts d'heures. Les dents sont de trois longueurs. Les grandes sont placées aux extrémités de la ligne des douze heures, les moyennes indiquent les autres heures, les petites les quarts d'heures.

Ces deux cercles sont gradués dans le sens du mouvement apparent des étoiles, lorsqu'on fait face au pôle nord, autrement dit, en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre.

Le manche plat, fait pour tenir l'instrument à la main pendant les observations, porte une ligne médiane qui devra alors être maintenue dans le plan méridien, c'est-à-dire ne pencher ni à droite ni à gauche. Pour arriver plus facilement à ce résultat, un trou placé près du grand cercle permet de suspendre un petit fil à plomb sur lequel on se règlera.

L'alidade, qui forme rayon par un de ses côtés, dépasse de quelques centimètres le bord de la plus grande circonférence.

Le pivot, enfin, est un petit tube formant une lunette sans verre qui servira à viser l'étoile polaire. Dans cette position, le plan de l'instrument sera à peu près parallèle à l'équateur céleste.

On voit donc par le mode de construction de ce cadran que si l'on veut avoir l'heure de la nuit au moyen des Gardes de la Grande-Ourse ou de la Claire du carré de la Petite-Ourse, il faudra : 1<sup>o</sup> mouvoir le grand cercle jusqu'à ce que l'entaille qui porte le nom de l'étoile choisie pour l'observation, corresponde à la ligne médiane du manche ; 2<sup>o</sup> faire tourner avec l'ongle la petite roue jusqu'à ce qu'une des grandes dents de douze heures soit sur le quantième du mois où l'on se trouve ; viser alors l'étoile polaire, comme il vient d'être dit, en approchant le pivot de l'œil et en prenant les précautions indiquées ; enfin, mouvoir l'alidade jusqu'à ce qu'elle couvre par le côté convenable les Gardes ou la Claire. La dent qui se trouvera sous ce côté de l'alidade indiquera l'heure cherchée.

Ce petit instrument, aussi simple qu'ingénieux, théoriquement, n'est point d'un usage commode dans la pratique. Cependant, je dois dire que j'ai obtenu de bons résultats en observant la Claire du carré de la Petite-Ourse, mais de moins satisfaisants avec les Gardes de la Grande-Ourse dont les distances polaires sont plus considérables.

— 3 —

Notre actif et zélé correspondant, M. l'abbé Goron, vicaire de la Trinité, à Cherbourg, a eu l'amabilité de m'envoyer une petite note relative aux emblèmes religieux du cadran astronomique du Bois-Adam, construit, comme on l'a vu, par un bachelier en droit civil et en droit canon.

Il pense que ces signes sont un règlement de la journée chrétienne et qu'ils doivent s'interpréter ainsi :

Les croix à huit pointes indiquent le signe de la croix, par lequel on doit commencer et finir la journée, en récitant la prière du matin et celle du soir.

Les M doubles (Maria ou A. M., c'est à-dire *Ave Maria*), signifient l'*Angelus* du matin et du soir aux heures réglementaires de la journée liturgique.

Les H surmontées de la croix (Jésus-Christ Sauveur) indiquent : celle de neuf heures du matin, la messe représentative du sacrifice de la croix, et celle de trois heures du soir, l'heure de la mort de Jésus-Christ.

Alfred DE TESSON.



Avranches. — Imp. J. DURAND

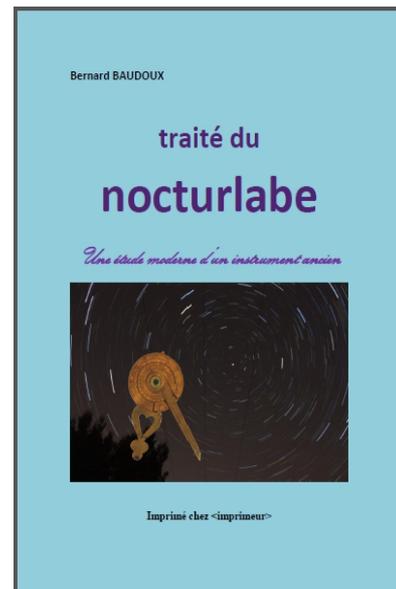
### Les nocturlabes dans un livre

Notre collègue Bernard Baudoux publiera en ce début d'automne, un *traité du nocturlabe*. Il semble que ce soit le seul livre consacré uniquement à cet instrument.

Présentation de l'ouvrage :

« Pourquoi un livre sur cet instrument qui a disparu de notre vie quotidienne ? Pour plusieurs raisons. J'en avancerai deux ici. La première est qu'il était tout à fait ingénieux, il permettait de déterminer l'heure en pleine nuit quand les cadrans solaires se taisent, ceci en fait un complément intéressant. En deuxième lieu, il n'existe à ce jour et à notre connaissance, aucun livre qui lui soit entièrement dédié, il y avait donc là une lacune à combler.

Le nocturlabe a eu son heure de gloire principalement aux XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles. Il avait pour principe de tirer parti de la rotation apparente des étoiles autour du pôle céleste afin de déterminer l'heure en fonction de la date du jour. Le réglage sur cette date permettait ainsi de



lire une heure « solaire » et non une heure sidérale comme on pourrait s'y attendre avec les étoiles. Afin de ne pas confondre les deux, l'heure sidérale est expliquée.

Le livre d'environ 125 pages de format B4 a pour chapitres :

- Définition et composition de l'instrument
- Historique
- Fonctionnement
- Son usage et ses successeurs
- Les facteurs de nocturlabe
- Les musées principaux où on peut en voir
- Etude de l'inventaire
- Le livre de Michel Coignet (auteur belge du XVIe siècle)
- La position de l'étoile polaire au cours du temps
- La construction d'un nocturlabe
- Conclusion
- Lexique
- L'inventaire

On parle très souvent du nocturlabe comme d'un instrument de navigation. Nous nous posons néanmoins la question de savoir si tel est vraiment le cas au vu de certains arguments ».

*Ce livre devrait être disponible à partir du mois d'octobre 2014.*

### Les nocturlabes sur le net

- **La réalisation d'un nocturlabe** menée au lycée technique Edouard Branly de Créteil, avec des élèves de seconde. ►

<http://dutarte.perso.neuf.fr/instruments/NOCTURLABE.htm>

- **Histoire du nocturlabe**, par l'Association Méridienne de Nantes.

<http://www.meridienne.org/index.php?page=nocturlabe.historique>

- **Etude approfondie sur le nocturlabe** par le Musée des Sciences et de la technologie du Canada.

[http://www.sciencetech.technomuses.ca/francais/collection/nocturnal\\_fr3.cfm](http://www.sciencetech.technomuses.ca/francais/collection/nocturnal_fr3.cfm)

- **Mesurer le temps** : de l'observation du ciel à l'horloge atomique (en passant par le nocturlabe).

<http://mesuredutemps.99k.org/moyenage.html>

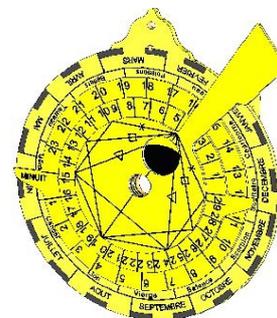
- **Les instruments de mesure du temps** (dont nocturlabes, astrolabes, cadrans solaires...).

[http://www.louisg.net/mesure\\_temps1.htm](http://www.louisg.net/mesure_temps1.htm)

- **Les nocturlabes** sur le site de notre collègue **Michel Lalos**.

[http://michel.lalos.free.fr/cadrans\\_solaires//doc\\_cadrans/mesure\\_du\\_temps/nocturlabes.html](http://michel.lalos.free.fr/cadrans_solaires//doc_cadrans/mesure_du_temps/nocturlabes.html)

- **Geodus vend** des "nocturlabes" à 119€, "Abaque des Marées et Nocturlabe" à 69€.

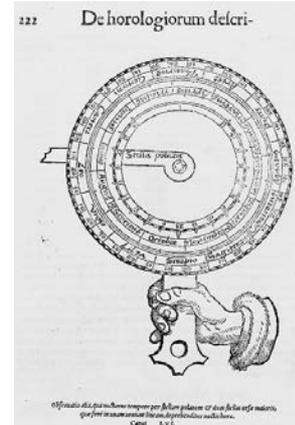


[http://www.geodus.com/fr/astrolabe-hem\\_H24.htm](http://www.geodus.com/fr/astrolabe-hem_H24.htm)



- Toutes les informations de la Bibliothèque Nationale de France sur : Nocturlabes (Un seul est proposé) <http://data.bnf.fr/13191710/nocturlabes/>

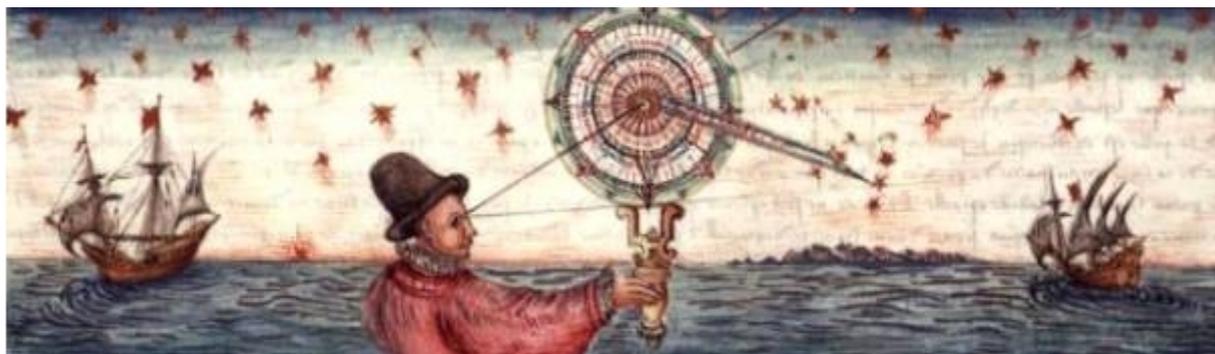
- « Les premières Euvres de JACQUES DEVAULX, pilote en la marine ». Manuscrit orné de beaux dessins de nocturlabes. ▼



Voir le site sur Gallica <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b550024840.r=jacques+de+Vaulx.langFR>

Nota : Livre numérique proposé dans les offres de la CCS oct 2014, référence : Devaulx pilote en la marine N55002484\_PDF\_1\_-1DM

Tous les membres de notre commission sont appelés à enrichir notre nouveaux domaine d'étude en : complétant l'inventaire, adressant leurs propres études, fournissant des livres numérisés ou des adresses de site.  
Par avance merci.



dessin de J. De Vaulx ( Le Havre - XVIe siècle)

⇒ Dans la version numérique, en annexe : le livret "Nocturlabes A\_Marchal"



# Le Cadran de Ruzé de Beaulieu

Eric MERCIER et Paul GAGNAIRE<sup>1</sup>

*Analyse d'un cadran diptyque en ivoire daté de 1598, frappé des armoiries de Martin Ruzé, (1527-1613)*

Nous décrivons ici un diptyque en ivoire, de grande taille, daté de 1598. Il s'agit d'un instrument exceptionnel qui, selon notre analyse, cumule :

- 1) des fonctions horaires (1 cadran équatorial, 1 cadran vertical, 2 cadrans horizontaux dont l'un procure les heures temporaires et les heures juives).
- 2) un abaque présentant les heures des crépuscules, du lever et du coucher du Soleil.
- 3) une volvelle permettant de calculer une heure nocturne, grâce à l'ombre de la Lune observée sur l'un des cadrans solaires.
- 4) une girouette.
- 5) un système de visée topographique original, assez proche de celui du cadran géométrique d'Oronce Fine.
- 6) un convertisseur Calendrier grégorien / Calendrier du zodiaque.

Cet instrument, frappé des armoiries de Martin Ruzé, (1527-1613), seigneur de Beaulieu et personnage politique important, est probablement l'œuvre de Marin Le Bourgeois (milieu du XVI<sup>e</sup> siècle, 1634), artisan et inventeur de Lisieux, valet de chambre à la maison royale, peintre et fabricant d'instruments d'astronomie pour le Roi.

## Introduction

En octobre 2015, le propriétaire d'un magnifique diptyque en ivoire, daté de 1598, a contacté notre Commission pour qu'elle l'aide, si possible, à en savoir un peu plus sur cet instrument et notamment en connaître les différentes fonctions. Une équipe s'est rapidement constituée pour mener une telle étude, sur le plan gnomonique et historique. C'est le résultat de cette recherche que nous présentons ici.

Le diptyque (Fig. 1) est remarquable par sa taille, près de 20 cm de long, 11,5 cm de large. Il se compose de deux volets : l'un (le « couvercle » avec les faces 1A et 1B) correspond à une plaque d'ivoire d'environ 3 mm d'épaisseur ; l'autre élément (la « base » avec les faces 2A et 2B) forme un sandwich constitué d'une plaque de bois noir de 7 mm d'épaisseur (ébène ?) prise entre deux plaques d'ivoire ; celle qui constitue la face 2A, atteint une épaisseur voisine de 3mm ; l'autre n'arrive qu'à 2mm environ.



Fig 1 : Vue d'ensemble de l'instrument et nomenclature des faces

<sup>1</sup> Avec la collaboration de Philippe Sauvageot et de Pierre Schmit (pour les photographies).

Ces deux volets du diptyque (couvercle et base, Fig. 1) s'articulent par une charnière d'aspect plutôt rudimentaire, mais parfaitement préservée et fonctionnelle. Elle fonctionne par quatre segments d'anneaux métalliques (chacun de 90 degrés), solidaires du « couvercle » et rentrant, plus ou moins, dans la « base », selon le degré d'ouverture. Cette ouverture peut être « figée » selon certaines positions privilégiées :

- soit en position verticale (orthogonale par rapport à la base horizontale) grâce à deux crochets, dont un manquant (Fig. 2), qui viennent se bloquer au-dessus de deux ergots manquants (seuls les trous sont visibles)
- soit en position inclinée, selon des angles particuliers, grâce à une béquille et à une échelle graduée sur la face 1A (Fig. 1).

Dans ce qui va suivre, nous nous proposons de décrire chacune des faces de l'instrument et, forts de ces éléments, d'essayer ensuite de discuter du contexte historique de la création de cet instrument.

## D) La face 1A

Cette face est nettement séparée en deux parties avec : en position extérieure par rapport à la charnière, une partie organisée autour d'éléments circulaires dont l'un est mobile et en position intérieure, des tableaux de chiffres et de lettres (Fig. 3).

### A) La partie extérieure de la face 1A

Nous observons, de la périphérie vers le centre :

- \* Dans les 4 angles du carré laissés vides par le cercle le plus extérieur, on lit les noms de 4 vents :  
 SUROCHO (au SE) = Sirocco  
 LEBECCIO (au SW) = Libeccio  
 MAGISTRAL (au NW) = Mistral  
 GRECO (au NE) = Greco

Il s'agit des vents principaux de la Méditerranée ; ce choix peut paraître surprenant, mais il faut remarquer que ce sont ces mêmes vents qui étaient indiqués sur les cadrans de Nuremberg au XVIIe siècle, par exemple. Il est donc probable que leur usage dépassait largement l'aire géographique d'où ils étaient issus et catalogués.

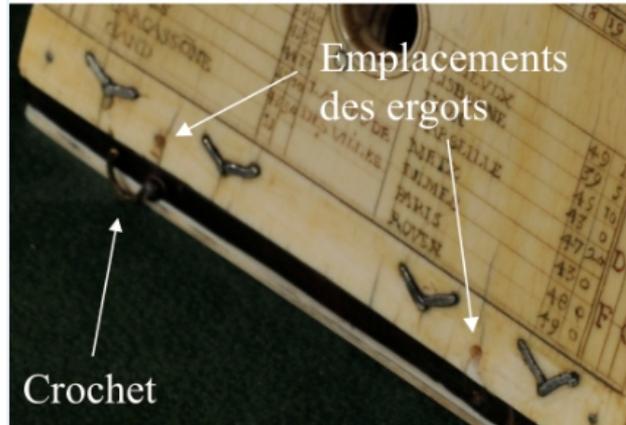


Fig. 2: Vue intérieure et extérieure de la charnière du diptyque

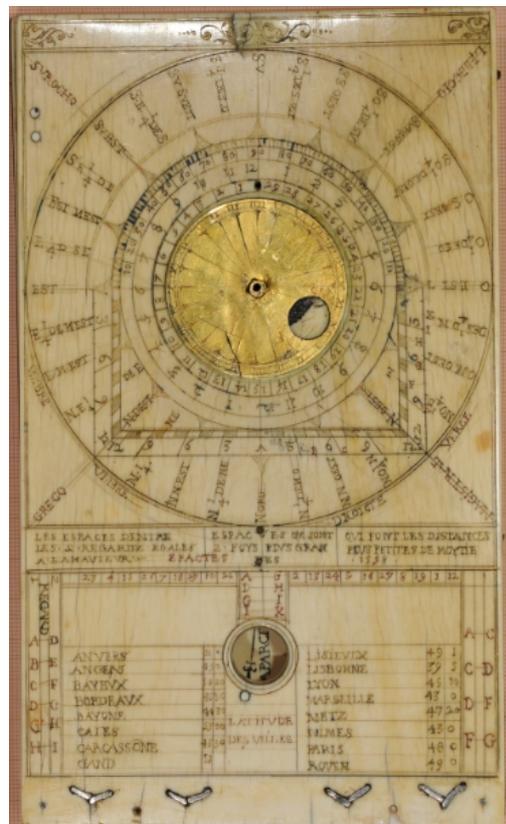


Fig. 3 : La face 1A du diptyque

\*\* Puis, on observe une rose plus classique, avec des indications de directions en très grand nombre : elle porte les noms des 32 points du compas de navigation, à la française : SE  $\frac{1}{4}$  de S, etc. L'espace de ces 32 points est, évidemment, de  $11^{\circ}25'$ .

Vient ensuite une seconde zone circulaire qui comporte 16 flèches facilitant le repérage des directions fractionnant le cercle horizon en seulement 16 rhumbs, soit un tous les  $22^{\circ}50'$ .

Comme nous le verrons plus loin, il existe un dispositif pour orienter l'instrument, une fois le diptyque fermé. Il est possible que cette nécessité d'orienter l'instrument une fois fermé, résulte du caractère opérationnel de la rose des vents, qui pourrait alors être utilisée comme un observatoire météorologique.

Il existe au moins un exemple d'un tel dispositif, conservé dans un musée. Cela concerne un cadran de Nuremberg (Fig.4). La conservation d'un tel dispositif semble exceptionnelle, mais il est clair que dans l'esprit de Llyod (1992) (auteur de l'étude de référence la plus récente sur les diptyques en ivoire européens), ce genre de dispositif devait équiper de nombreux diptyques de Nuremberg, car le catalogue souligne, à plusieurs endroits, que « wind vane missing ». La grande loge qui est visible sur le côté de l'instrument (Fig. 4), semble être un indice déterminant pour l'existence originelle de ce dispositif. Dans le cas du cadran qui nous intéresse, il n'existe pas de loge de ce type. La question reste donc ouverte.

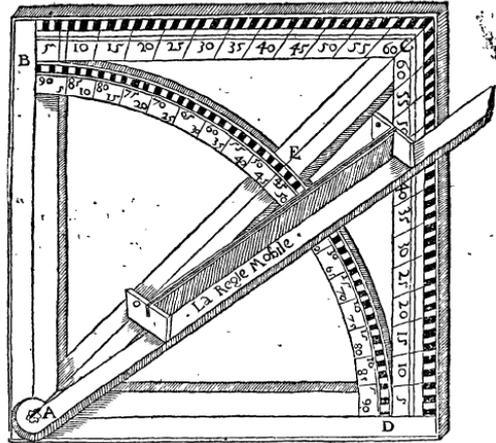


Fig. 4: Exemple de cadran de Nuremberg à Girouette et ostenseur. On remarque au premier plan une loge, ménagée dans l'épaisseur de la tablette inférieure pour ranger les éléments mobiles pendant le transport. (Instrument n°34 (env. 1700) de Llyod 1992, p. 29 et 87).

On remarque par ailleurs, sur la Fig. 4, que le drapeau/girouette est accompagné d'un ostenseur (pièce métallique en rotation sur l'axe) pour faciliter la lecture de la girouette. Un tel accessoire, s'il a existé, n'a pas, non plus, comme la girouette, été conservé sur notre cadran. Néanmoins, nous verrons que l'analyse d'éléments qui seront détaillés plus loin, suggère qu'un dispositif proche (alidade) a probablement du être présent à l'origine.

\*\*\* Toujours plus près du centre, on note ensuite un rapporteur en demi-cercle marqué par 180 graduations, soit un tous les degrés. Cette échelle est divisée par multiples de 10 degrés avec une subdivision tous les 5 degrés. Au même niveau par rapport au centre, mais plus bas sur la face, on observe un carré des ombres, comme on en voit souvent au dos des astrolabes, avec l'ombre droite et l'ombre verse (umbra recta, umbra versa). Les quatre côtés du carré des ombres (deux verticaux et deux horizontaux) sont gradués en 12 segments numérotés en 3, 6, 9, 12 ; ce qui est classique. Deux des côtés sont aussi gradués avec une série de lettres : A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L. Ces lettres sont, en première analyse, assez mystérieuses ; nous en reparlerons plus loin. L'ensemble rapporteur / carré des ombres forme un « carré géométrique » au sens d'Oronce Fine (1556). Ce type de carré sert à réaliser des mesures topographiques comme la mesure de la hauteur d'un bâtiment (Fig. 5).

Fig. 5 : Le « carré géométrique » d'Ornace Fine (1556: La composition et usage du carré géométrique ....., Paris, Courbin ed., 56 p.). Il s'agit d'un carré des ombres, associé à un rapporteur et un dispositif de visé. Sur cette figure la graduation du carré des ombres est multiplié par 5 par rapport aux graduations classiques qui vont de 0 à 12 (une unité = 5°). ►



Pour utiliser cette fonction, il faut maintenir la face accueillant le carré, en position verticale et l'orienter dans la direction de l'objet à mesurer, puis il faut viser le sommet de cet objet à l'aide d'une alidade en rotation sur un axe central.

L'existence, sur cette face, d'une alidade en complément du « carré géométrique » est donc nécessaire, ce qui semble confirmer ce qui avait été dit au sujet de l'ostenseur /alilade associé à la girouette.

\*\*\*\* Puis on observe une échelle horaire équiangulaire (2 fois 12) qui constitue l'échelle d'un cadran équatorial (face été) dont le style, perpendiculaire à la face était en position centrale. L'axe de l'éventuelle girouette servait-il de gnomon à ce cadran équatorial ? Est-ce une pièce différente ? Rien ne permet de trancher.

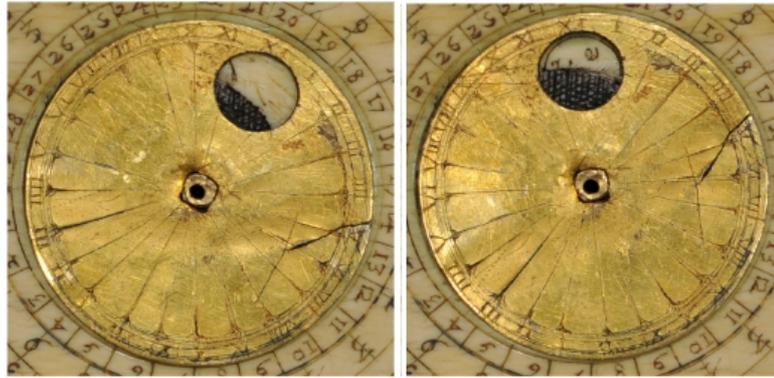
\*\*\*\*\* La dernière échelle inscrite sur l'ivoire porte des graduations dans le sens anti-horaire, qui vont de 1 à 29 (ou plutôt 29 ½, car il existe un espace entre la fin du secteur marqué 29 et le début du secteur marqué 1). Dans le détail, les 29 secteurs entiers ne sont pas tout-à-fait réguliers (les 7 deniers secteurs sont réduits), ce qui constitue certainement un manque de soin du gnomoniste. En effet, cette échelle est une représentation des 29 jours et ½ de la lunaison moyenne et les graduations devraient être régulières.

La graduation « 0 » est marquée par une petite zone noire, qui correspond à un trou traversant, qui sert de loge à un gnomon de la face 2A, quand le diptyque est fermé (cf. infra).

\*\*\*\*\* La partie centrale est occupée par le disque métallique de la volvelle (volvelle française de type 2, Oudenot 2011) qui permettait de calculer l'heure nocturne, grâce à l'ombre de la Lune, lue, par exemple, sur le cadran équatorial. Ce disque est bordé d'une échelle équiangulaire en chiffres romains (2 fois 12) dans le sens horaire. Il présente une lumière qui permet d'apercevoir une partie d'une zone circulaire excentrique colorée en noir. Cet aperçu partiel, à travers la lumière, matérialise une caricature de l'aspect de la Lune selon son « âge » (pleine Lune, 1<sup>er</sup> quartier, etc.). La pleine Lune, comme certaines phases, est soulignée par une représentation anthropomorphique de cette face de la Lune (Fig. 6).



Fig. 6 : Cinq différentes positions de la plaque métallique de la volvelle illustrant différents âges de la Lune (de gauche à droite : nouvelle Lune, premier quartier, pleine Lune, Lune gibbeuse descendante, dernier quartier).



L'utilisation de ce genre de volvelle, ainsi que ses limites intrinsèques, sont décrites dans Oudenot 2011, nous ne le détaillerons pas, de nouveau, ici.

\*\*\*\*\* La partie centrale de la volvelle est marquée par un trou qui correspond à son axe de rotation et à l'implantation du gnomon du cadran équatorial, face d'été, ainsi qu'à l'implantation aussi, de la girouette. Enfin, ce gnomon, joue encore le rôle d'axe de rotation du très probable organe « alidade / ostenseur ».

### B) La partie intérieure de la face 1A

\* Immédiatement au contact avec les éléments qui viennent d'être décrits, on observe, un tableau pour lequel nous indiquerons, plus loin, une probable signification.

Les espaces d'entre les S regardez égales à la hauteur	espaces qui sont 2 fois plus grande S	qui font les distances plus petites que moytié 1598
--	---------------------------------------	---

Le chiffre 1598, présent dans la dernière case, semble n'avoir aucun rapport avec le tableau. Il indique seulement la date de fabrication de l'instrument.

\*\* En dessous, une série de chiffres : 23, 4, 15, 26, 7, 18, 29, 10, 21, 2, 13, 24, 5, 16, 27, 8, 19, 1, 12. Il s'agit de la liste correcte et dans le bon ordre, des 19 épactes du calendrier grégorien (mis en place en 1582)<sup>2</sup>. Le premier chiffre : 23 est effectivement l'épacte grégorienne de l'année 1598. Les épactes (différentes dans les calendriers julien et grégorien) correspondent à la différence entre les calendriers solaire et lunaire. Ils se succèdent, année après année, dans l'ordre de la liste modulo 19, et servent à calculer la date de Pâques.

\*\*\* La liste des épactes est bordée, au début et à la fin, et interrompue en son milieu, par 3 colonnes de longueurs inégales. Ces colonnes contiennent des paires de lettres où seules sont présentes les mêmes lettres que celles déjà présentes, et non encore expliquées à ce stade, sur le « carré géométrique » de la partie supérieure de la même face. Ces colonnes semblent admettre pour titre / légende, les cases du tableau évoqué quelques lignes plus haut.

Après quelques difficultés, voici l'hypothèse que nous avons retenue. Nous proposons que les 3 colonnes servent à résoudre un problème de topographie et notamment la mesure de la hauteur d'un objet à la base duquel on n'a pas accès. Ce problème est illustré par la Fig. 7 (attention les lettres qui suivent correspondent au carré des ombres du cadran et non à celles de la figure 7 qui sont celles de la figure d'origine d'Oronce Fine).

<sup>2</sup> Voir notamment : <http://pgj.pagesperso-orange.fr/paques.htm>

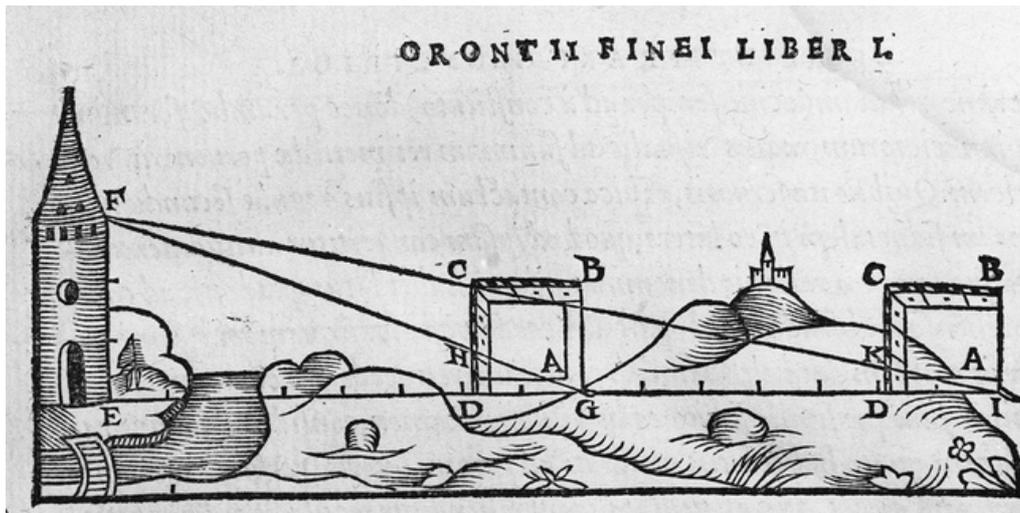


Fig. 7 : Positionnement en deux temps d'un carré géométrique pour mesurer la hauteur d'un bâtiment dont on ne peut atteindre la base (O. Fine 1556). On remarque que les triangles FEG et HDG sont semblables (au sens géométrique) ; le rapport entre les côtés homologues est donc constant, ce qui permet de déduire FE en connaissant EG. Quand cette valeur n'est pas connue, le fait de faire une visée supplémentaire en I, et de connaître GI, permet de résoudre le problème. Attention ! les lettres de cette figure originale ne correspondent pas avec celles auxquelles il est fait référence dans le texte.

Nous allons prendre l'exemple du second couple de lettres de la première colonne (c'est à dire B-E). Pour mesurer l'objet, on s'arrange pour se positionner à un endroit où la visée du haut de l'objet donne un angle correspondant au repère B du carré géométrique. Puis, on s'éloigne, de façon à réaliser une visée avec un angle correspondant à E. Dans ce cas, la distance parcourue entre les deux visées est égale à la hauteur de l'objet. Cela est vrai avec tous les couples de lettres de la première colonne (Fig. 8).

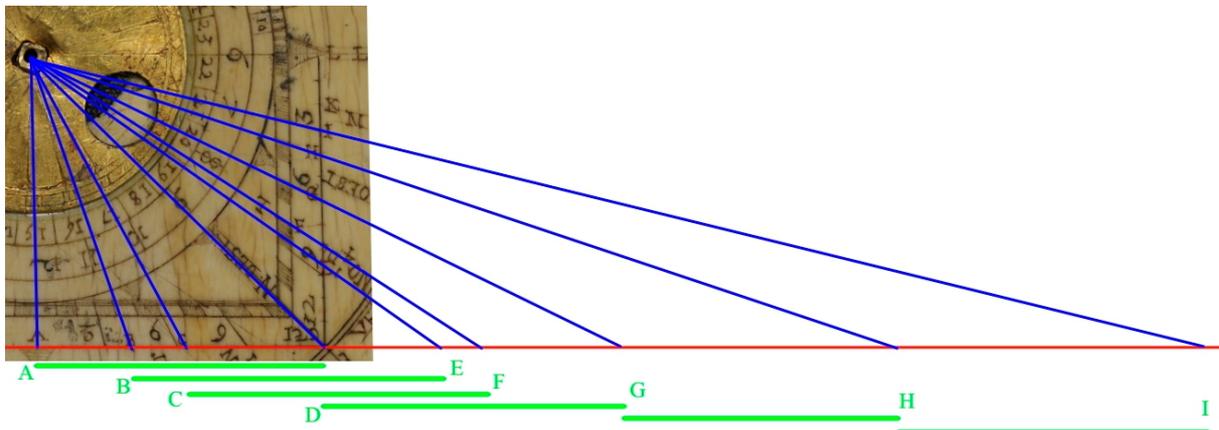


Fig. 8: Schéma montrant que les lettres A à I du «carré géométrique» du cadran étudié correspondent à des positions de visée remarquable où la solution du problème exposé à la figure précédente admet comme solution : «hauteur du bâtiment = distance entre les deux points de visée ».

Les seconde et troisième colonnes correspondent à la même propriété mais, respectivement, pour des distances doubles et moitié de la hauteur.

On remarquera que, rétrospectivement, et en admettant l'hypothèse précédente, la signification des légendes des colonnes devient compréhensible. Ces trois colonnes, et l'ajout

des lettres repères sur le carré géométrique de la même face, constituent donc une série d'éléments visant à simplifier l'utilisation pratique du « carré géométrique ».

Notons, néanmoins, que rien dans la bibliographie de l'époque, ou ultérieure, n'appuie notre hypothèse ; elle est très satisfaisante, car elle semble correspondre à ce que nous croyons comprendre des tableaux, mais cela ne suffit pas à la prouver. Nos recherches bibliographiques sur ce point, continuent.



Fig. 9 : Position, sur une carte d'Abraham Ortelius datée de 1570, des localités mentionnées dans le tableau de latitude, et des frontières du royaume de France.

\*\*\*\* Plus bas, est gravée la liste de quelques villes avec les latitudes. Ces villes sont bien réparties sur l'ensemble du territoire français de l'époque (Fig. 9). On note néanmoins 3 villes à l'extérieur des frontières de l'époque ; Lisbonne, Gand et Anvers, mais Rome, centre de l'église catholique n'est curieusement pas indiquée. Nous n'avons pas d'explications à proposer pour ces anomalies apparentes. Par ailleurs, on note également, une sur-représentation de la Normandie, avec notamment la ville de Lisieux, tout à fait secondaire à cette époque. Nous proposerons plus loin une explication pour cette présence : Lisieux est, en effet, la ville d'origine du gnomoniste qui est, très probablement, l'auteur de l'instrument.

\*\*\*\*\* A la base de la seconde colonne et au milieu du tableau des latitudes, est foré un orifice, conçu pour vérifier l'alignement de la boussole avec le Nord, quand le diptyque est fermé (on voit clairement, sur la figure 3, apparaître dans cet orifice, les indications du Nord géographique et du Nord magnétique).

## II) La face 1B

Comme la précédente, cette face est nettement séparée en deux parties avec :

- en position extérieure par rapport à la charnière, une partie organisée autour d'éléments circulaires
- en position intérieure, un cadran solaire vertical (Fig. 10).

### A) La partie extérieure de la face 1B

Nous observons, de la périphérie vers le centre :

\* Dans les 4 angles du carré laissés vides par le cercle le plus extérieur, sont gravés des allégories des 4 saisons ; deux d'entre-elles (automne et hiver) sont nommées dans une graphie très fine.

\*\* Puis vient successivement :

- un anneau divisé en 12 secteurs de 30 degrés, chacun occupé par un signe du zodiaque et le nom du signe, en latin et classé dans le sens anti-horloge.

- un anneau gradué en 180 graduations alternativement noires et blanches, chacune valant 2°

- un anneau gradué en 12 espaces de chacun 30°, soit un espace par signe du zodiaque. Chaque espace est divisé en 3 secteurs avec les mentions 10, 20 et 30 qui sont déportés vers la fin de chaque secteur.

Puis, après 3 filets de séparation :

- un anneau divisé en 12 espaces de 30 degrés chacun, annotés du nom des 12 mois en français : ces mois sont dans leur version grégorienne (changement de signe du zodiaque vers le 21 de chaque mois).

- un anneau gradué en 185 graduations alternativement noires et blanches

- un anneau divisé en 36 secteurs (3 par mois). Chaque élément du triplet porte une mention 10, 20, 30 ou 10, 20, 31 selon le nombre de jours du mois. Pour le mois de Février, les numérotations sont 10, 20, (2)8. Les décades marquées 10, 20, ou 30 correspondent à 5 graduations de l'anneau précédent ; celles marquées 31 correspondent à 6 graduations et celle marquée (2)8 correspond à 4 graduations.

Les 6 anneaux précédents constituent probablement un aide-mémoire pour la conversion du calendrier du zodiaque au calendrier grégorien (et réciproquement), aide-mémoire sans doute nécessaire du fait de l'introduction relativement récente (16 ans) du calendrier grégorien.

\*\*\* Une échelle horaire équiangulaire (2 x 12 en sens anti-horaire) en relation avec la face hiver du cadran équatorial. Le chiffre « 12 » correspond à un trou qui est celui dans lequel le gnomon du cadran horizontal de la face 2A, se loge quand le diptyque est fermé.

\*\*\*\* Un disque métallique avec la même échelle (mais en chiffres romains) et décalé de 7 heures sur la photographie de la figure 10. En fait cette pièce métallique qui devrait être fixe, est descellée et subit le contrecoup de la manipulation de la volvelle, ce qui provoque sa rotation aléatoire.

### B) La partie intérieure de la face 1B

\* A gauche, parallèlement au bord, on note une échelle graduée permettant, en réglant la béquille de la face 2A (cf. Fig. 1), d'incliner le panneau 1 selon la latitude locale pour utiliser

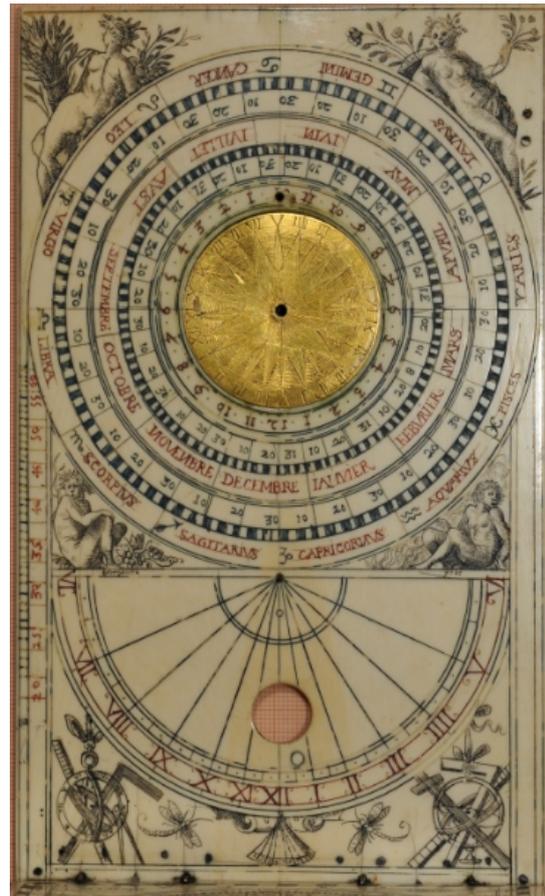


Fig. : 10: face 1B du diptyque

le cadran équatorial. Cette échelle va de 20° à 60° ; ses graduations sont légèrement embouties pour que la pointe de la béquille vienne se positionner précisément (Fig. 11).

Fig. : 11 : Détail de la pointe de la béquille et de l'échelle présente sur la face 1B. ►



\*\* L'essentiel de l'espace est occupé par un cadran vertical qui doit être en relation avec un fil polaire dont on distingue le point d'implantation « haut » à la convergence des lignes horaires.

Le point d'implantation bas doit être recherché sur la face 2A ; nous verrons plus loin ce que l'on peut en dire.

Ce type de cadran, contrairement à l'équatorial, n'est pas un cadran universel, il est conçu pour une latitude donnée que l'on peut calculer. Dans le cas présent, le calcul donne 49°30' soit très proche de la latitude de Paris (49°) ou de Lisieux.

Au milieu de ce cadran, on observe la lumière qui permet d'orienter l'instrument en position fermée (voir précédemment).

\*\*\* Dans l'angle inférieur, à gauche, une composition décorative où s'entrelacent une règle, une équerre, un compas et un anneau astronomique déployé et suspendu par un ruban. On retrouve une composition analogue dans l'angle inférieur, à droite, mais elle réunit une équerre en croix, un gabarit pythagoricien et une règle, entrelacés dans une sphère armillaire simplifiée.

Suspendu sous le chiffre XII, un cadran de hauteur (?) encadré par deux libellules

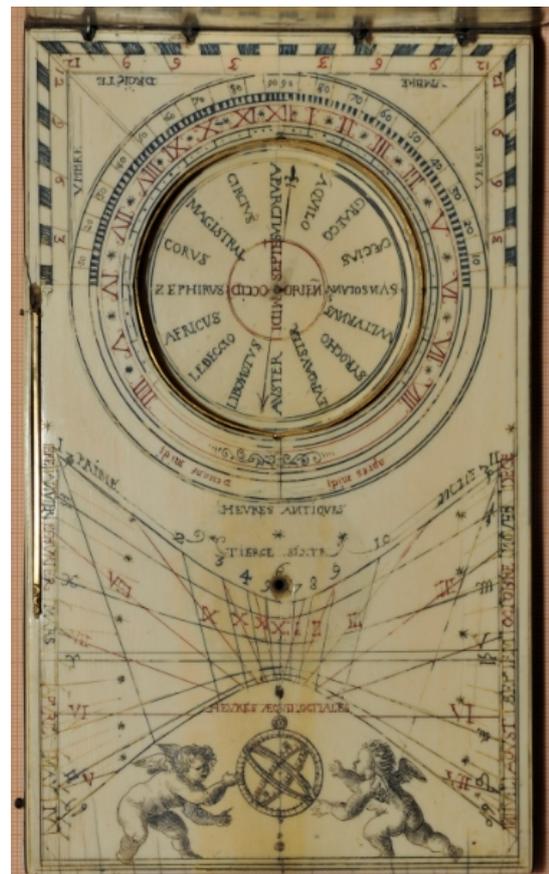


Fig. 12 : face 2A du diptyque.

### III) La face 2A

Comme les précédentes, cette face est nettement séparée en deux registres avec : en position extérieure par rapport à la charnière, un cadran horizontal complexe et, en position intérieure, une boussole autour de laquelle s'organisent d'autres éléments (Fig. 12).

#### A) La partie intérieure de la face 2A

\* En bordure de la charnière, on remarque tout d'abord un second carré des ombres avec ses 4 segments numérotés 3, 6, 9, 12 et identifiés par les mentions « ombre droite » et « ombre verse ». Puis, inséré dans ce carré, on note un

rappporteur sous la forme d'un demi-anneau comportant des graduations sur 180° et leur numérotation par pas de 10°, avec un repère intermédiaire tous les 5°. L'ensemble constitue un nouveau carré géométrique.

Nous ne voyons pas bien comment utiliser ce carré. Une part très importante du champ de visée est oblitérée par le couvercle du diptyque. Et il faudrait ajouter une alidade en rotation sur l'axe de l'aiguille de la boussole ; ce qui ne semble pas possible.

Il est possible que l'instrument ait été prévu, à l'origine, non pas comme un diptyque, mais comme une simple plaque. Le carré géométrique serait donc un reste, non fonctionnel, de cet état/projet ancien (?).

\*\* A l'intérieur du rapporteur, on observe une zone circulaire complète, mais non totalement graduée. Les graduations correspondent à des subdivisions horaires qui ne vont que de IIII à XII puis de I à VIII ; il s'agit donc d'un cadran solaire horizontal. Entre les marques horaires figure une étoile qui a valeur de demi-heure. Puis vient un anneau avec des secteurs horaires où des groupes de trois points fractionnent l'heure en quarts d'heures. Le cadran horizontal devait partager son style polaire avec le cadran vertical évoqué à la face 1B.

Ce type de cadran, comme le vertical, n'est pas un cadran universel, il est conçu pour une latitude donnée que l'on peut calculer. Dans le cas présent, le calcul donne 45°, soit quelques degrés de moins que le résultat du cadran vertical. Il s'agit probablement du résultat d'une imprécision de tracé, car le second cadran horizontal de cette face (ci infra) est bien conçu pour une latitude de 49°. En tout cas, en fonctionnement, le cadran horizontal et le vertical ne devaient pas indiquer exactement la même heure.

\*\*\* Le centre du cadran est occupé par une cavité circulaire (environ 1 cm de profondeur) qui correspond à la loge d'une boussole. Le fond exhibe une rose présentant les vents méditerranéens tous les 22,5°, les noms de 16 vents avec des orthographes plus ou moins usuelles : APARCTIAS, CIRCIUS, MAGISTRAL, CORUS, ZEPHIRUS, AFRICUS, LEBECCIO, LIBONATUS, AUSTER, EUROAUSTER, SYROCHO, VULTURNUS, SUBSOLANUS, CAECIAS, AQUILO. Le grec, le latin et les langues d'oc les ont forgés et on les retrouve encore, de nos jours, au moins en partie, sur les cartes bien connues des 32 vents de Provence.

L'aiguille manque, mais le pivot (7 mm) est préservé.

La déclinaison magnétique, matérialisée par une flèche, est compatible avec la date connue (environ 10° vers l'Est, voir Mercier 2015).

La position des heures VI du matin et VI de l'après-midi du cadran horizontal impose que le point d'implantation « bas » du fil polaire soit au droit du pivot de l'aiguille, mais au même niveau que le cadran horizontal, c'est à dire à environ 1 cm au-dessus du fond de la loge. Nous ne voyons pas comment cette implantation était possible. Le plus simple aurait été de prévoir un « pont », au-dessus de la loge, comme sur le cadran récent de la Fig. 13 ; mais aucune trace physique ne vient étayer cette hypothèse.



Fig. 13 : Exemple, sur un cadran du XXe siècle, de dispositif faisant correspondre le point bas d'implantation d'un fil polaire avec le centre de la boussole. Dans le cas du diptyque en ivoire, aucune trace d'un tel dispositif n'est visible... le mystère demeure sur la nature du point d'implantation. ►

## B) La partie extérieure de la face 2A

\* L'élément principal est un cadran horizontal en relation avec un gnomon vertical manquant (implantation au-dessus du mot AEQUI). La hauteur de ce gnomon peut être calculée, elle serait de 6,8 mm au-dessus de la table.

Le tracé du cadran comporte les heures égales, tracées en rouge, qu'on a identifiées par la mention « heures aequinoctiales », de V à XII puis de I à VII, numérotées en chiffres romains rouges également. Sur ce premier éventail horaire, on en a superposé un second, gravé en noir, pour les heures temporaires, appelées « heures antiques », numérotées de 1 à 11 en chiffres arabes. Puis les sept arcs de déclinaison usuels, repérés par les signes du zodiaque ; on remarquera que, contrairement à la tradition « européenne », c'est l'entrée dans le signe qui est indiquée et non le « mois zodiacal » lui-même ; par ailleurs le dessin du Taureau a été oublié. Près de l'encadrement qui porte les noms des mois, convenablement décalés (calendrier grégorien), on observe de courts segments d'arcs qui matérialisent les 3 décades du mois. Les segments d'arcs correspondant à un changement de mois sont différenciés par une étoile.

Les arcs de déclinaison représentent donc, à la fois, le zodiaque (arcs complets) et les mois grégoriens (arcs partiels à étoiles).

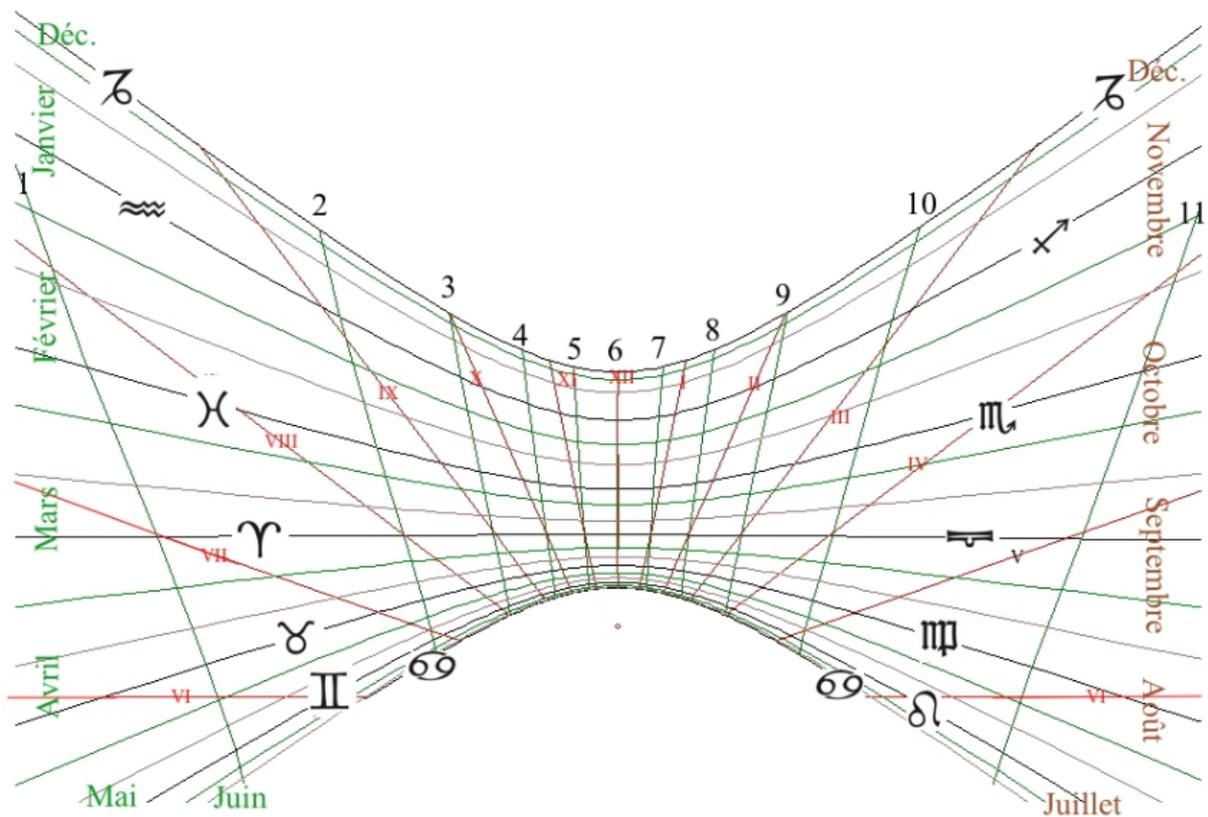


Fig. 14 : reconstitution par modélisation du cadran horizontal complexe de la Face 2a (calcul pour une latitude de 49°). LIGNES HORAIRES : en rouge ligne horaire égale ; en vert ligne horaire temporaire. LIGNES DE DECLINAISON : en noir Zodiaque; en vert le 1<sup>er</sup> des mois de Janvier à Juin; en marron le 1<sup>er</sup> des mois de Juillet à Décembre.

La Fig. 14 présente la modélisation de ce genre de cadran (tous les arcs sont complets) calculé pour une latitude de 49°.

Enfin, au-dessus de l'arc du solstice d'hiver, on lit de gauche à droite : PRIME, TIERCE, SIXTE, NONE. Il s'agit, non pas des heures canoniales, mais des heures juives qui correspondent à des triples heures temporaires (voir Lunier 1805, p. 544).

\*\* Tout en bas, deux angelots, bien dodus pour leurs petites ailes, s’amusent à faire tourner un anneau astronomique (version anneau à pinnules, la version moderne : anneau d’Oughtred, n’apparaîtra qu’au XVIIe).

\*\*\* On note enfin le trou dans lequel se loge le gnomon du cadran équatorial hiver (face 1B) quand le diptyque est fermé. Il est au niveau du chiffre « 6 » des heures temporaires.

#### IV) La face 2B

Comme les précédentes, cette face est nettement séparée en deux registres (Fig. 15).

Cette zone est occupée par un disque métallique gravé, entouré d’une quadruple échelle angulaire (0-90°). La comparaison entre cet ensemble et la partie fixe d’un astrolabe de Rojas (c’est à dire une fois la régula et le curseur enlevés, Fig. 16 page suivante) montre une quasi-similitude. Il s’agit d’une projection orthographique de la sphère. On notera néanmoins :

- le faisceau de traits horizontaux, à proximité du centre de la pièce métallique, se déploie seulement des échelles 20° à -20°, alors qu’il devrait occuper l’espace entre environ 23,5° et -23,5° (inclinaison de l’écliptique).
- cette partie centrale n’accueille pas de calendrier zodiacal.

##### A) La partie extérieure de la face 2B

Si l’erreur qui a engendré le choix de 20°, au lieu de 23,5° est probablement liée à la méconnaissance de la théorie par le gnomoniste, l’absence de calendrier pose un problème plus sévère, car un tel calendrier est indispensable pour utiliser l’astrolabe.



Fig. 15 : face 2B du diptyque

Nous avons donc été amenés à envisager qu’il ne s’agissait pas vraiment d’un astrolabe de Rojas, mais d’un autre instrument utilisant la projection orthographique de la sphère. Ce système de projection n’a pas été inventé par Rojas. Cet auteur a juste eu l’idée d’utiliser cette projection pour améliorer l’astrolabe universel de Gemma Frisius, son maître à Louvain. Il est possible que cette projection ait été connue depuis longtemps par les Arabes (voir King 2014, p. 323). En tout cas, Regiomontanus a réalisé, au XVe siècle, des astrolabes avec, au dos, ce type de projection mais, et contrairement à l’astrolabe de Rojas, la projection pouvait tourner autour de l’axe. La célèbre volvelle d’Apian serait un instrument de la même famille (Fig. 17 page suivante). Certains auteurs (King 2014) proposent que cet instrument corresponde au mystérieux « organum Ptolemaei » cité par Puerbach et Regiomontanus, ce qui est contesté par d’autres auteurs (Eagleton 2010) qui voient plutôt dans l’«organum Ptolemaei» l’ancêtre du cadran de Regiomontanus et de la Navicula. Il est d’ailleurs possible que les deux hypothèses soient tout à fait compatibles (Bennet 2009).

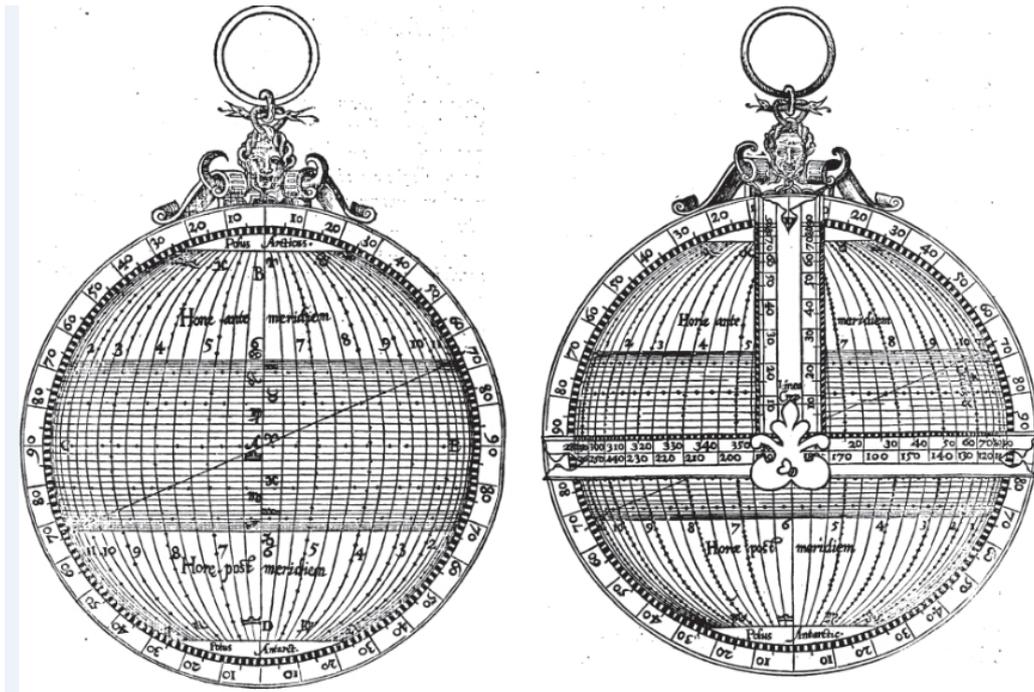


Fig . 16 : Image extraite de l'ouvrage de Rojas (1550) illustrant son astrolabe, sans et avec les pièces mobiles (régula et le curseur).

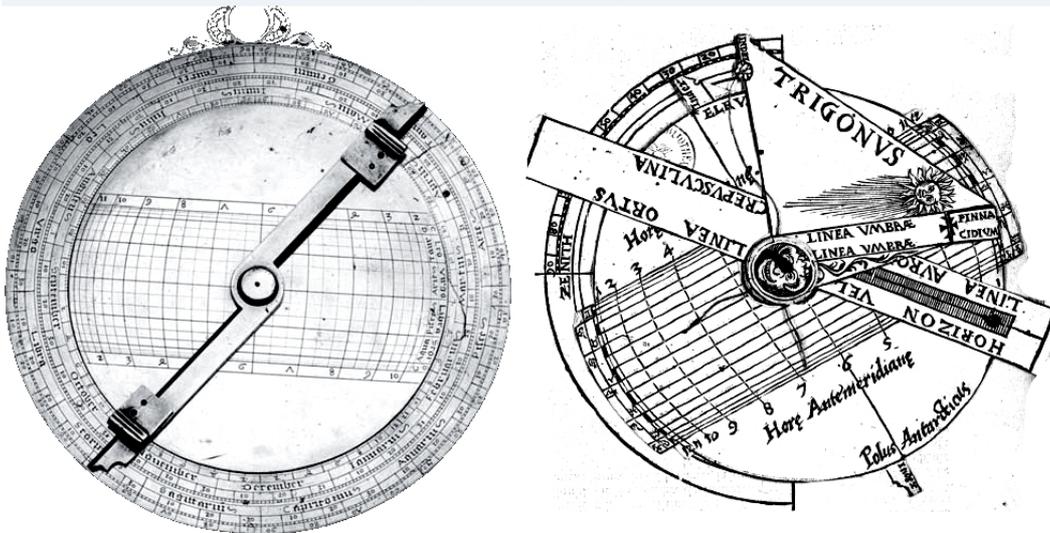


Fig. 17 : Utilisation de la projection orthographique avec rotation possible sur :  
un astrolabe attribué à Régiomontanus (1462)  
une volvelle d'Apian (extrait de Cosmographie, 1544).

Dans le cas qui nous intéresse, la plaque qui accueille la projection orthographique n'est pas mobile et semble ne l'avoir jamais été. En effet, sur le plan mécanique, pour que la plaque puisse tourner indépendamment de la régula et du curseur, il est nécessaire que l'axe soit creux comme celui autour duquel tourne la volvelle de la face 1A (Fig 3). Ici rien de tel, et seul est visible un simple trou.

Nous sommes donc amenés à envisager une troisième solution, qui n'a pas encore reçu d'appellation particulière, et qui semble peu documentée dans la littérature de l'époque. Mais on la rencontre quelquefois sur des instruments du XVI<sup>e</sup> siècle (Greppin 1975 n° 3130 ; Ward 1981 n° 357; Higton 2002 p. 302 & 304 ; Delalande & Delalande 2013 n° R23).

Dans ce troisième type, la projection orthographique fait partie d'une sorte de règle à calcul circulaire permettant, sans aucune mesure, de connaître les heures de lever et de coucher du Soleil, à partir de la latitude et de la date. Cet instrument est équipé d'un ostenseur. Au prix d'une petite adaptation de celui-ci, il est même possible de connaître l'heure du début et de la fin des crépuscules du matin et du soir.

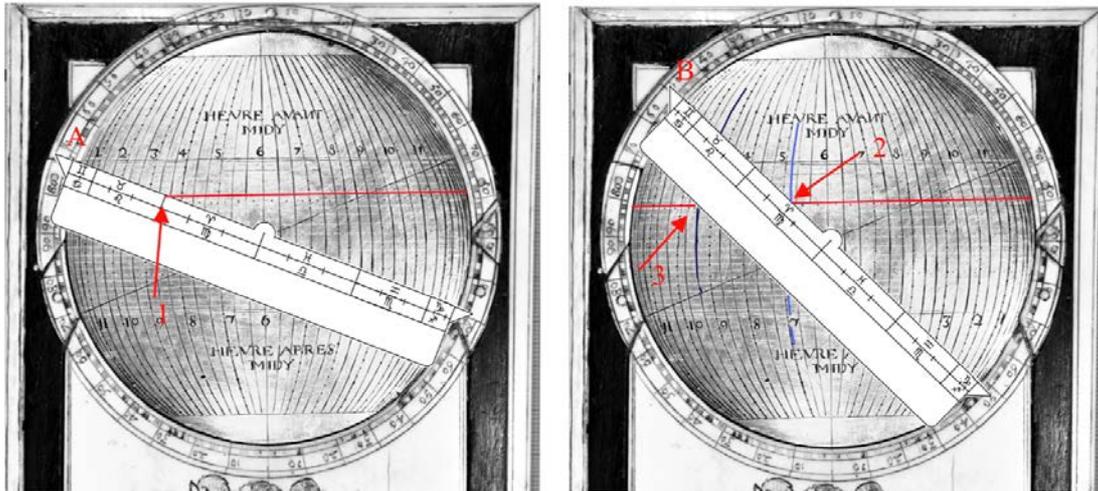


Fig. 18 : Tentative de reconstitution de l'instrument de la face 2B et illustration de son utilisation (détermination des heures de lever, de coucher du Soleil, et des crépuscules du matin et du soir à la latitude de  $49^\circ$  un 22 avril : explication dans le texte).

La figure 18 propose une tentative de reconstitution d'instrument de ce troisième type. On note l'existence d'un ostenseur assez large ; l'un de ses grands côtés passe par le centre du cercle, il servira à déterminer les heures de lever et de coucher du Soleil ; l'autre grand côté est décalé d'une distance qui correspond à la même distance que l'écartement des lignes horizontales  $0^\circ$  et  $-18^\circ$  de la projection. Ce côté servira à déterminer les heures des crépuscules du matin (aurore) et du soir que l'on considérera correspondre à une hauteur du Soleil à  $-18^\circ$ . Sur l'instrument de la Fig. 19, ce côté porte la mention « ligne de l'aurore et du crépuscule ».

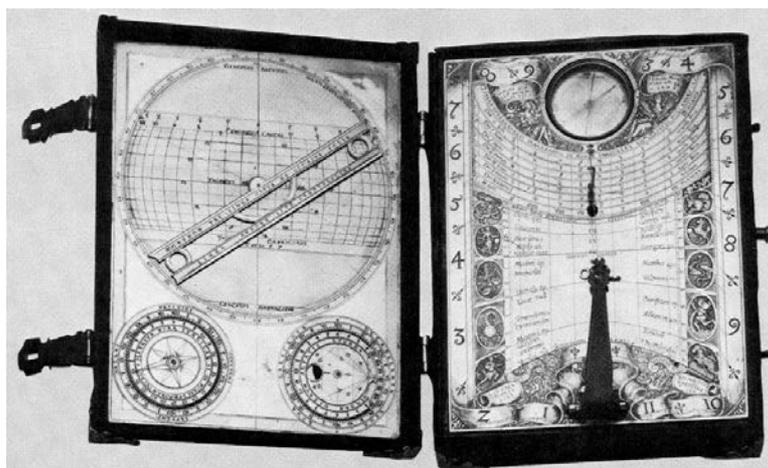


Fig. 19 : Instrument de voyage de 1577 en forme de livre (Collection Greppin). On note en haut à gauche, un dispositif qui pourrait être l'équivalent de celui présent sur le diptyque étudié.

L'utilisation de l'instrument passe par les étapes suivantes (Fig. 18) :

- tout d'abord, on repère la ligne horizontale qui correspond à la date du jour (dans l'exemple de la fig. 18, on prendra la date du 22 avril: repère 1); pour cela, on met l'ostenseur en position telle que le diamètre embrasse exactement la zone des lignes horizontales de la projection, ou, en d'autres termes, on positionne l'ostenseur sur l'échelle extérieure à la valeur de 23,5° (repère A) (sur l'instrument de la Fig. 19, cette étape est superflue dans la mesure où un calendrier est représenté sur la projection elle-même).

- ensuite, on place l'ostenseur à la latitude du lieu (49° sur l'exemple, repère B). Puis on lit les heures de lever et de coucher du Soleil, respectivement, sur les échelles des « heure avant Midy » et « heure après Midy » au croisement entre le côté de l'ostenseur qui correspond au diamètre et la ligne horizontale de la date (repère 2).

- de la même façon, on lit les heures des crépuscules du matin et du soir, sur la même échelle, mais à l'intersection entre l'autre côté de l'ostenseur (celui qui est décalé de 18°) et la même ligne de date (repère 3)

On notera que, dans le cas particulier de notre instrument, le résultat n'est pas très précis. Cela est clairement dû au caractère assez approximatif du tracé de la projection.

### B) La partie intérieure de la face 2B (le blason)

Les armoiries qui occupent cette moitié de la face, appartiennent à Martin Ruzé, (1527-1613), seigneur de Beaulieu, Chilly et Longjumeau, Secrétaire des Finances (dès 1574, avec le Roi de Pologne, futur Henri III), Secrétaire d'Etat (1588), Trésorier du Roi au fait des Guerres; époux de Geneviève Araby. Il est fils de Guillaume IV Ruzé, Receveur des Finances en Touraine, et de Marie Testu; petit-fils de Guillaume III Ruzé, Conseiller au Parlement de Paris (1482), et de Catherine Briçonnet. En quatre-vingt-six ans d'existence, cet homme va vivre sous sept rois de France et en servir six.

Il faut noter un évènement exceptionnel dans la carrière de Ruzé de Beaulieu: en 1589, il est nommé directement Grand-Trésorier de l'Ordre du Saint-Esprit, sans avoir été reçu chevalier au cours d'une promotion précédente<sup>3</sup>. Il le restera jusqu'en 1607. Dès son entrée, il est officier-commandeur; il remplace Nicolas de Neufville, marquis de Villeroy, tombé en disgrâce. Il conservera toutes ses fonctions sous Henri III, Henri IV et Louis XIII.

Le blasonnement de l'écu ne soulève pas de difficulté: « De gueules à un chevron fascé-ondé, d'argent et d'azur, de six pièces, accompagné de trois lions d'or<sup>4</sup> » (Fig. 20).



Fig. 20 : Le Blason du diptyque et sa version en couleur.

Il s'agit des armoiries de Martin Ruzé, Seigneur de Beaulieu et autres lieux (1527-1613).

<sup>3</sup> Pour être chevalier il fallait justifier de trois degrés de noblesse paternelle, ce que ne pouvait pas réussir Martin Ruzé, mais, pour les Grands-Officiers (dont le Grand-Trésorier), cette obligation n'existait pas.

<sup>4</sup> Les trois lions de l'écu sont représentés dans la position « rampants ». C'est là, la position naturelle des lions et des griffons héraldiques; elle ne doit donc pas être blasonnée. Le terme « rampant » ne signifie pas que l'animal rampe sur le sol, mais qu'il se tient sur ses pattes arrière et essaie de se dresser contre une rampe. Chacun a eu l'occasion de voir le « cavallino rampante », logo de la marque d'automobiles « Ferrari »; c'est la même idée.

L'image supérieure appelle deux commentaires :

1) on y remarque le heaume qui timbre l'écu ; il est taré de profil, regarde vers dextre et a la visière presque baissée. Souvent, les traités d'héraldique des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles en font le signe distinctif des anoblis de fraîche date, théorie aujourd'hui abandonnée (Cf. Pastoureau 1993, pp. 67-68 et 208-209).

Du reste, en 1598, date gravée sur le diptyque, soit quinze ans avant sa mort, Ruzé est couvert de charges et d'honneurs, mais pas de titres. Peut-être tient-il à se désigner simplement comme chevalier, le plus beau de tous.

2) l'écu est entouré d'un ruban auquel est appendue une croix pattée, un peu comme la Croix de Fer germanique. Il s'agit de la plus ancienne figuration du collier de l'Ordre du Saint-Esprit, fondé à la Pentecôte 1578 par Henri III, avec une première promotion au 31 décembre 1578. Notre ancien Ordre de Saint-Michel, fondé le 1<sup>er</sup> août 1469 par Louis XI, avec un *numerus clausus* de trente-six membres, se trouvait un siècle plus tard, complètement discrédité en raison des nombreuses et, parfois, discutables, nominations accordées par Catherine de Médicis. Montaigne l'appelait « le collier à toutes bêtes ». Ce modèle de croix ne dura pas et fut remplacé par la croix actuelle, telle qu'on la voit sur l'image de droite, croix doublement fichée, comme la croix de Malte, et surchargée de la colombe du Saint-Esprit aux ailes éployées. En même temps, le ruban bleu ciel du collier était remplacé, autour des blasons, par un collier en orfèvrerie où alternent les H couronnés et les fleurs de lys. Ruzé de Beaulieu a été reçu dans l'Ordre le 10 avril 1589, ce qui explique le caractère vieillot de ces ornements extérieurs que le cadranier de 1598 n'a pas modifiés. De même, sur l'image inférieure, récente, le collier de l'Ordre de Saint-Michel entoure aussi l'écu, à l'intérieur du collier du Saint-Esprit, puisque, désormais, l'appartenance à celui-ci implique aussi l'appartenance à celui-là. Sur la Fig. 21 qui représente la première réception dans l'Ordre du Saint-Esprit, le 31 décembre 1578, on voit que tous les chevaliers portent la même croix que Ruzé, appendue au même ruban ; seul le roi Henri III manipule un collier en orfèvrerie où alternent les H et les lys et qui soutient la même croix pattée. Cette promotion inaugurale comptait vingt-sept chevaliers, tous de la plus éclatante noblesse. Le nombre des titulaires était limité à cent<sup>5</sup>.

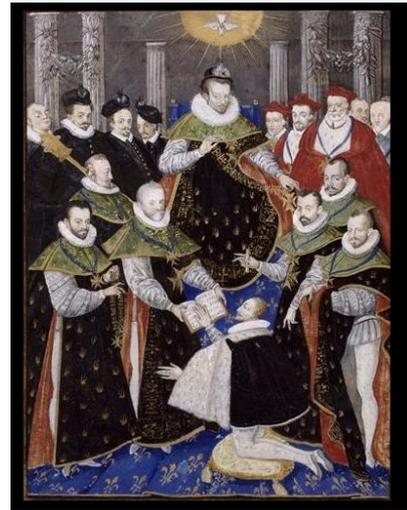


Fig. 21 : Henri III présidant à la première cérémonie de l'Ordre du Saint-Esprit, le 31 Décembre 1578 : réception de Louis de Gonzague, duc de Nevers (anonyme, Musée du Louvre).

Comme nous le verrons, le diptyque est un hommage du gnomoniste, auquel nous essayerons de donner un visage un peu plus loin, à Ruzé de Beaulieu (tableau Fig. 22 en fin d'article).

Sans doute est-il utile d'en dire un peu plus sur ce personnage. Nous disposons de plusieurs portraits officiels de lui dont un par Porbus réalisé à la fin de sa vie, il avait 85 ans (Fig. 22). Imaginons la scène :

<sup>5</sup> Pour comparaison :

1°) l'Ordre de la Jarretière, fondé le 23 avril 1348 par Edouard III, comptait à l'origine vingt-cinq chevaliers.

2°) l'Ordre de la Toison d'or, fondé le 10 janvier 1430 par Philippe le Bon, duc de Bourgogne, comptait aussi vingt-cinq chevaliers, nombre porté à cinquante et un par l'empereur Charles-Quint.

« La nuit vient, Monseigneur. Pour ce jour d'hui il faut suspendre. Demain, si tel est votre plaisir ... ». Le gentilhomme vêtu de noir, se lève et vient se placer à côté du peintre pour juger de l'avancement du tableau. Après plusieurs séances de pose, les grandes masses de la peinture montrent déjà la composition équilibrée du portrait, mais ce qui intéresse le modèle ce sont ses yeux pâles, ou plutôt, le regard de ses yeux. On dirait qu'ils voient au-delà du visible ou en-deça d'eux-mêmes. Cet étrange regard pacifie le visage terne, y peint la sérénité et la résignation qui habitent l'âme de cet homme, au terme de sa vie, puisque, dans un an, il sera mort. Frans Porbus le Jeune est célèbre, depuis qu'il a peint Henri IV, et le personnage auquel il travaille, en ce moment, l'est tout autant, mais seulement parmi les gens de cour ; c'est Martin Ruzé de Beaulieu orné de la prestigieuse croix du Saint-Esprit accrochée à son pourpoint de velours ; en France et partout dans le monde civilisé, on sait qu'elle distingue une rare élite où règnent l'honneur et la grandeur.

Ce n'est pas la première fois que Martin Ruzé se livre à l'œil scrutateur d'un peintre ; il le fait sans plaisir, par obligation mondaine. Déjà, sur le portrait de François Quesnel l'Ancien, son visage enserré sous la fraise et le ruban bleu de l'Ordre, avait l'air tout chagrin et préoccupé. Plus anciennement encore, il avait posé en pied, sa cuirasse sur le sol et son arme sur une commode, l'épée au côté. Il avait alors la jambe fine, souple et longue dans le bas chatoyant, découvert jusqu'à mi-cuisse, par les trouses, aujourd'hui démodées et supplantées par les chausses à la gigote ou à la vénitienne ; il était jeune (Fig. 23) !



Fig. 22 : Portrait de Ruzé de Beaulieu par Porbus (1570- 1622).



Fig . 23 : Portrait de Ruzé de Beaulieu (1) gravure d'après une oeuvre de Léopold de Massart et (2) par François Quesnel l'Ancien (1549-1619).



Chaque fois, il a pensé que ce regard absent l'isolait et le protégeait des autres, car il est un homme de l'ombre, un serviteur du secret. Il vient de passer quatre-vingt-cinq ans et Porbus l'écrira sur le portrait, avec son titre de Conseiller d'Etat, Secrétaire du Roi. Il a vécu

sous sept rois de France et en a servi six ; l'un d'eux fut aussi roi de Pologne et les deux derniers, rois de Navarre. Auprès d'eux, il a écouté et conseillé, contresigné et scellé des lettres, géré les finances, entreprise toujours abominable et aventureuse en France ; parfois mortelle.

Un souvenir, un instant, l'amuse, son équipée avec le roi de Pologne, futur Henri III. Henri de Valois, duc d'Anjou, avait été élu roi de Pologne les 9/11 mai 1573 et Martin approchait de la cinquantaine. Le nouveau roi, bien qu'il eût fort besoin et intrigué pour obtenir cette couronne, n'avait aucune envie de partir s'installer à Cracovie, mais il ne put différer indéfiniment ; il quitta donc Paris le 27 septembre 1573 pour arriver dans sa capitale seulement le 18 février 1574, après un voyage ralenti par des réceptions, des fêtes, des rencontres, des chasses, des dévotions, des visites de châteaux ou de bibliothèques, et surtout par des choix d'itinéraires aberrants : Nancy, Zabern, Haguenau, Heidelberg, Worms, Mayence, Francfort, Fulda, Torgau, Francfort sur l'Oder, Niesrin enfin, sur la frontière polonaise, puis Posnan et Cracovie. Il sera sacré roi de Pologne, sitôt arrivé, le 21 février 1574, en la cathédrale Saint-Stanislas, sous le nom de Henryk Walezky. Du gouvernement de la Pologne, il n'y a rien à dire. Dieu merci, le 14 juin 1574 parvint la nouvelle de la mort de Charles IX et Henri de Valois devint roi de France, sous le nom d'Henri III. Il s'enfuit du palais royal, avec quelques fidèles, la nuit du 18 juin et, galopant à bride abattue, il parvint à Vienne le 23 juin, au terme d'une chevauchée de 336 kilomètres à vol d'oiseau, soit facilement 380, à travers les chemins rocailleux des Carpathes, Petites, Blanches ou Occidentales". Le pauvre Martin en avait les os rompus. Heureusement, la halte à Vienne dura plusieurs semaines et Henri y dépensa 150 000 écus. Puis, la troupe, devenue presque la cour, prit son temps ; séjournant à Venise, Henri III visita la célèbre courtisane, Veronica Franco, mais aussi, à Monza, en août, Charles Borromée. En septembre, il passa par Lyon et, enfin, le 13 février 1575, malgré la froidure, il était sacré à Reims.

Les quinze ans qui suivent, pendant tout le règne d'Henri III, sont, pour Martin Ruzé, une période faste. Il est successivement nommé Secrétaire du roi, Conseiller du roi, Secrétaire des Finances, Secrétaire des Commandements de la reine-mère (Catherine de Medicis), Contrôleur de la Chancellerie, enfin, en avril 1589, peu avant l'assassinat d'Henri III, Grand-Trésorier de l'Ordre du Saint-Esprit, en remplacement de Nicolas de Neufville, marquis de Villeroy.

Sous le règne d'Henri IV, il continue d'assumer ses fonctions importantes et discrètes ; il inspire, recommande, conseille, assiste, comptabilise ; toujours présent quand le roi en a besoin, toujours informé, toujours sage dans ses avis et fidèle dans ses options. En 1601 le roi en fait le Grand Maître des Mines, assisté de Pierre de Béringhen ; à eux deux, ils vont organiser les recherches et les fouilles dans tout le royaume.

S'écoule encore une dizaine d'années. Martin Ruzé commence à penser à sa fin de vie ; il n'a pas d'enfants ; alors, il institue légataire universel, son petit-neveu (petit-fils de sa sœur Bonne) Antoine Coëffier de Ruzé, marquis d'Effiat, sous la condition qu'il relève le nom et les armes des Ruzé, ce qui sera scrupuleusement respecté. Cet homme sera Surintendant des Finances, en 1626, puis Maréchal de France, en 1631. Le choix de Martin Ruzé était bon.

Un dernier chagrin, en 1610, l'assassinat d'Henri IV. Le nouveau roi, Louis XIII, conserve à Ruzé, toutes ses fonctions et sa confiance, aussi c'est à sa table de travail que, le matin du 6 novembre 1613, Martin Ruzé rend à Dieu son âme empreinte de cette discrète élégance qui distingue le vrai gentilhomme.

## V) Hypothèse sur le gnomoniste

Le diptyque n'est pas signé, juste une date, 1598 en face 1A, donne un élément sur sa fabrication. Nous pensons néanmoins pouvoir proposer le nom d'un artisan qui serait à

l'origine de la conception et de la fabrication de cet instrument. Il s'agirait de Marin Bourgeois.

Voyons les éléments qui nous mettent sur cette piste : comme cela a déjà été signalé (Fig. 9) le choix des villes dont la latitude est mentionnée sur le diptyque est surprenante avec une surreprésentation de la Normandie et notamment la ville de Lisieux qui, même à cette époque, était d'importance secondaire.

Fig. 24 : Première page du manuscrit FR 19945 de la BNF, il s'agit d'une dédicace de Marin Le Bourgeois à Ruzé de Beaulieu. ►

Or, il se trouve qu'il existe à la Bibliothèque Nationale de France, un manuscrit (FR 19945, voir Fig. 24) qui correspond à la description et au mode d'emploi d'un cadran solaire complexe offert par l'auteur :

« *Au Noble & vertueux Seigneur Martin Ruze Chevallier sieur de Beaulieu con(seill)eur du Roy en son conseil d'estat & secretaire de ses commandemens.* »

et signé :

« *De Lisieux ce premier jour de l'an 1599, Votre tres humble serviteur M. le Bourgeois* »

Par ailleurs, dans la dédicace, il est mentionné :

« *Monseigneur estimant avoir en cest heur de quelques miens ouvrages precedents vous ont semblé agreables jay prins derechef la hardiesse vous presenter ce tableau avec le petit traite propre pour declarer la pratique & l'usage dicelluy vous priant très humblement lhonorer de pareil accueil qu'avez acoustume favoriser mon travail vous m'augmenteres la volonte de vous faire tres humble service d'aussi bon coeur que je prie Dieu Mon Seigneur de votre prosperité et santé* »

Nous avons projet de présenter dans un futur article, l'ensemble de ce manuscrit. Disons simplement ici que le bloc gnomonique de table, qui est décrit dans le texte, présente des fortes similitudes avec certains éléments du diptyque étudié dans le présent article. Des passages du manuscrit nous ont d'ailleurs été de grande aide pour la compréhension de quelques fonctions du diptyque. Nous pensons donc que, parmi les « *quelques miens ouvrages precedents* » de la dédicace, il y a le diptyque qui nous intéresse ici.

Marin Bourgeois (ou « Marin le Bourgeois ») (Lisieux milieu du XVIe, Lisieux 3 Sept. 1634) est un personnage assez peu connu (essentiellement : Huard 1913 duquel nous tirerons la quasi-totalité des informations ci-après), mais fascinant et dont la diversité des talents et des compétences font un parfait représentant du monde de la Renaissance.

**A Noble & vertueux Seigneur**  
**Martin Ruze Chevallier sieur de**  
**Beaulieu con. <sup>eur</sup> du Roy en son cō-**  
**seil d'estat & secretaire de ses com-**  
**mandemens.**

SALVT

**Monseigneur estimant avoir**  
**eu cest heur que quelques miens ouvrages**  
**precedentz vous ont semblé agreables jay**  
**pris de rechef la hardiesse vous presléter**  
**ce tableau avec le petit traite propre pour**  
**declarer la pratique & l'usage dicelluy: -**  
**vous priant tres humblement lhonorer de**  
**pareil accueil qu'avez acoustume fauon**  
**ler mon trauail vous m'augmenteres la**  
**volonte de vous faire tres humble service**  
**daulli bon coeur que ie prie Dieu Mon**  
**seigneur pour vostre prosperite & sante.**

De Lisieux ce premier jour de lan. 1599.

Vostre tres humble seruiteur. M. le Bourgeois.

C'est tout d'abord un peintre de talent. Il a obtenu un brevet de peintre ordinaire le 11 Juin 1591 et c'est à ce titre qu'il devient valet de chambre du Roi dès 1594. Le 6 Mai 1605, Henri IV, en récompense d'un tableau lui « *permis et permet ...de tirer avecq l'harquebuze et arbaleste à toutes espèces d'oyseaulx.* ». En 1608, il lui accorde des lettres de maîtrise, en tant que peintre, mais aussi en tant qu'« *ouvrier en globes mouvants et aultres inventions mécaniques* » (nous y reviendrons).

Par ailleurs, Marin Bourgeois est actuellement internationalement connu pour ces inventions dans le domaine de l'armement. Tout d'abord la mise au point d'un fusil (arquebuse) à air comprimé dont il fera une démonstration devant le Roi et Ruzé de Beaulieu son secrétaire d'état. Mais c'est surtout pour l'invention de la platine à silex qu'il est connu. Cette invention a révolutionné le monde des armes portables et son usage s'est perpétué pendant près de deux siècles et demi (voir par exemple Holmes 2010).

C'est aussi un ingénieur hydraulicien, il a notamment organisé le système des eaux du château d'Outrelaize vers 1600-1604.



Fig. 25 : les deux portraits de Marin Le Bourgeois par Thomas Picquot (voir Huart 1927).

Enfin, et c'est ce qui nous intéresse le plus ici, Marin Bourgeois s'est intéressé à l'astronomie et, en plus des cadrans solaires, il a notamment fabriqué un « *globe, dans lequel sont raportés le mouvemens du soleil, de la lune et des estoilles fixes, à mesmes pas, mesure et periodes qu'ilz se voyent aller au ciel* ». C'est sans doute ce globe mouvant (planétaire mécanique), conservé dans la galerie du Louvre, qu'il est chargé de réparer, pour 400 livres, en 1611. C'est peut-être ce même globe qui est représenté dans la partie haute d'un des deux portraits le représentant (Fig. 25). Ces portraits furent réalisés par Thomas Picquot (Huart 1927) qui succéda à Marin Bourgeois dans certaines charges, dont celle d'entretenir les globes mouvants du Roi.

## VI) Conclusions

A l'issue de cette étude, il apparaît que le diptyque étudié est véritablement exceptionnel ; il semble par exemple très en avance sur les cadrans de Nuremberg, qui sont également des diptyques en ivoire et qui n'atteindront un développement équivalent que quelques décennies plus tard (Gouk 1988, Llyod 1992).

Le diptyque étudié ne nous est pas parvenu complet, certaines pièces mobiles manquent. C'est le cas des gnomons fixes des cadrans des faces 1B et 2A qui sont perdus, mais nous avons pu reconstituer leur principale caractéristique (longueur) ce qui devrait permettre de les remplacer sans trahir l'original. De même l'aiguille de la boussole et le verre manquent. Dans le même ordre d'idées, il apparaît que la pièce métallique de la face 1B devrait être fixée de façon que les chiffres XII soient dans l'axe principal. Inversement, certaines pièces mobiles des faces 1A et 2B (girouette, ostenseur du carré géométrique, ostenseur de l'abaque des levers et couchers du Soleil), et les fonctions associées, demeurent hypothétiques. Plus gênant encore, pour une éventuelle restauration, nous n'avons pas d'hypothèse à proposer en ce qui concerne la nature du point d'implantation du fil polaire qui servait de style au cadran vertical et à l'un des cadrans horizontaux.

Enfin, il est à noter que nous avons pu proposer une hypothèse en ce qui concerne l'auteur de l'instrument : il s'agirait donc de Marin Le Bourgeois de Lisieux.

## Références bibliographiques

- **Bennet J.** (2009): Sundials and the Rise and Decline of Cosmography in the Long Sixteenth Century, Bulletin SIS, 101, p; 4-10
- **Delalande D. & Delalande E.** (2013) : Cadrans solaires / Sundials ; catalogue d'exposition, Paris, 431 p.
- **Eagleton C.** (2010) : Monks, manuscripts and sundials, The Navicula in Medieval England, BRILL, Leiden, 292 p
- **Gouk P.** (1988): The ivory sundials of Nuremberg 1500-1700, Whipple Museum of the History of Science.
- **Higton H.** (2002) : Sundials at Greenwich : a catalogue of the sundials, nocturnals and horary quadrants in the national Maritime Museum, Greenwich. Oxford University Press, 463 p.
- **Holmes R.** (2010) : Weapon: A Visual History of Arms and Armour, DK ed. 360 p.
- **Huard G.** (1913) : Marin BOURGEOYS, peintre du roi dans Bulletin de la Société historique de Lisieux, 21, p. 5-37.
- **Huard G.** (1927) : Thomas Picquot et les portraits de Marin Bourgeois.-, Aréthuse VII-1927.
- **King D.A.** (2014) : In synchrony with the heavens , volume 1 : The call of the Muezzin ; Brill ed, 930 p. (première édition : 2005)
- **Lloyd S.A.** (1992) : Ivory diptych sundials 1570-1750, Harvard University Press, 169 p.
- **Lunier M.** (1805): Dictionnaire des sciences et des arts, tome II.
- **Mercier E.** (2015): Cadrans portatifs et déclinaison magnétique (XVI - XVIIIe siècles). Cadran Info N° 32, p. 61-76
- **Oudenot G.** (2011) : Volvelles lunaires des cadrans portables. Cadran-Info n°23, p.61-71
- **Pastoureau M.** (1993): in « Traité d'héraldique », Grands manuels Picard, pp. 67-68 et 208-209
- **Ward F.A.B.** (1981) : A catalogue of european scientific instruments in the departement of medieval and later antiquites of the British Museum. British Museum Publications Limited.

Quelques événements de la vie de Ruzé de Beaulieu,  
en regard d'événements historiques.

Dates-Rois	Dates Ruzé	Evènements : histoire de France et vie de Ruzé de Beaulieu.
1515-1547		François Ier roi de France
	1526/1527	Naissance de Martin Ruzé, à Tours
1547-1559		Henri II roi de France
	c. 1551	Commence sa carrière à la cour d'Henri II
	1571-1588	Superintendant général des munitions et des vivres
1559-1560		François II roi de France
1590-1574		Charles IX roi de France
	1573-1574	Secrétaire ordinaire du roi de Pologne (futur Henri III)
	1573-1574	Voyage en Pologne (ac.27/09) et retour (ac. Juin 1574)
1574-1589		Henri III roi de France. Assassiné le 02/08/1589
	1574	Nommé cinquième secrétaire de l'Etat
	1576	Conseiller du Roi et secrétaire de ses Finances et des Commandements de la Reine-Mère (Catherine de Medicis)
	1578	Nommé Contrôleur de la Chancellerie
	1588	15/09 choisi par le roi en remplacement de Nicolas de Neufville, marquis de Villeroy.
	1589	10/04 Nommé Grand Trésorier de l'Ordre du Saint-Esprit, en remplacement de Nicolas de Neufville, marquis de Villeroy.
1589-1610		Henri IV roi de France et de Navarre. Assassiné en 1610.
	1590	Siège de Laon. Ruzé « homme de l'ombre ».
	1596	Achète les terres de Chilly et de Longjumeau
	1598	Création du diptyque en ivoire : armes timbrées d'un heaume.
	1601	Nommé Grand Maître des Mines, avec Pierre de Beringhen
	1606	Se fait adjoindre Antoine de Loménie, en raison de son âge.
	1609	26/08 : institue son petit-neveu légataire universel sous condition de relever son nom et ses armes, ce qui sera fait.
1610		Assassinat d'Henri IV
1610-1643		Louis XIII roi de France et de Navarre
	1613	06/11 : mort de Martin Ruzé de Beaulieu à 86 ans
	1613 +++	Son tombeau : église Saint-Etienne, à Chilly-Mazarin
	1613 +++	Gisant en la cathédrale d'Angers, avec son frère, évêque.





## Œilleton et tache de lumière

Denis Savoie

*Il nous a paru souhaitable de donner une nouvelle version, corrigée et étendue, de l'article paru dans Cadran-Info en 2006, consacré aux œilletons. Les formules suivantes permettent de calculer les dimensions d'une tache de lumière issue d'un œilleton circulaire avec un Soleil de diamètre apparent<sup>1</sup>.*

### 1 – Calculs préliminaires

Soit  $r$  le diamètre d'un œilleton circulaire de centre  $K$  situé à une distance  $a$  du plan considéré (sol, mur).

Soit  $R$  le demi-diamètre du Soleil ; celui-ci varie de  $0^{\circ} 16' 16''$  début janvier à  $0^{\circ} 15' 44''$  début juillet, soit près d'une demi-minute d'arc de variation. En général<sup>2</sup>, on prend  $R = 0^{\circ} 16'$ .

On utilise deux angles intermédiaires  $\alpha$  et  $\alpha'$  : pour le diamètre du Soleil,  $\alpha$  est compté depuis le bord supérieur (fig. 1) dans le sens trigonométrique de  $0^{\circ}$  à  $360^{\circ}$ . Pour l'œilleton,  $\alpha'$  est compté depuis le bord supérieur, dans le même sens.

On a :  $\alpha' = \alpha + 180^{\circ}$ .

On appellera  $h$  la hauteur du photocentre du Soleil,  $h_v$  sa hauteur apparente (c'est-à-dire affectée par la réfraction notée *refra*) et  $h'v$  la hauteur apparente d'un bord du Soleil.

$\phi$  étant la latitude du lieu,  $\delta$  la déclinaison du Soleil,  $H$  son angle horaire, on a :

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

$$h_v = h + \text{refra}$$

$$h'v = h_v + R \cos \alpha$$

La réfraction, en minutes de degré, se calcule par :  $\text{refra} = 1.02 / [\tan (h + 10.3 / (h + 5.11))]$

<sup>1</sup> On comparera les résultats obtenus ici avec les formulaires de G. Baillet et M. Goutaudier. Les décimales superflues dans les exemples numériques sont données uniquement pour vérifications. On consultera avec profit l'article de G. Ferrari, « Propriétés de l'ombre », *Cadran-info* n° 16, octobre 2007, p. 14-20, et, du même auteur, « Ombre et pénombre », *Cadran-info* n° 13, mai 2006, p. 27-33.

<sup>2</sup> Si l'on veut être plus rigoureux, on peut calculer le diamètre apparent du Soleil par :

$$R = 16' + 16'' \cos M$$

$M$  étant l'anomalie moyenne du Soleil ( $0^{\circ} < M < 360^{\circ}$ ) que l'on calcule par :

$$M = 357^{\circ},528 + 0^{\circ},9856003 \times T, T \text{ étant le temps compté en jours depuis J2000.0 à 12 h UT.}$$

La valeur obtenue est celle correspondant à une pression atmosphérique de 1010 millibars et une température de 10° Celsius<sup>3</sup>. La réfraction atteint environ 3' pour des valeurs de la hauteur du Soleil voisines de celle correspondant au solstice d'hiver sous nos latitudes.

Comme le Soleil n'est pas ponctuel, on doit faire intervenir l'azimut de son bord ; soient  $A$  l'azimut de son photocentre et  $dA$  l'azimut d'un point de sa circonférence. On a :

$$\cos dA = (\cos R - \sin h_v \sin h'_v) / (\cos h_v \cos h'_v)$$

Si  $0^\circ < \alpha' < 180^\circ$ , alors  $dA = -d\alpha'$ .

L'azimut du photocentre du Soleil se calcule par :

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

$A$  étant du même signe que  $H$ .

Le principe du calcul est le suivant (fig. 1) : un rayon solaire issu d'un point du bord du Soleil rencontre un point opposé d'un bord de l'œilleton avant d'arriver sur la surface où il forme une tache de lumière. On cherche les dimensions de cette tache en faisant tourner un rayon fictif autour du Soleil et autour de l'œilleton, donc en engendrant un conoïde.

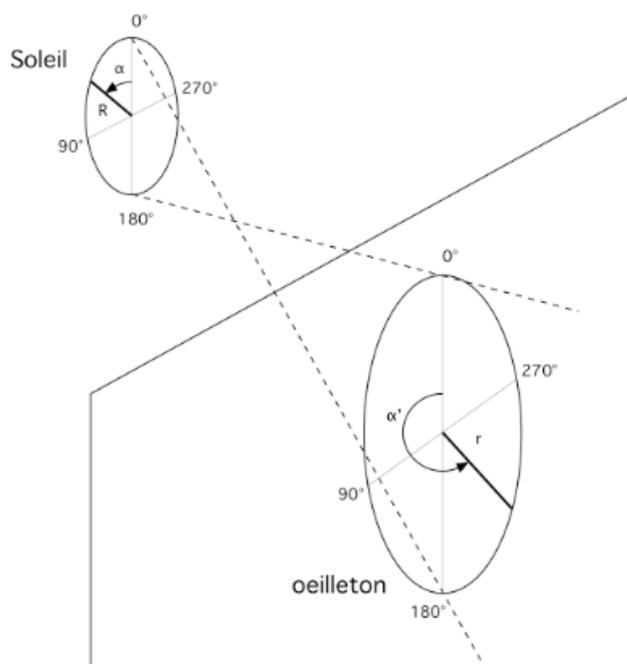


Figure 1

## 2 – Cas d'un œilleton vertical : image au sol

<sup>3</sup> Pour d'autres valeurs de la température  $T$  et de la pression  $P$ , on multiplie la réfraction par un terme correctif.

Soit un mur de déclinaison gnomonique  $D$  muni d'un œilleton d'épaisseur négligeable, situé à une hauteur  $a$  du sol (fig. 2). Pour calculer les coordonnées  $X$  et  $Y$  de la tache du Soleil au sol, comptées depuis le pied de l'œilleton (axe des  $X$  dirigé vers l'Est, axe des  $Y$  vers le Nord), on calcule :

$$X = x' \cos D + y' \sin D; \quad Y = -x' \sin D + y' \cos D$$

avec

$$x' = (a + r \cos \alpha') \sin (A + dA - D) \cotan (h'v) - r \sin \alpha'$$

$$y' = (a + r \cos \alpha') \cos (A + dA - D) \cotan (h'v)$$

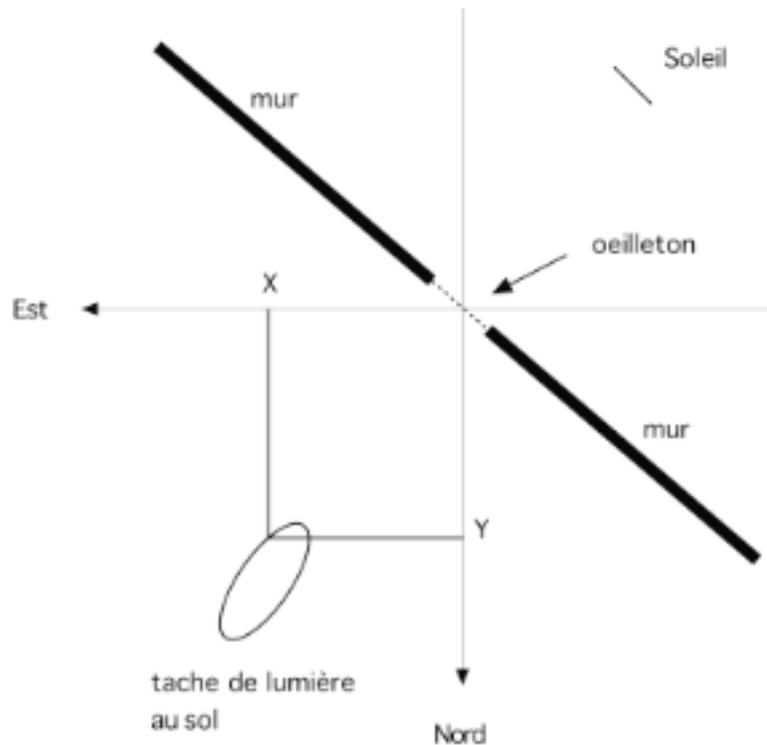


Figure 2 (Vue de dessus)

Si l'on ne s'intéresse qu'à l'image du Soleil à midi vrai, on prend  $H = 0^\circ$ . Mais on peut aussi calculer l'image du Soleil à midi moyen ( $H = -E$ ,  $E$  étant l'équation du temps) ou à midi UT, voire à n'importe quel autre instant de la journée.

L'image du Soleil au sol est plus ou moins elliptique selon le diamètre de l'œilleton, l'heure et la date. Mais la différence entre l'image au solstice d'été et celle au solstice d'hiver est considérable, surtout si l'œilleton est placé loin du sol.

On obtient les dimensions maximales de la tache de lumière en  $X$  en posant  $\alpha' = 90^\circ$  et  $270^\circ$ , et les dimensions maximales en  $Y$  en posant  $\alpha' = 0^\circ$  et  $180^\circ$ .

*Exemple 1* : soit un œilleton placé sur un mur vertical méridional dont les paramètres sont  $\phi = 48^\circ$ ,  $D = 0^\circ$ ,  $a = 800$  cm,  $r = 1$  cm (diamètre = 2 cm). Calculons des points de son image au sol le jour du solstice d'hiver ( $\delta = -23^\circ,439$  et  $R = 0^\circ 16' 16''$ ) à midi solaire ( $H = 0^\circ$ ).

On a par exemple :

$$\alpha' = 0^\circ ; A = 0^\circ ; h = 18^\circ,561 ; \text{refra} = 0^\circ 2' 58'' ; hv = 18^\circ,61038 ; h'v = 18^\circ,33927 ; \\ dA = 0^\circ ; \text{d'où } X = 0 \text{ cm et } Y = 2416,4 \text{ cm.}$$

$$\alpha' = 90^\circ ; A = 0^\circ ; h = 18^\circ,561 ; \text{refra} = 0^\circ 2' 58'' ; hv = 18^\circ,61038 ; h'v = 18^\circ,61038 ; \\ dA = -0^\circ,28607 ; \text{d'où } X = -12,86 \text{ cm et } Y = 2375,7 \text{ cm.}$$

$$\alpha' = 300^\circ ; A = 0^\circ ; h = 18^\circ,561 ; \text{refra} = 0^\circ 2' 58'' ; hv = 18^\circ,61038 ; h'v = 18^\circ,47483 ; \\ dA = 0^\circ,24764 ; \text{d'où } X = -11,22 \text{ cm et } Y = 2395,91 \text{ cm.}$$

Dans le cas présent, on obtient une tache très elliptique de 80,29 cm de long sur 25,72 cm de large.

Au même instant au solstice d'été ( $\delta = +23^\circ,439$ ), la tache ne fait plus que 10,05 cm de large sur 9,76 cm de long, soit quasiment un cercle.

Si maintenant on applique la règle du millième, dite « de Cassini », l'œilleton fait donc 0,8 cm de diamètre (puisque  $a = 800$  cm), soit  $r = 0,4$  cm. Au solstice d'hiver à midi solaire, la tache de lumière mesure 76,7 cm de long sur 24,52 cm de large. Par rapport à un œilleton de 2 cm, le changement est donc très faible. Il vaut donc mieux prendre un œilleton plus grand, ce qui rend la tache bien plus lumineuse. Jérôme de Lalande<sup>4</sup>, dans son *Encyclopédie méthodique*, justifiait déjà par des arguments parfaitement clairs l'inadéquation de cette « règle » de Cassini : « *M. Cassini jugea que le diamètre du trou devait être en général la millième partie de la hauteur du gnomon ; mais je crois qu'il est souvent utile de le rendre plus grand, pour avoir plus de lumière ; l'inconvénient qui en résulte par l'augmentation de l'image, n'est pas considérable ; en augmentant le trou du gnomon d'une méridienne de 3 lignes, on n'ajoute que 3 lignes au diamètre de l'image, quelque grande qu'elle soit, et à quelle distance qu'elle soit du trou, et cependant on peut augmenter beaucoup la lumière* ».

*Exemple 2* : soit un œilleton placé sur un mur vertical déclinant dont les paramètres sont  $\phi = 48^\circ$ ,  $D = 30^\circ$ ,  $a = 800$  cm,  $r = 1$  cm (diamètre = 2 cm). Calculons des points de son image au sol le jour du solstice d'été ( $\delta = 23^\circ,439$  et  $R = 0^\circ 15' 44''$ ) pour  $H = 40^\circ$ .

On a par exemple :

$$\alpha' = 0^\circ ; A = 66^\circ,52321 ; h = 49^\circ,98624 ; \text{refra} = 0^\circ 0' 51'' ; hv = 50^\circ,00042 ; \\ h'v = 49^\circ,73819 ; dA = 0^\circ ; \text{d'où } X = 622,22 \text{ cm et } Y = 270,25 \text{ cm.}$$

$$\alpha' = 90^\circ ; A = 66^\circ,52321 ; h = 49^\circ,98624 ; \text{refra} = 0^\circ 0' 51'' ; hv = 50^\circ,00042 ; \\ h'v = 50^\circ,00042 ; dA = -0^\circ,40795 ; \text{d'où } X = 612,92 \text{ cm et } Y = 272,3 \text{ cm.}$$

$$\alpha' = 240^\circ ; A = 66^\circ,52321 ; h = 49^\circ,98624 ; \text{refra} = 0^\circ 0' 51'' ; hv = 50^\circ,00042 ;$$

<sup>4</sup> Jérôme de Lalande, *Encyclopédie méthodique*, t. 2, Paris, 1785, p. 384. On consultera avec intérêt l'article de G.Ferrari, « L'image du soleil dans les cadrans solaires à chambre obscure », *Cadran-Info* n° 21, mai 2010, p. 55-65, qui s'intéresse particulièrement à la luminosité de la tache solaire dans les grandes méridiennes italiennes.

$$h'v = 50^{\circ},13153; dA = 0^{\circ},35378; \text{d'où } X = 614,84 \text{ cm et } Y = 261,79 \text{ cm.}$$

### 3 – Cas d'un œilleton vertical : image sur un mur

a) L'image du Soleil passant par l'œilleton vertical peut dans certains cas se projeter sur un mur. On supposera tout d'abord que le mur sur lequel se projette la tache de lumière est parallèle à l'œilleton (donc l'œilleton est vertical). Soit  $D$  la déclinaison gnomonique du mur; appelons  $a$  la distance de l'œilleton de centre  $K$  au point  $P$  sur le mur (fig. 3).

Les coordonnées  $X$  et  $Y$  de l'enveloppe de la tache de lumière, depuis le pied du style droit fictif  $P$ , s'obtiennent par (axe des  $X$  vers la droite,  $Y$  vers le haut) :

$$X = [a (\cos D \tan (A + dA) - \sin D) / (\cos D + \tan (A + dA) \sin D)] - r \sin \alpha'$$

$$Y = - [a \tan h'v / (\cos (A + dA - D))] + r \cos \alpha'$$

*Exemple* : en prenant comme paramètres  $\phi = 48^{\circ}$ ,  $D = +30^{\circ}$ ,  $a = 500 \text{ cm}$ ,  $r = 1 \text{ cm}$ ,  $R = 0^{\circ} 15' 44''$ ,  $H = 45^{\circ}$ ,  $\delta = +23^{\circ},433$ ,  $\text{refra} = 57''$ , on a :

$\alpha' = 180^{\circ}$	$X = 443,64 \text{ cm}$	$Y = -721,23 \text{ cm}$
$\alpha' = 270^{\circ}$	$X = 450,67 \text{ cm}$	$Y = -717,93 \text{ cm}$
$\alpha' = 0^{\circ}$	$X = 443,64 \text{ cm}$	$Y = -706,14 \text{ cm}$
$\alpha' = 90^{\circ}$	$X = 436,7 \text{ cm}$	$Y = -709,45 \text{ cm}$

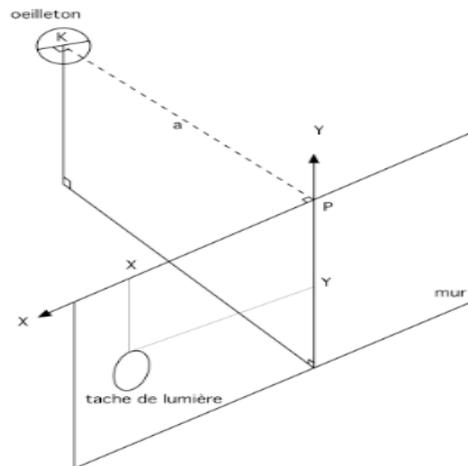


Figure 3

b) Imaginons maintenant que l'œilleton vertical ne soit pas parallèle au mur (fig. 4) ; appelons  $D$  la déclinaison gnomonique du mur où se projette la tache de lumière et  $D'$  la déclinaison gnomonique de l'œilleton. Soit  $a$  la distance entre le centre de l'œilleton et le mur ( $a$  est perpendiculaire au mur).

Les coordonnées  $X$  et  $Y$  de l'enveloppe de la tache de lumière, depuis le pied du style droit fictif  $P$ , s'obtiennent par (axe des  $X$  vers la droite,  $Y$  vers le haut) :

$$X = [a' (\tan (A + dA) - \tan D) / (1 + \tan (A + dA) \tan D)] - r \sin \alpha' \cos (D - D')$$

$$Y = - [a' \tan h'v / (\cos (A + dA - D))] + r \cos \alpha' \cos (D - D')$$

avec:  $a' = a + r \sin (D - D') \sin \alpha'$

*Exemple* : en prenant comme paramètres  $\phi = 48^\circ$ ,  $D = + 30^\circ$ ,  $D' = - 40^\circ$ ,  $a = 300$  cm,  $r = 1$  cm,  $R = 0^\circ 16'$ ,  $H = 20^\circ$ ,  $\delta = + 15^\circ$ ,  $\text{refra} = 46''$ , on a :

$$\begin{aligned} \alpha' &= 190^\circ \\ X &= 18,19 \text{ cm} \\ Y &= - 404,45 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha' &= 320^\circ \\ X &= 19,41 \text{ cm} \\ Y &= - 396,55 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha' &= 50^\circ \\ X &= 15,73 \text{ cm} \\ Y &= - 398,57 \text{ cm} \end{aligned}$$

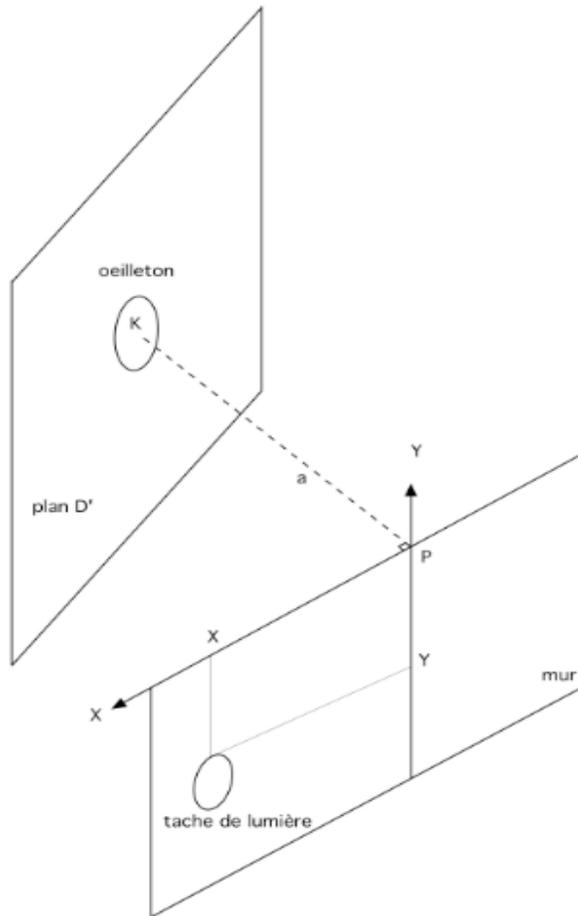


Figure 4 ►

#### 4 – Cas d'un œilleton horizontal

a) image au sol :

Dans le cas d'un œilleton horizontal, placé sur un toit par exemple (fig. 5), à la distance  $a$  du sol, on obtient les coordonnées  $X$  et  $Y$  de la tache de lumière au sol depuis le nadir  $P$  du centre de l'œilleton par (axe des  $X$  vers l'Est et axe des  $Y$  vers le Nord) :

$$\begin{aligned} X &= a \sin (A + dA) \cotan (h'v) - r \sin \alpha' \\ Y &= a \cos (A + dA) \cotan (h'v) + r \cos \alpha' \end{aligned}$$

*Exemple* : en prenant les paramètres  $\phi = 48^\circ$  et  $\delta = - 23^\circ,443$  mais en supposant que l'œilleton est horizontal de rayon 1,5 cm à 800 cm du sol, on a :

$H = 0^\circ$ ;  $A = 0^\circ$ ;  $h = 18^\circ,557$ ;  $\text{refra} = 0^\circ 2' 58''$ ;  $h'v = 18^\circ,60639$ ;  $R = 0^\circ 16' 16''$ . Si  $\alpha' = 60^\circ$ , on a  $h'v = 18^\circ,47084$ ;  $dA = -0^\circ,24764$ ; d'où  $X = -11,65$  cm et  $Y = 2395,73$  cm. La tache elliptique mesure 77,4 cm sur 26,7 cm.

Si  $\delta = +10^\circ$  et  
 $H = -35^\circ$ ,  
 on a pour  $\alpha' = 150^\circ$  :  
 $X = -672,22$  cm  
 et  
 $Y = 569,53$  cm.

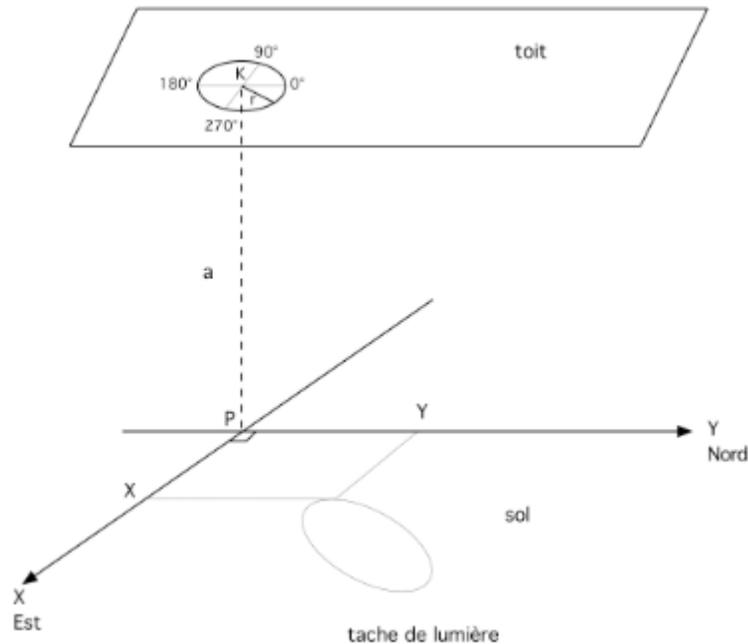


Figure 5 ►

b) image sur un mur :

Si la surface sur laquelle se projette la tache de lumière est un mur de déclinaison gnomonique  $D$ , l'œilleton étant situé à la distance  $a$  du mur (fig. 6), on obtient les coordonnées de la tache de lumière depuis le point  $P$ , intersection de la droite passant par le centre de l'œilleton et le mur (axe des  $X$  vers la droite et axe des  $Y$  vers le haut) par :

$$X = [a' \tan (A + dA - D)] - r \sin \alpha'$$

$$Y = [-a' \tan (h'v)/\cos (A + dA - D)] + r \cos \alpha'$$

avec  $a' = a - r \cos \alpha'$

*Exemple* : en prenant les paramètres  $\phi = 48^\circ$ ,  $D = 30^\circ$ ,  $r = 1,5$  cm,  $a = 900$  cm,  $R = 0^\circ 16' 16''$  et  $\delta = -5^\circ$  et  $H = 20^\circ$ , on obtient avec  $\text{refra} = 0^\circ 2' 58''$  et  $\alpha' = 230^\circ$  :  $X = -84,51$  cm et  $Y = -619,87$  cm.

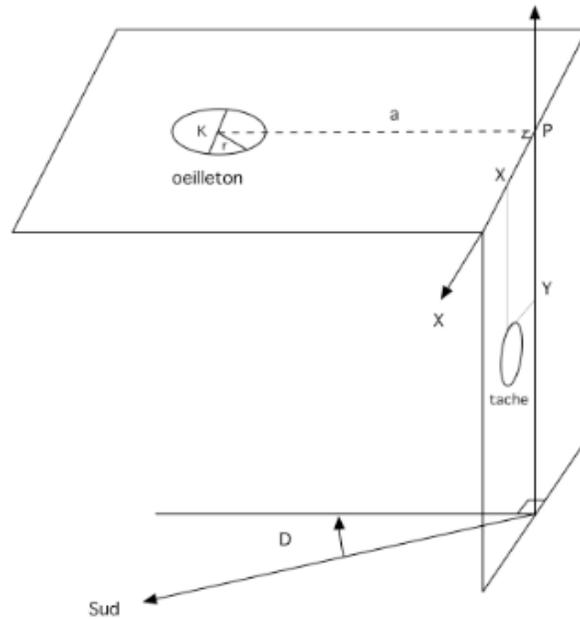


Figure 6

### 5 – Cas d'un œilleton polaire : image sur un mur

Imaginons un cadran solaire vertical (fig. 7) muni d'un style polaire dont l'extrémité se termine par un œilleton de rayon  $r$ , de centre  $K$ , situé à la distance  $PK = a$  du mur déclinant (l'œilleton est dans la continuité du style, donc polaire). L'inclinaison de l'œilleton sur la sous-styloire est égale à  $f$ , avec  $\sin f = \cos \phi \cos D$ . L'angle tabulaire de la sous-styloire  $S'$  se calcule par :  $\tan S' = \sin D / \tan \phi$ .

Les coordonnées  $X$  et  $Y$  de l'enveloppe de la tache de lumière, depuis le pied du style droit  $P$ , s'obtiennent par (axe des  $X$  vers la droite,  $Y$  vers le haut) :

$$X = [a'(\cos D \tan(A + dA) - \sin D) / (\cos D + \tan(A + dA) \sin D)] + dx$$

$$Y = -[a' \tan h'v / (\cos(A + dA - D))] + dy$$

avec  $a' = a - r \sin f \cos \alpha'$

$$dx = -r \cos f \sin(\alpha' + S'); \quad dy = r \cos f \cos(\alpha' + S')$$

*Exemple* : le cadran solaire de l'observatoire Flammarion de Juvisy a comme paramètres :  $\phi = 48^\circ 41' 37''$ ,  $D = +6^\circ 57'$ ,  $a = 57,2$  cm,  $r = 1$  cm. Calculons les dimensions de la tache de lumière le jour de l'équinoxe à midi vrai ( $H = 0^\circ$ ,  $\delta = 0^\circ$ ) en prenant  $R = 0^\circ 16'$  :

$\alpha' = 180^\circ$  ;  $A = 0^\circ$  ;  $h = 41^\circ,30639$  ; réfraction =  $0^\circ 1' 9''$  ;  $h'v = 41^\circ,32558$  ;  $h''v = 41^\circ,59225$  ;  $dA = 0^\circ$  ;  $a' = 57,85524$  cm ;  $dx = 0,07987$  ;  $dy = -0,75119$  ; d'où  $X = -6,97261$  cm et

$$Y = -52,48361 \text{ cm.}$$

$$\alpha' = 0^\circ$$

$$X = -6,97261 \text{ cm}$$

$$Y = -48,86920 \text{ cm.}$$

$$\alpha' = 90^\circ$$

$$X = -8,08385 \text{ cm}$$

$$Y = -50,78817 \text{ cm.}$$

$$\alpha' = 270^\circ$$

$$X = -5,86192 \text{ cm}$$

$$Y = -50,55186 \text{ cm.}$$

En calculant l'intégralité des points, on obtient une tache de lumière de 3,6 cm de long sur 2 cm de large environ. Il est évidemment possible de simuler la tache de lumière tout au long d'une journée : pour une heure et une déclinaison données, on fait varier  $\alpha'$  de  $0^\circ$  à  $360^\circ$  de un en un degré. On pourra également vérifier que la tache de lumière en été peut être assez elliptique.

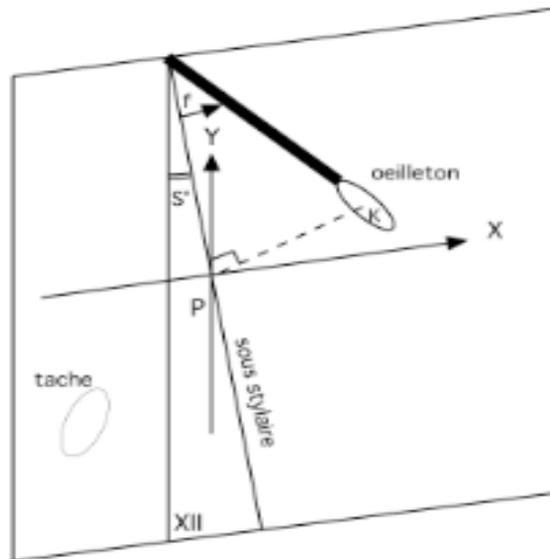


Figure 7

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

Les 7 programmes de calcul. Ces programmes sont présentés dans l'article de Sébastien Bériot : "14- Programme tache de lumière".





## Remarques sur les cadrans luni-solaires

Denis Savoie

Sur un cadran solaire classique, il n'est possible de lire l'heure avec la Lune que lorsque notre satellite réfléchit suffisamment la lumière du Soleil ; on s'accorde pour dire que c'est possible entre le premier et le dernier quartier, soit pendant une quinzaine de jours environ. Bien entendu, on ne peut lire que certaines heures au voisinage des quartiers, alors qu'à la pleine Lune – période la plus intéressante –, on peut bénéficier de tout l'éventail horaire du cadran, surtout si ce dernier est horizontal. Faisons plusieurs remarques.

Il n'est pas inutile de préciser que lorsqu'on se sert de la Lune, le nombre XII du cadran ne représente plus midi mais minuit ; de même que XI h du matin correspond à XI du soir ou 23 h.

Ce n'est pas lorsque l'ombre du style tombe sur la méridienne d'un cadran horizontal que la Lune est au plus haut dans le ciel ; en d'autres termes, la culmination de la Lune ne coïncide pas avec le passage au méridien. Si un gnomoniste s'amuse à tracer le méridien du lieu en observant l'ombre d'un bâton éclairé par la Lune, il commettrait une erreur de plusieurs degrés en azimut en matérialisant l'instant où l'ombre est la plus courte !

Supposons que lors d'une nuit de pleine Lune, l'ombre du style d'un cadran solaire horizontal tombe sur la ligne "midi" ; a priori, on serait tenté d'affirmer qu'il est minuit. Mais quel minuit ? Ou si l'on veut, le minuit lunaire est-il équivalent au minuit solaire ?

Prenons un exemple concret : le 24 juillet 2002, c'est la pleine Lune à 9 h 07 m UT. A Paris, elle passe donc au méridien dans la nuit du 24 au 25 juillet. Imaginons que le Soleil soit visible vers minuit ; sur le cadran solaire, l'ombre tomberait sur la méridienne (donc à minuit vrai) à 1 h 57 m 8 s temps de la montre. Or avec la Lune, on constate que l'ombre tombe sur la méridienne "minuit" à 2 h 33 m temps de la montre. L'écart atteint près de 36 minutes !

Cela est dû au fait que la Lune n'est plus exactement située à l'opposé du Soleil. Il ne faut pas perdre de vue que la pleine Lune est un instant : celui où les longitudes du Soleil et de la Lune diffèrent de  $180^\circ$ , ce qui est précisément le cas le 24 juillet 2002 à 9 h 07 m UT. Dès cet instant passé, la Lune s'écarte angulairement du Soleil, de sorte qu'à 0 h 33 m UT (2 h 33 m temps légal), l'écart entre les deux astres est de  $187^\circ 33' 21''$  et non plus de  $180^\circ$  exactement.

Il s'ensuit que sans l'aide des éphémérides et du calcul, on est dans l'incapacité de convertir "l'heure lunaire" en temps légal. Certains auteurs ont imaginé différentes solutions pour palier à ce problème.

Sous le cadran de Queen's College à Cambridge, on trouve le tableau suivant :

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
0.48	1.36	2.24	3.12	4.0	4.48	5.36	6.24	7.12	8.0	8.48	9.36	10.24	11.24	12.0
<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>

Ce tableau suppose que l'on puisse lire l'heure avec la Lune pendant 30 jours, c'est-à-dire pendant une révolution synodique complète, ce qui est illusoire ! En gras est indiqué l'âge de la Lune et en italique une correction. Rappelons que l'âge de la Lune est le nombre de jours écoulés depuis la nouvelle Lune : au premier quartier, l'âge vaut 7, à la pleine Lune il vaut 15 et au dernier quartier 21.

Sur le tableau, on constate que la correction à apporter à l'heure lue avec l'ombre de la Lune sur le cadran augmente (ou retarde) chaque jour de 48 minutes (0.48 = 0 h 48 m ; 1.36 = 1 h 36 m, etc). D'où sont issues ces 48 minutes ?

Chaque jour, l'élongation entre le Soleil et la Lune augmente en moyenne de 12° 11' 27" (360°/révolution synodique de 29,530589 jours<sup>1</sup>). Ce qui signifie que si la Lune et le Soleil moyens sont au méridien simultanément, 24 h plus tard le Soleil moyen revient au méridien mais la Lune en est encore éloignée de 12° 11' 27". Si la Lune se déplaçait aussi vite que le Soleil moyen (15° par heure), il lui faudrait 48 m 46 s pour revenir au méridien. Autrement dit, la Lune a parcouru en 24 heures 347° 48' 33" (360° – l'élongation); donc elle parcourra 360° en 24 h 50 m 28 s.

Le jour lunaire vrai peut s'écarter environ de ± 12 min du jour lunaire moyen d'un jour à l'autre. Rappelons que la variation du jour solaire n'est au maximum que de 30 secondes d'un jour à l'autre ! Cette énorme variation tient d'une part aux grandes inégalités du mouvement en longitude de la Lune, et d'autre part au fait que l'orbite lunaire est inclinée sur l'écliptique, elle-même inclinée sur l'équateur. Il s'ensuit que l'angle horaire de la Lune ne varie pas de 15° par heure comme le Soleil, mais présente d'importantes variations.

Donc entre deux passages au méridien successifs, il s'écoule en moyenne 24 h 50 m 28 s. Dans cet intervalle, l'âge de la Lune augmente de (24 h 50 m 28 s /24 h), soit 1,035 jour solaire moyen. Ce qui revient à dire qu'en un jour de 24 heures, le retard de la Lune est de (50 m 28 s/1,035) = 48 m 46 s quand l'âge de la Lune augmente de 1 jour.

Première remarque : en arrondissant à 48 min au lieu de 48 m 46 s, on introduit une erreur de 11 minutes à la pleine Lune et de 17 minutes au dernier quartier. Le tableau devrait être le suivant :

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
0.49	1.38	2.26	3.15	4.4	4.53	5.41	6.30	7.19	8.8	8.56	9.45	10.34	11.23	12.11
<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
13.0	13.49	14.38	15.27	16.15	17.4	17.53	18.42	19.30	20.19	21.8	21.57	22.45	23.34	24.23

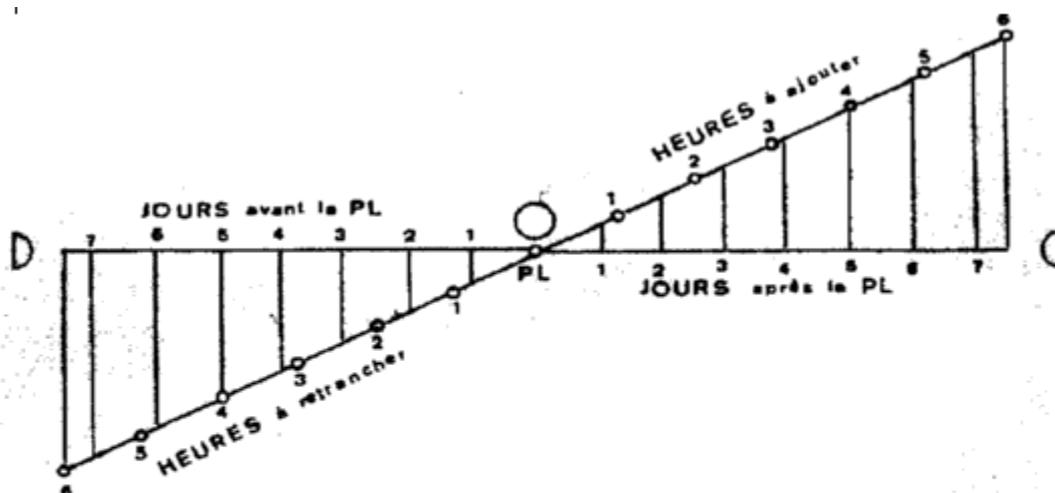
Même en tenant compte de ces nouvelles valeurs, la correction reste très approximative puisqu'elle est basée sur l'âge de la Lune. Or l'âge de la Lune s'écarte de l'âge vrai : selon que la nouvelle Lune a lieu de très bonne heure le matin ou très tard le soir, on commet une erreur de ± 24 minutes par rapport à une nouvelle Lune se produisant à midi. Il est d'ailleurs facile de vérifier sur les éphémérides que lorsque la Lune est nouvelle, donc en conjonction avec l'astre du jour, elle ne passe pas, – sauf exception –, au méridien en même temps que le Soleil.

<sup>1</sup>Il s'agit là de l'intervalle moyen entre deux nouvelles Lunes ou lunaison ; celle-ci peut varier considérablement : entre 1900 et 2100, la plus petite lunaison dure 29 j 6 h 35 m, et la plus longue 29 j 19 h 55 m.

Il est important de souligner encore une fois que toutes ces corrections sont basées sur une Lune moyenne. A cela s'ajoute le fait qu'il n'est pas évident, sans éphémérides ou calendrier, de connaître l'âge de la Lune toute l'année. En prenant l'exemple donné précédemment (lecture sur un cadran solaire lors de la pleine Lune du 24 juillet 2002), où l'âge de la Lune vaut 15, on devrait ajouter à l'heure lue au cadran une correction de 12 h

11 m selon le tableau rectifié, soit 0 h 11 m ; or à la montre il est 0 h 36 m UT : l'erreur atteint les 25 minutes. Nous reviendrons sur ce point.

Au lieu de donner un tableau de corrections sous le cadran solaire, certains auteurs ont préféré donner un abaque ; c'est le cas de Rohr dans son ouvrage sur les cadrans solaires<sup>2</sup>.



« Les Cadrans solaires » de René R.J.Rohr, éd. 1986

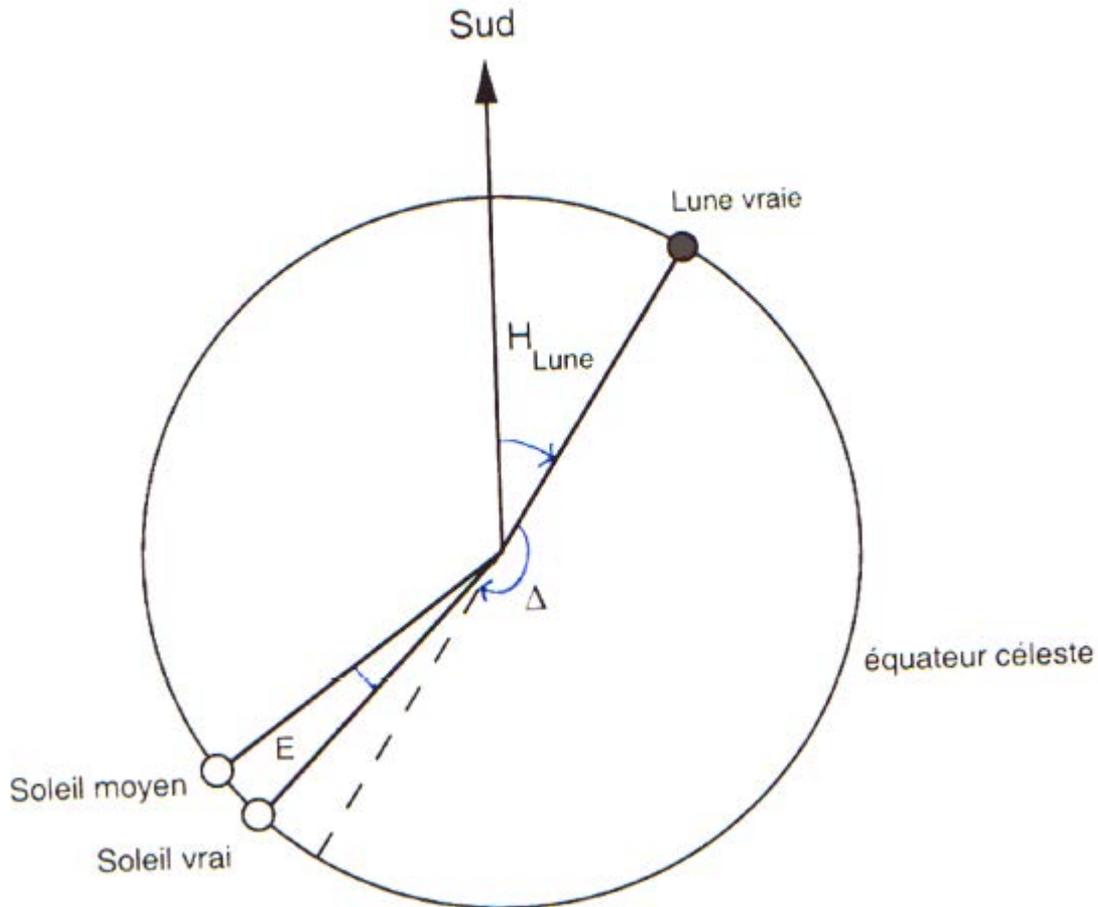
Bien que l'abaque soit limitée ici entre le premier et le dernier quartier, l'auteur arrondit la correction, comme pour le cadran de Queen's College. Or la symétrie de l'abaque engendre un écart de 17 minutes au dernier quartier, ce qui n'est pas négligeable.

La question fondamentale que l'on doit se poser est la suivante : que lit-on exactement sur un cadran solaire éclairé par la Lune ? On lit un angle horaire que l'on essaye de transformer en temps légal des montres.

<sup>2</sup> Edition de 1986, page 132 ; dans l'édition de 1965, page 159, il y a une erreur d'inversion : au lieu de lire "heures à ajouter", il faut lire "heures à retrancher". Cette erreur est corrigée dans l'édition de 1986.

Reprenons l'exemple de la pleine Lune du 25 juillet 2002 ; supposons que sur le cadran solaire éclairé par notre satellite, on lise 14 h, c'est-à-dire 2 h du matin, soit encore  $H = + 30^\circ$ . Quelle heure est-il à la montre ?

Sur la figure jointe, on a représenté la situation :



le cercle représente l'équateur céleste, vu du pôle céleste Nord, sur lequel on mesure les angles horaires. On connaît celui de la Lune ( $H = + 30^\circ$ ) et l'on cherche l'angle horaire du Soleil moyen local qu'il est facile de relier par une correction en longitude au Temps Universel.

On connaît également l'écart entre l'angle horaire du Soleil moyen et l'angle horaire du Soleil vrai : c'est l'équation du temps. Mais on ignore absolument la valeur de l'angle horaire du Soleil vrai. On peut supposer cependant qu'étant en période de pleine Lune et que celle-ci indique sur le cadran 14 h, il est donc au moins 12 h de plus, soit 2 h du matin temps solaire vrai, soit encore  $210^\circ$  d'angle horaire. Si on appelle  $\Delta$  l'écart angulaire entre le Soleil et la Lune, on a alors :

$$\text{heure UT} = \text{heure lue au cadran} + \Delta + \text{équation du temps} + \text{longitude du lieu}$$

Compte-tenu des paramètres précédents, il est donc en Temps Universel :

$14 \text{ h} + 12 \text{ h} + 6 \text{ m} 29 \text{ s} - 9 \text{ m} 21 \text{ s} = 1 \text{ h} 57 \text{ m}$  du matin en soustrayant 24 h du résultat.

Si on utilise une table de correction "rectifiée" en fonction de l'âge de la Lune, la correction  $\Delta$  n'est plus de 12 h mais de 12 h 11 m. Ce qui porte alors à 2 h 8 m UT le résultat.

Si l'observateur possède une montre bien réglée sur le Temps Universel, il constate qu'il est en réalité 2 h 36 m UT. L'erreur atteint 28 minutes ! Elle a même augmenté par rapport à la conversion faite vers minuit !

La raison de ces écarts tient, on l'aura compris dès le début, à la quantité  $\Delta$ .

En toute rigueur,  $\Delta$  doit représenter une différence d'angles horaires ; or pour des raisons pratiques évidentes, on assimile  $\Delta$  à une élongation (différence entre la longitude écliptique de la Lune et la longitude écliptique du Soleil), qui non seulement est moyenne, mais qui en plus n'est pas mesurée sur l'équateur. Or celle-ci ne vaut pas 12 h 11 m, mais 12 h 34 m. Mais même avec ce résultat, il reste toujours 5 minutes d'erreur.

Certes, la possession d'éphémérides permettrait d'obtenir un meilleur résultat ; on pourrait y lire que la Lune passant au méridien de Paris à 0 h 33 m UT, il est sensiblement, deux heures plus tard, 2 h 33 m UT, soit une erreur de 3 minutes.

On s'assurera que déterminer à quel instant l'angle horaire de la Lune prend telle ou telle valeur est un exercice difficile, d'une part parce que les coordonnées de la Lune varient très vite et que l'on ne peut plus considérer, comme dans le cas du Soleil, qu'il y a une variation linéaire : l'usage de l'interpolation de Bessel est indispensable. D'autre part, l'angle horaire indiqué sur le cadran solaire est un angle horaire topocentrique et non géocentrique<sup>3</sup> : on doit corriger les coordonnées de la Lune de la parallaxe qui joue ici un rôle important.

En conséquence de quoi, on ne doit pas s'attendre à une grande précision lorsqu'on lit l'heure avec la Lune sur un cadran solaire, même en connaissant son âge.



---

<sup>3</sup>A 2 h 36 m UT, l'angle horaire topocentrique de la Lune vaut  $30^\circ 5' 4''$ , tandis que l'angle horaire géocentrique vaut  $29^\circ 45' 56''$ .



## Archéologie, gnomonique et imposture

Jérôme Bonnin – Denis Savoie

*Le cadran solaire peut être un formidable support artistique, pédagogique, renvoyer à des notions mathématiques complexes. Objet historique avec plus de 3000 ans d'histoire, il peut également être sujet à des interprétations pour le moins surprenantes. C'est le cas dans deux articles récents ayant eu un écho dans certaines publications gnomoniques.*

L'histoire des sciences est une discipline complexe. Une démarche d'explication de faits, d'instruments, qui ne respecte pas une certaine rigueur historique et scientifique, est donc vouée à l'échec ou dangereuse. Surtout quand il est question de faire dire à des objets ou des « structures » qui fascinent des choses qui sont anachroniques ou non avérées. C'est manifestement le cas dans deux articles publiés dans la revue<sup>1</sup> *Archaeoastronomy and Ancient Technologies* par L. Vodolazhskaya : « Analemmatic and horizontal sundials of the Bronze Age (Northern Black Sea Coast) » en 2013, p. 68-88, et « Reconstruction of vertical and L-shaped ancient Egyptian sundials and methods for measuring time » en 2014, p. 1-18. Maladroitement traduits du Russe en Anglais, ils abondent en formules, dessins et diagrammes saisissants. Le fond n'est malheureusement pas à la hauteur de la forme et ajoute aux nombreuses fantaisies gnomoniques déjà publiées sur l'Égypte ancienne ou les civilisations protohistoriques de l'Europe de l'Est.

Le but des lignes qui suivent est de mettre en garde face à ces articles extrêmement « scientifiques » de prime abord. On n'y trouvera donc pas de résumé, ni de critique de chacune des théories avancées. Au lecteur de se faire sa propre opinion, en connaissance de cause<sup>2</sup>.

### - Le cas du « cadran solaire » égyptien : la première pointeuse historique ?

En 2013, une équipe de l'Université de Bâle mettait au jour dans la région de la Vallée des Rois un fragment de calcaire peint (*fig. 1*) présentant un faisceau de lignes rayonnant et dont le centre est matérialisé par un orifice<sup>3</sup>. L'objet daterait de 1300 avant notre ère d'après le contexte archéologique<sup>4</sup>. Très rapidement, ce fragment de calcaire est devenu l'attention de

<sup>1</sup> La revue *Archeoastronomy and Ancient Technologies* est toute récente puisque le volume 1 date de 2013 ; elle se présente comme une revue à referees. Quatre numéros ont été publiés et dans trois volumes, Larisa Vodolazhskaya a commis un article. On se demande comment le comité scientifique de cette revue a pu laisser publier de tels articles.

<sup>2</sup> Les articles sont téléchargeables sur : <http://aaatec.org/documents/article/v12.pdf> ; <http://aaatec.org/documents/article/v14.pdf>

<sup>3</sup> Cf. par exemple R. Gautscher, S. Bickel, « A Sundial found in the Egyptian Valley of the Kings », *BSS Bulletin* 25(iv), 2013, p. 2-7.

<sup>4</sup> Il existe trois autres objets relativement similaires. Le premier a été découvert à Gaza au début du XXe siècle et demeure introuvable. Le second, découvert à Louksor, est conservé à Berlin (Inv. no 20 322), le troisième est

personnes qui y ont vu le premier cadran à heure équatoriale et à style polaire de l'histoire. Au premier abord, il semble s'agir d'instruments utilisant la direction donnée par une ombre sur une surface, et non plus la longueur de cette ombre, autrement dit il semble s'agir de cadrans solaires verticaux. Ainsi le pendentif de Gaza taillé dans une défense d'éléphant, de 57 mm de longueur avec, sur un côté, un faisceau de lignes rayonnant vers un orifice. Il s'agirait, avec celui découvert par l'université de Bâle en 2013, des plus anciens : ils dateraient de 1300 avant notre ère. Les deux autres sont gréco-romains et ont pu être influencés par les cadrans plans verticaux de cette époque.

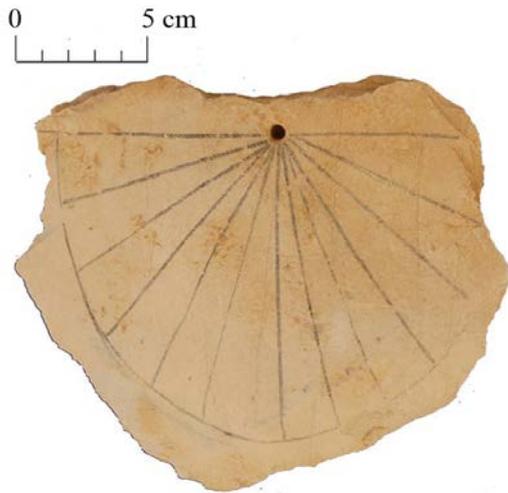


Fig. 1. Cliché de l'objet mis au jour dans la Vallée des Rois en 2013.

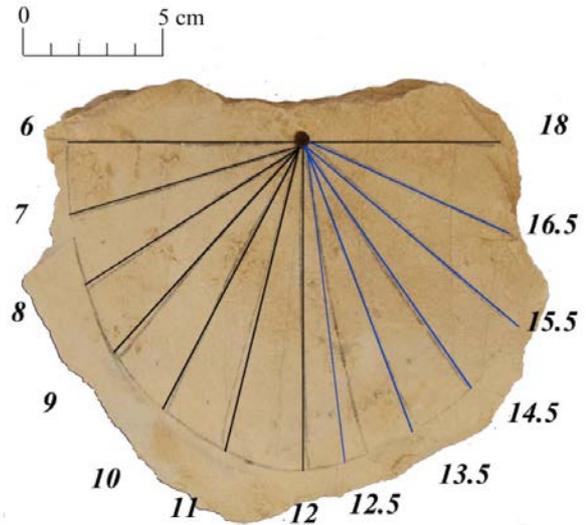


Fig. 2. Tracé horaire surligné et interprété par L. Vodolazhskaya

Le débat actuel à propos de ces objets porte donc sur leur fonction, ainsi que sur la nature des lignes et du système horaire qu'il semble véhiculer s'il s'agit de cadrans solaires. En effet, le demi-cercle formé est divisé en douze segments d'à peu près  $15^\circ$ , avec des lignes qui convergent vers le centre. Cela suscite deux hypothèses. Il peut d'abord s'agir de cadrans marquant des heures équinoxiales, et donc les Égyptiens, en 1300 avant notre ère, connaissaient le style polaire (parallèle à l'axe de rotation de la Terre) et les heures égales, ce qui est n'est pas prouvé historiquement ; il peut aussi s'agir, et c'est là l'hypothèse que nous retiendrons, d'instruments marquant un instant temporel au moyen d'un style droit sur une table tracée au moyen de rapports géométriques et non gnomoniques, et dans ce cas il s'agit de tentatives sans fondements scientifiques. Par ailleurs, la mise en station de ce type d'instrument devait être particulièrement difficile, car ils ne peuvent pas être fixés à un support (il n'existe pas de système d'accroche) ; l'utilisateur doit donc les orienter en connaissant parfaitement la direction Nord-Sud. Ce préalable, facile à réaliser de nos jours, l'était beaucoup moins à l'époque et demandait du temps et des mesures. Dès lors, l'utilité d'un cadran portatif (il s'agit de petits objets) perd tout son intérêt.

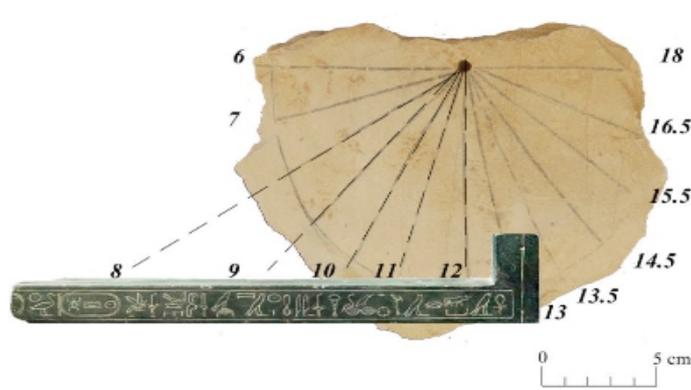
Dans ce contexte, L. Vodolazhskaya produit un article qui va encore plus loin dans l'interprétation et dans les hypothèses de fonctionnement. Il s'agirait, selon l'auteur, d'un

---

conservé à Bruxelles (Inv. no E 7330).

cadran de chantier qui indiquait des heures équinoxiales, avec des heures pleines le matin, et des heures et demi l'après midi. Cependant, comme le schéma scientifique désiré ne correspond pas parfaitement à la réalité (*fig. 2*), notamment pour la ligne de « 12h30 » elle nous explique que c'est probablement parce que cette ligne n'est pas importante, parce qu'il est fort possible qu'entre « 12h00 » et « 13h30 » (la ligne suivante), les ouvriers effectuaient leur pause (sieste, repas) et ne regardaient donc pas l'heure<sup>5</sup>. L'explication manque cruellement de rigueur scientifique... De même, elle suppose que les points présents entre chaque rayon représentent une « demi-heure », mais cela n'est valable que le matin, car l'explication ne tient que pour cette période. L'après-midi, comme il ne peut plus s'agir de « demi-heure », les points ne sont plus importants et aucune explication n'en est plus donnée. Si l'on suit le raisonnement, dès 1300 avant notre ère, le style polaire et les heures équinoxiales étaient monnaies courantes, puisque l'on en retrouve même sur de piètres cadrans de chantier, et on faisait sa pause déjeuner entre 12h00 et 13h30 dans la Vallée des Rois.

Mais les propositions révolutionnaires ne s'arrêtent pas là. Comme aucune indication horaire n'est indiquée, et qu'il devait, par conséquent, être bien difficile de lire l'heure sur un tel cadran, L. Vodolazhskaya imagine que ce cadran vertical et le cadran à ombre en forme de L<sup>6</sup> fonctionnaient en complémentarité (*fig. 3*). En effet, les cadrans « règles » ou en forme de L comportent toujours des indications horaires en hiéroglyphes. La lecture des indications du cadran en L permet donc d'interpréter l'heure donnée par l'ombre sur le cadran vertical<sup>7</sup>... Seuls les prêtres et personnes cultivées étaient donc à même de lire l'heure, grâce à ce cadran en L et de contrôler ce temps. Il est difficile de ne pas être étonné par la grossièreté, et parfois même le comique des explications.



<sup>5</sup> P. 6 : The most striking exception is the hour line corresponding to 12.5 hours (...). We assume, that the line of 12.5 hours was applied formally **had of little importance compared with the other hour lines**. It is possible that the time from 12 (noon) to 13.5 hours was **merged** and corresponded midday rest of workers, near the stone dwellings that sundial had been discovered.

<sup>6</sup> Autre spécificité égyptienne en terme de mesure du temps. Ces cadrans ont également excité l'imagination de nombreux chercheurs. La meilleure synthèse, ou du moins la plus prudente, reste celle de S. Symons : S. Symons, *Ancient Egyptian Astronomy: Timekeeping and Cosmography in the New Kingdom*, thèse effectuée en vue du grade de docteur en philosophie, département de mathématique et de science informatique soutenue à l'université de Leicester en 1999, p. 127-151.

<sup>7</sup> P. 12 : « L-shaped sundial complement vertical sundial, providing an opportunity to read the caption to hour marks and interpret indications of the vertical sundial, **because no inscriptions on the vertical sundial**. Perhaps this was done on purpose in order to limit circle of people who can interpret the indications of vertical sundial. It appears that determine the time could only specially prepared and authorized people are likely representatives of the priesthood ».

Fig. 3. Démonstration de la complémentarité du cadran à ombre avec le cadran à style polaire de la Vallée des Rois...

Malgré l'apparente démarche scientifique, comment prendre au sérieux les explications données dans cet article ? Il est assez aisé de faire correspondre des mesures à des formules, de trouver des rapports entre toute chose quand on souhaite en trouver ou quand on oublie les faits historiques. Car la première chose qui frappe dans cet objet c'est son aspect rudimentaire. Il est incisé sans soin, sur un bout de calcaire à peine épannelé, et jeté avec d'autres débris dès la plus haute Antiquité. Comment voir alors dans cet objet une horloge évoluée, un cadran marquant des heures équinoxiales sur ce qui était, il faut le rappeler, une aire dévolue aux ouvriers, un lieu banal et où le temps n'avait pas la même importance que dans les temples ou les lieux du pouvoir ? Certes, on ne peut qu'être frappé par la ressemblance de ces objets avec nos cadrans verticaux, mais, encore une fois, il faut rester prudent et ne pas céder à la tentation de calquer nos conceptions modernes sur des objets antiques. Cela ne peut aboutir qu'à des non-sens ou, pire, à des aberrations historiques.

#### - Un cadran analemmatique datant de l'âge de bronze

Larisa Vodolazhskaya, l'inénarrable archéologue russe, ne voit pas seulement dans un fragment de calcaire égyptien de 1300 av. J.-C. un cadran solaire à heures équinoxiales. Elle croit démontrer que des traits gravés sur des pierres de tumulus datant de l'âge de bronze (XIII-XII siècles av. J.-C.) représentent des cadrans solaires analemmatiques (*fig. 4 et 5*). Sa conclusion est sans ambiguïté : *Ainsi dans cette étude, nous avons prouvé que le côté A de la plaque Popov Yar-2 est un cadran solaire ancien : simultanément horizontal et analemmatique. Ce sont les plus anciens cadrans solaires connus dans le Nord de la mer Noire, et le cadran analemmatique est le plus ancien découvert dans le monde*<sup>8</sup>.

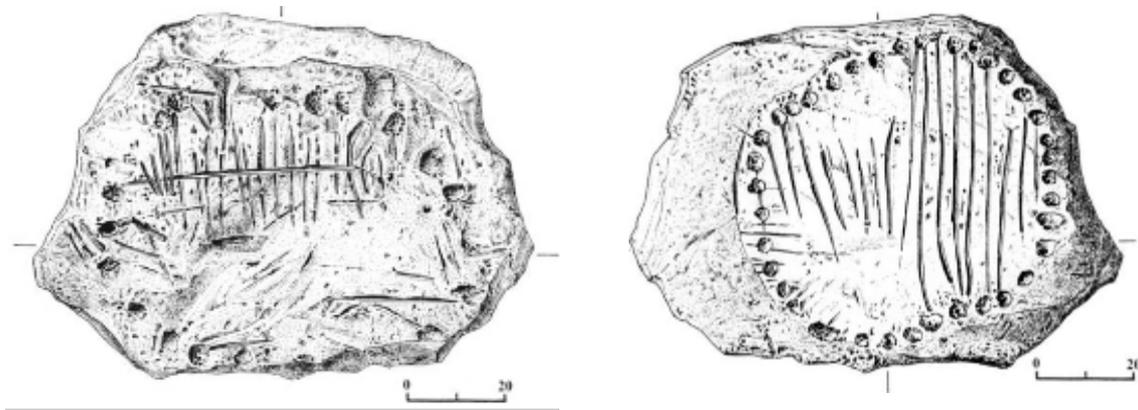


▲ Fig. 4. Face A. À la surface de cette pierre est gravé un cadran analemmatique selon L. Vodolazhskaya. ▼



▲ Fig. 5. Face B. Sur l'autre face est gravé un double cadran solaire horizontal selon L. Vodolazhskaya ▼

<sup>8</sup> P. 19 : Thus, in this study we have proved that the side A of Popov Yar-2 plate is an ancient sundial: horizontal and analemmatic, simultaneously. These are the oldest known sundial in the Northern Black Sea, and analemmatic sundial is the oldest discovered analemmatic sundial in the world.



Pour un non-initié, l'article peut impressionner : on y donne des formules trigonométriques, un développement polynomial pour calculer l'obliquité de l'écliptique, etc. Pour l'auteur, les concepts de latitude, de déclinaison du Soleil, d'angle horaire équinoxial et donc de sphère céleste avec ses cercles et la notion de méridien (donc de direction Nord-Sud) sont maîtrisés sans problème par les hommes de l'âge de bronze<sup>9</sup>. Il est à peine incroyable que l'auteur ne parle jamais d'heure antique ou que le problème de l'antériorité d'un cadran solaire à heure équinoxiale par rapport au corpus connu ne soit pas abordé. Comment peut-on être aussi ignorant du sujet lorsque l'on prétend « démontrer » l'existence de cadrans précurseurs ? Il est aussi frappant que la notion de démarche scientifique soit totalement absente ; par exemple l'auteur donne les angles tabulaires d'un cadran solaire horizontal en prenant la latitude moderne du lieu de découverte du « cadran » mais sans comparer les valeurs obtenues à celles du soi-disant cadran : quel est intérêt ?

Le plus extraordinaire est l'imagination dont l'auteur fait preuve puisqu'elle voit dans des gravures plus que grossières un cadran solaire analemmatique horizontal, avec bien entendu son échelle des dates limitée aux solstices et aux équinoxes. Elle détermine même les dimensions des grands axes et petits axes sans oublier celle du gnomon. Il faut préciser que l'outil informatique permet de travailler une photo à l'envie et d'y superposer des lignes ou des courbes (*fig. 6 et 7*). Jamais il ne vient à l'auteur d'estimer l'incertitude des mesures alors que la largeur des plots horaires peut facilement engendrer plusieurs degrés d'amplitude ; ni sur le choix de tel point comme repère méridien.

L'autre face de la pierre (*fig. 5 et 7*) comporte selon l'auteur un double cadran horizontal (avec deux gnomons) particulièrement original puisqu'une partie de l'éventail horaire sert pour les heures du matin et l'autre pour les heures de l'après-midi, avec au milieu une courbe énigmatique...

<sup>9</sup> Sur l'histoire des références en astronomie, voir M. Lerner, D. Savoie, « Les références angulaires sur le ciel: de l'Antiquité à 1650 », *Les Références de Temps et d'Espace*, Bureau des longitudes, éd. Hermann, Paris, 2015 (à paraître).



Fig. 6. Grâce au logiciel Photoshop, L. Vodolazhskaya fait ressortir la géométrie du cadran analemmatique qui devient immédiatement plus évidente...

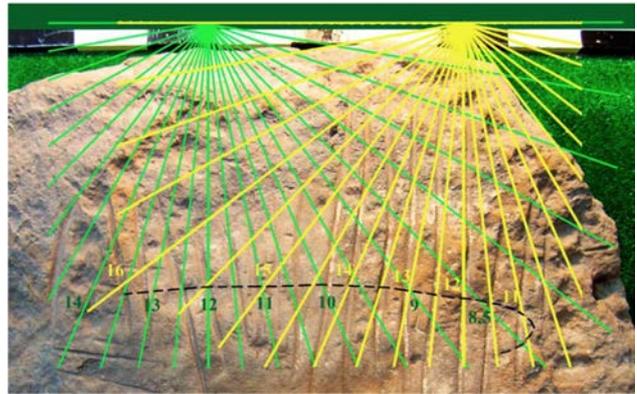
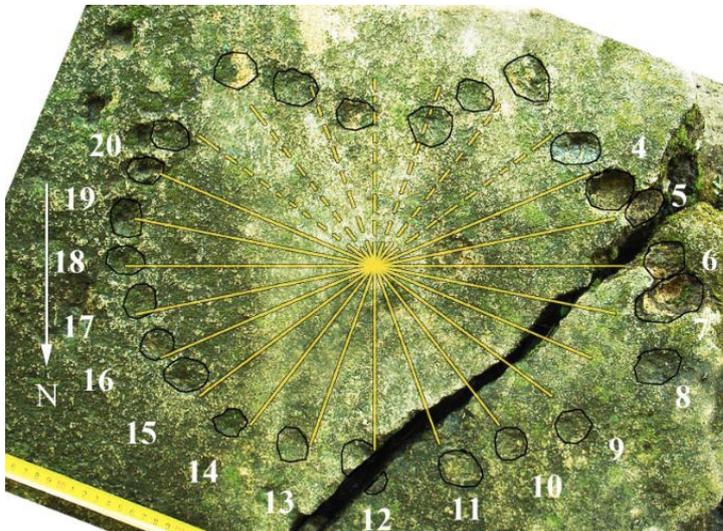


Fig. 7. Là encore grâce au logiciel Photoshop, L. Vodolazhskaya fait ressortir la géométrie du cadran. Ne pourrait-on pas voir en plus dans les encoches circulaires un cadran analemmatique ?

Enfin une seconde pierre (**Fig. 8**), qui provient aussi de la région de Rostov mais d'un autre tumulus, comporte aussi un cadran analemmatique (selon l'auteur) : la preuve en est donnée par les plots qui forment une ellipse ; et lorsque l'auteur calcule par la trigonométrie les angles tabulaires des lignes horaires par rapport au centre équinoxial, en prenant une latitude de  $47^{\circ} 17'$  qui est celle du lieu de découverte, le miracle apparaît : ça colle de près avec les angles relevés sur la pierre ! Précisons que les lignes horaires issues du calcul sont ajustées au mieux....Il y a des anomalies inexplicables quant à leur position mais Larisa Vodolazhskaya ne s'en formalise pas.



Que conclut *in fine* Larisa Vodolazhskaya de tout ceci ? D'une part que la civilisation égyptienne a influencé la population qui habitait autour de la mer Noire par l'intermédiaire d'une transmission scientifique, en lui apportant les éléments nécessaires au calcul de cadrans solaires plans à heure équinoxiales. Et que d'autre part, le cadran analemmatique que l'on croyait traditionnellement découvert en France au XVIIe siècle a en fait été inventé dès l'âge de bronze.

Ce type d'article pose de nombreuses questions ; la première tient évidemment au niveau des connaissances de l'auteur. Sait-elle ce que sous-tend par exemple la notion de

cadran d'azimut à style mobile ? Autrement a t-elle compris le principe d'obtenir l'angle horaire (équinoxial) du Soleil à partir de son azimut, ce qui implique justement la mobilité du style ?

L'auteur n'a t-elle pas été abusée par les logiciels de dessin qui permettent de plaquer n'importe quel tracé géométrique sans même comparer les angles mesurés sur « l'objet » afin d'en déduire des paramètres primaires ? Dans un autre ordre d'idée, comment une revue qui se prétend internationale avec un comité de lecture peut-elle laisser publier de telles aberrations ?

Il y a comme une volonté de montrer l'antériorité et la supériorité scientifiques d'une civilisation pré-russe vivant aux alentours de la Mer Noire, qui aurait capitalisé (par un canal évidemment non défini) des connaissances gnomoniques supposées des Egyptiens. Cela rappelle par exemple les théories d'Alfred Jeremias, assyriologue du début du XXe siècle, qui en s'appuyant sur un appareil d'érudition considérable, a voulu prouver la théorie du panbabylonisme (ancienneté de l'astronomie babylonienne) à partir de thèses aberrantes.

⇒  **Dans la version numérique, en annexe** , vous trouverez les articles :

 [Vodolazhskaya\\_Egypt\\_sundials.pdf](#)

 [Vodolazhskaya\\_Ukraine\\_sundial.pdf](#)

## **Reconstruction of vertical and L-shaped ancient Egyptian sundials and methods for measuring time**

**Larisa N. Vodolazhskaya**

Department of Space Physics, Southern Federal University (SFU), Rostov-on-Don, Russian Federation; E-mails: [larisavodol@aaatec.org](mailto:larisavodol@aaatec.org), [larisavodol@yahoo.com](mailto:larisavodol@yahoo.com)

## **Analematic and Horizontal Sundials of the Bronze Age (Northern Black Sea Coast)**

**Larisa Vodolazhskaya<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Southern Federal University, Archaeoastronomical Research Center, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: [larisavodol@yahoo.com](mailto:larisavodol@yahoo.com)





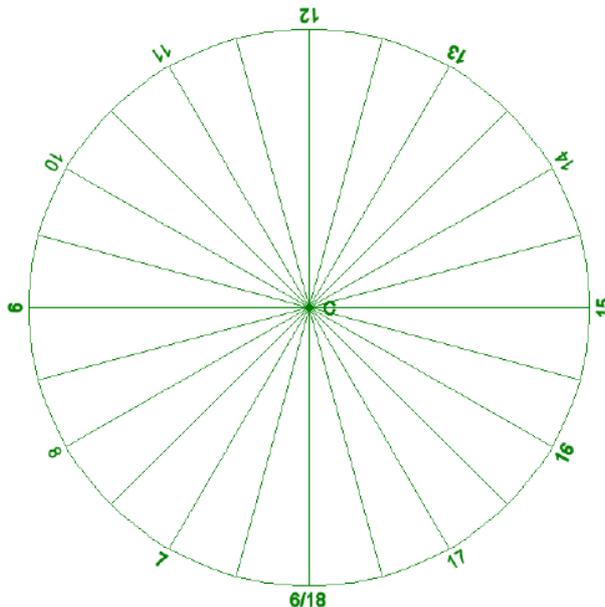
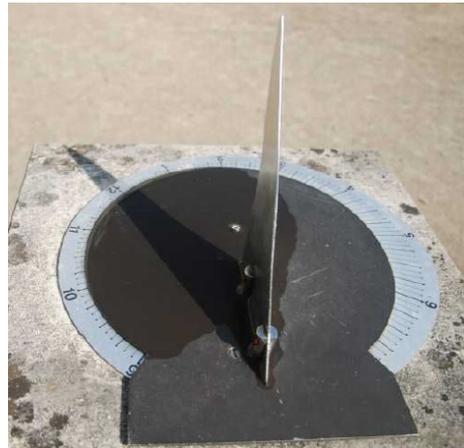
## Cadran équant de Sawyer pour Bruz

Frans Maes traduction Joël Robic

*Cet article fait suite à la présentation du cadran multiple de Beisbroek près de Bruges et des interrogations sur le fonctionnement du cadran horizontal <sup>1</sup>. Le cadran horizontal est en fait un cadran de type Equant inventé par Fred Sawyer et décrit par F. Maes <sup>2</sup>.*

Cet article décrit comment faire un cadran Equant Sawyer pour la latitude de Bruz (France). A mon avis, la meilleure façon d'assimiler l'idée du cadran « Equant » c'est de faire un modèle. Ce modèle est destiné à reproduire le cadran de Beisbroek (que je n'ai pas encore visité moi-même)<sup>3</sup>.

Etape 1. Dessinez une roue divisée en 24 lignes. Elles montreront les heures et les demi-heures. Numérotez les heures comme indiqué sur le dessin en vert. C est le centre.

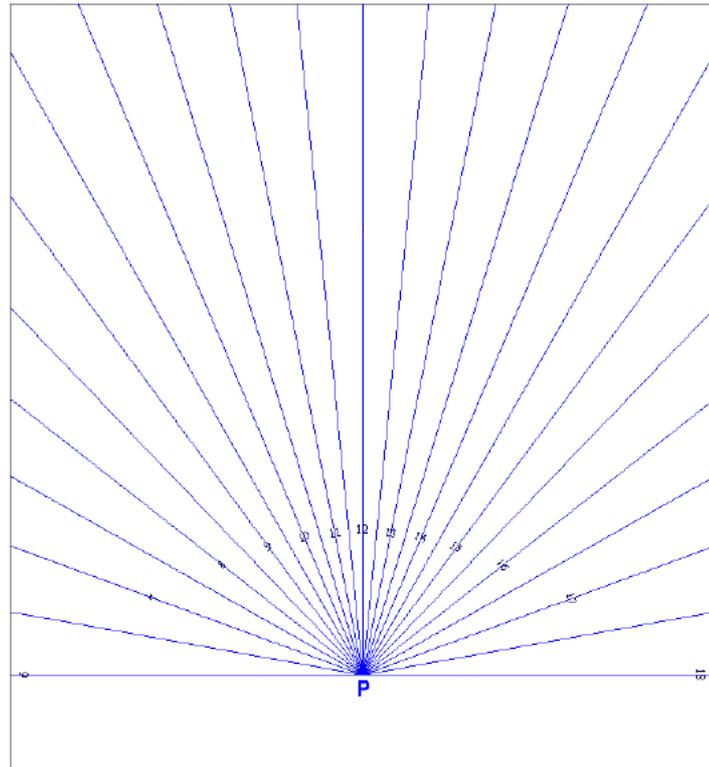


<sup>1</sup> Les présentations des cadrans de Beisbroek sont en annexe et sur le site <http://www.cadrans-solaires.fr/cadran-solaire-sint-andries-belgique.html> .

<sup>2</sup> On trouve la théorie de l'équant dans l'article de Fred Sawyer : « BSS Bulletin, 1991 n° 2, p. 34 ». Il attribue l'idée à Ptolémée, qui voulait réduire le mouvement angulaire non uniforme de ses modèles de planétaires à un mouvement uniforme autour d'un point séparé : le point Equant. Cette idée a été reprise par Claude Macrez à qui l'invention a parfois été attribuée : « C. Correction manuelle des Cadrans Solaires pour l'Equation du Temps. II Courbes d'équant, L'Astronomie, Bulletin de la Société Astronomique de France, Vol 97, Paris, October 1983 »

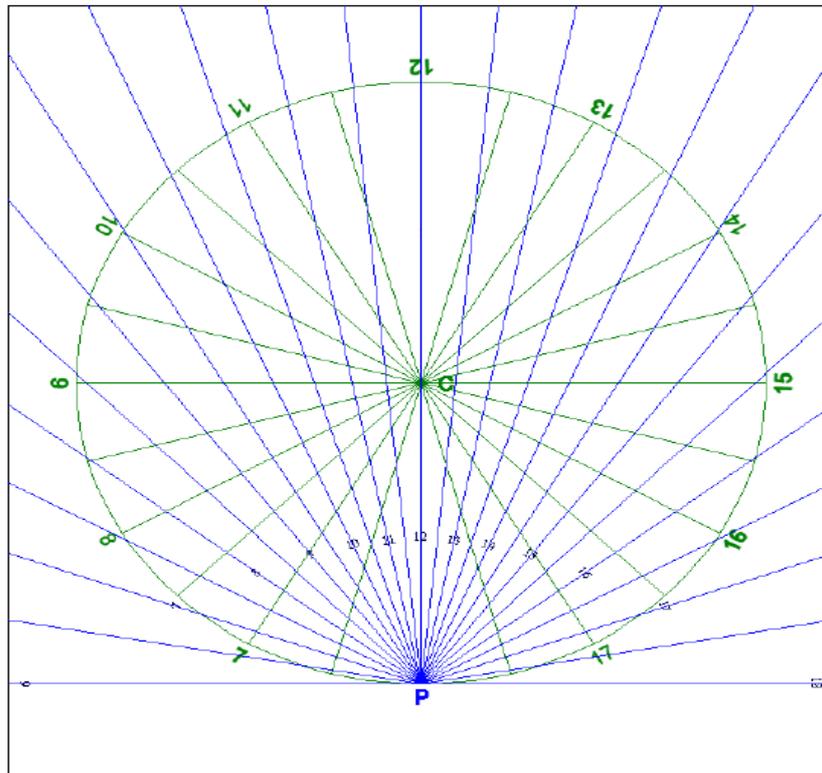
<sup>3</sup> « De Sawyer Equant zonnemijzer bij Kasteel Beisbroek (België) » Article de Frans Maes dans la revue « de Zonnemijzerkring\_118 2015-3 ».

Etape 2. Dessinez un cadran horizontal pour Bruz (j'ai utilisé Shadows<sup>4</sup> [4]) avec les heures et les demi-heures de 6h à 18h sur une autre feuille de papier en bleu. P est le centre du style polaire.



Etape 2

Etape 3. Placez le papier du cadran dessus la roue avec C sur la ligne méridienne (12h). La distance à P n'est pas importante, elle donnera juste l'échelle du résultat. Pour faciliter le dessin on placera le point 6/18 de la roue sur le point P. Marquez le point C sur le cadran (ici le cadran est transparent, sinon il faudrait une table lumineuse)

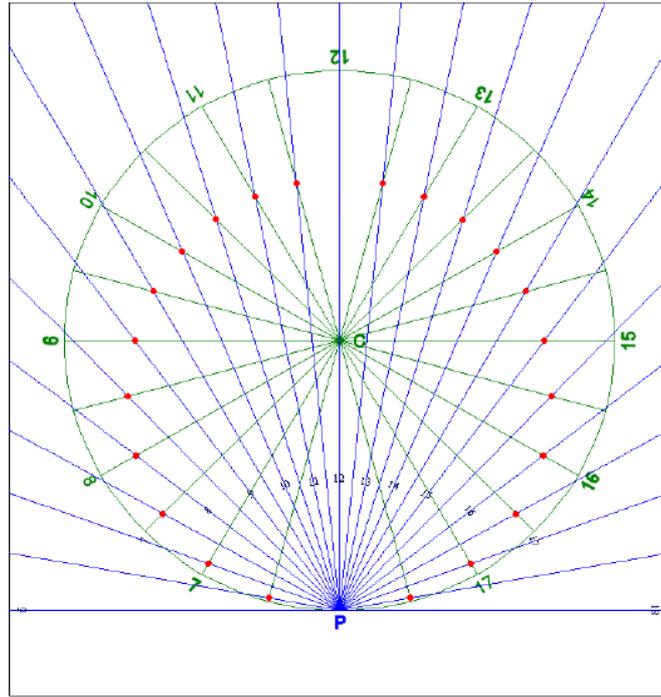


Etape 3

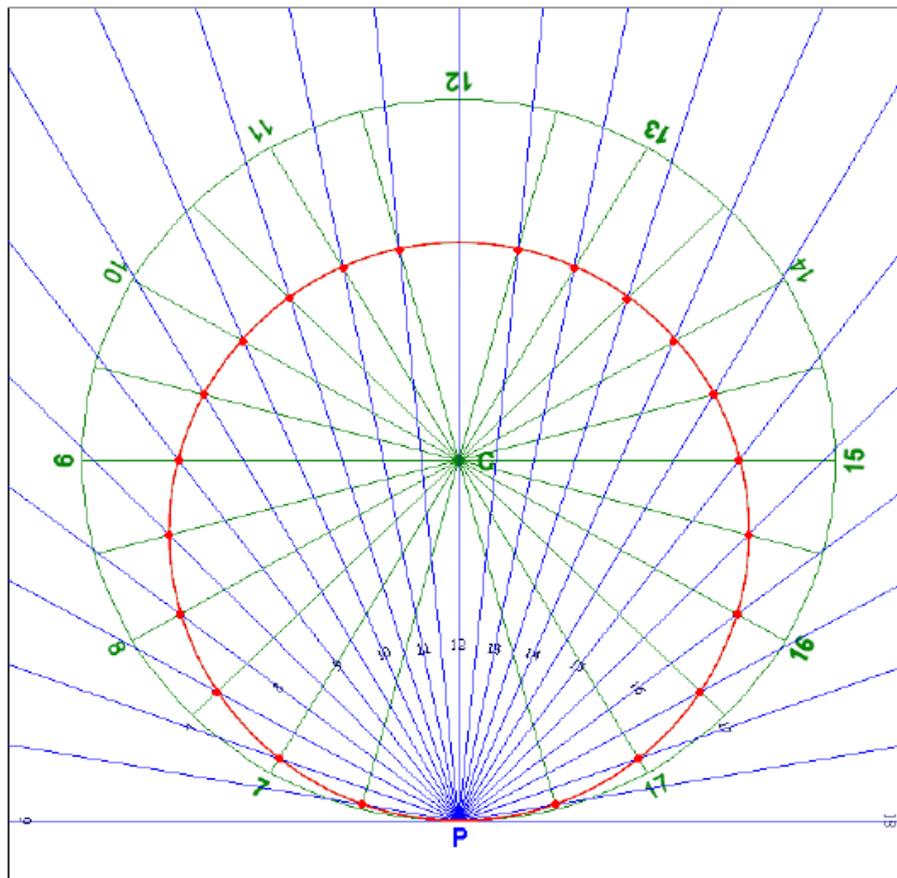
4 Logiciel Shadows de François Blateyron : <http://www.shadowspro.com/fr/>

Etape 4. Marquez les intersections entre les heures et demi-heures de la roue et du cadran (points rouge). La méridienne n'a pas un point unique d'intersection.

Etape 5. Tracez une courbe qui passe à travers les points rouges. Notez que ce n'est pas tout à fait un cercle, ni même une ellipse (j'ai utilisé une ellipse pour le dessin, disponible sur mon logiciel).



Etape 4



Etape 5

Cette figure illustre le principe de l'Equant. Les points rouges sont des points horaires puisqu'ils sont sur les lignes bleues du cadran horizontal. En partant de P, les angles varient, par contre en partant de C ces points sont espacés régulièrement. De ce fait une rotation de la

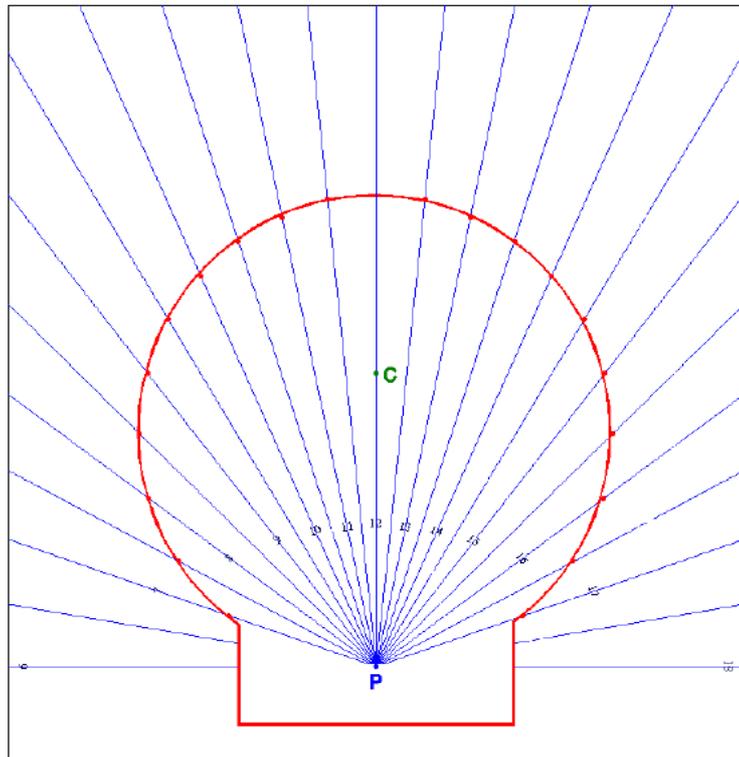
roue verte autour de C entraîne un décalage identique sur toutes les heures. En ajustant la roue verte, il est donc possible de prendre en compte la correction (constante) de longitude, la correction (variable) de l'équation du temps ainsi que la correction de l'heure d'été ou d'hiver.

Etape 6. Prendre la feuille supérieure (cadran), et ajouter un talon à la courbe pour le montage. Supprimez les lignes proches du talon.

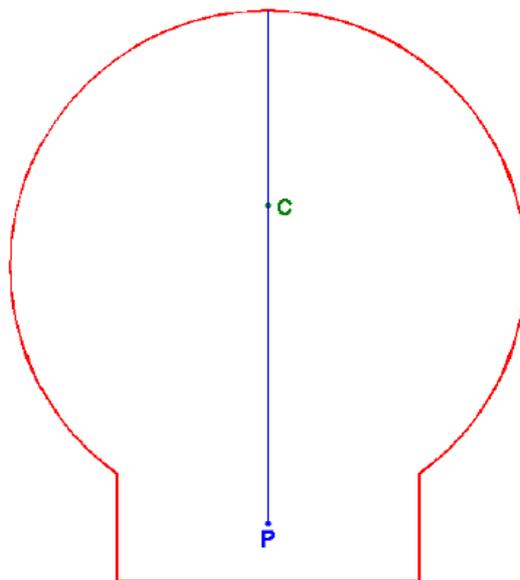
Etape 6 ►

Etape 7. Coupez la feuille du cadran le long de la ligne rouge. Percez les points P et C avec une aiguille et retournez le papier. Tracez une méridienne passant par P et C.

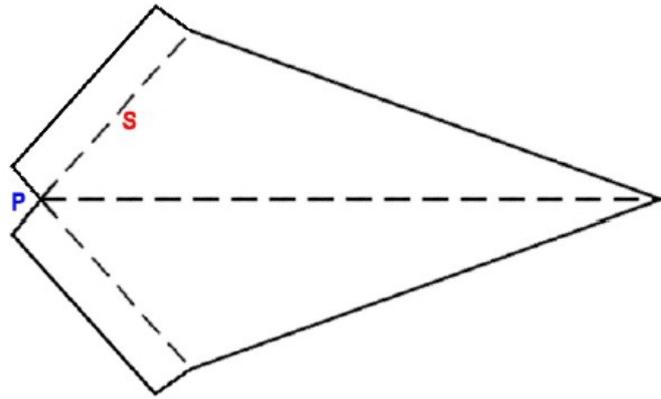
Etape 7 ▼



Etape 6



Etape 8. Dessinez le style. Le style doit être suffisamment grand pour que son ombre aille au-delà de la courbe, même au solstice d'été. Comme le style ne doit pas toucher le point C, il doit avoir un profil plutôt étroit.

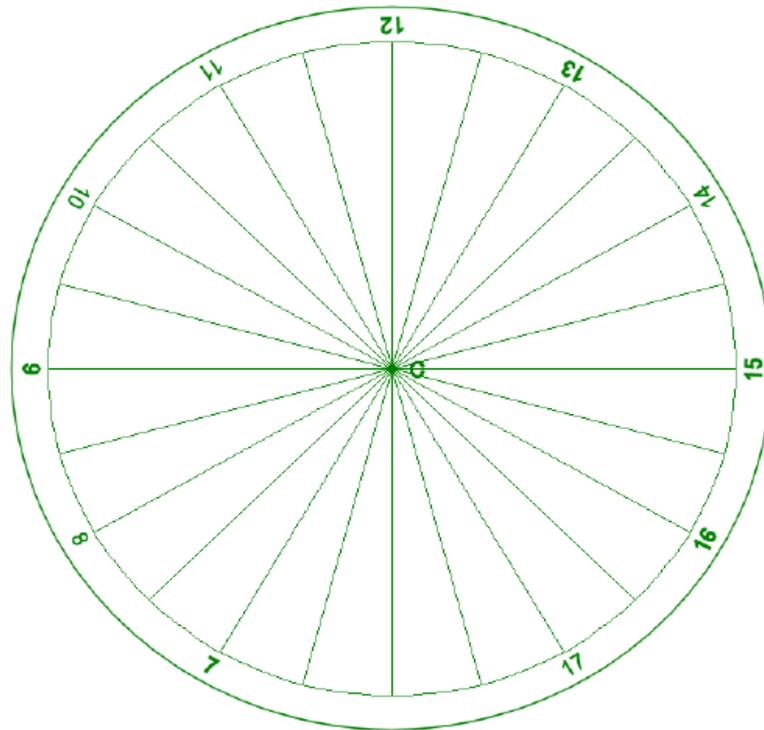


Etape 9. Coupez le style le long des lignes continues. Pliez selon les pointillés : les rebords vers l'extérieur et les 2 grands triangles l'un contre l'autre. Collez les 2 triangles.

l'un contre l'autre. Collez les 2 triangles.

Etape 10. Sur le papier de l'étape 7, faites une fente le long de la ligne méridienne, depuis P en direction de C et de longueur S. Insérer le style dans la fente, de façon à ce que le point P coïncide. Collez les rebords sur la face inférieure. C'est la plaque du style.

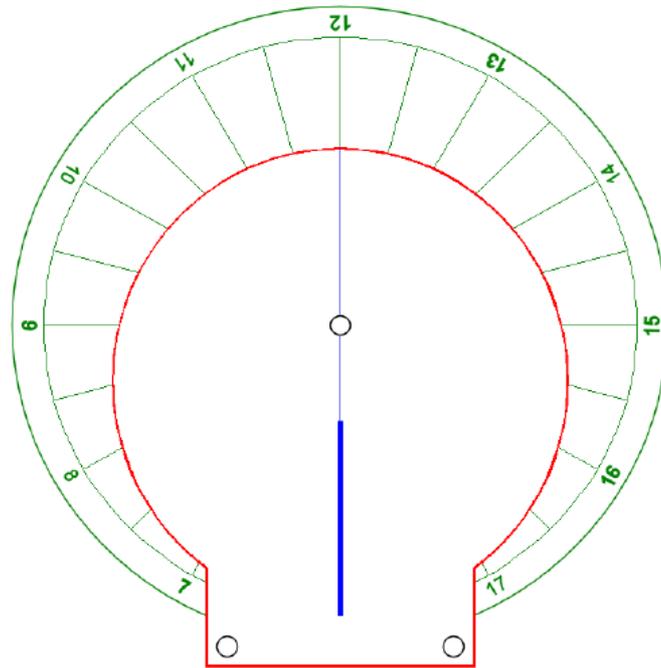
Etape 11. Accrochez la roue de l'étape 1 dans un disque de façon à ce que les nombres soient autour du bord.



Etape 12. Prenez une feuille de carton comme base. Placez le disque dessus et placez le style au-dessus en faisant coïncider les points C. Mettez une attache parisienne à travers les 2 points C et la base. Ne forcez pas trop, le disque doit pouvoir tourner facilement.

Mettez 2 autres attaches en bas du talon pour accrocher le style à la base. Attention à ne pas toucher le disque.

Orientez l'ensemble pour que le style pointe vers le nord. Tournez le disque pour que le n°12 coïncide avec la ligne méridienne. Le modèle est prêt maintenant.

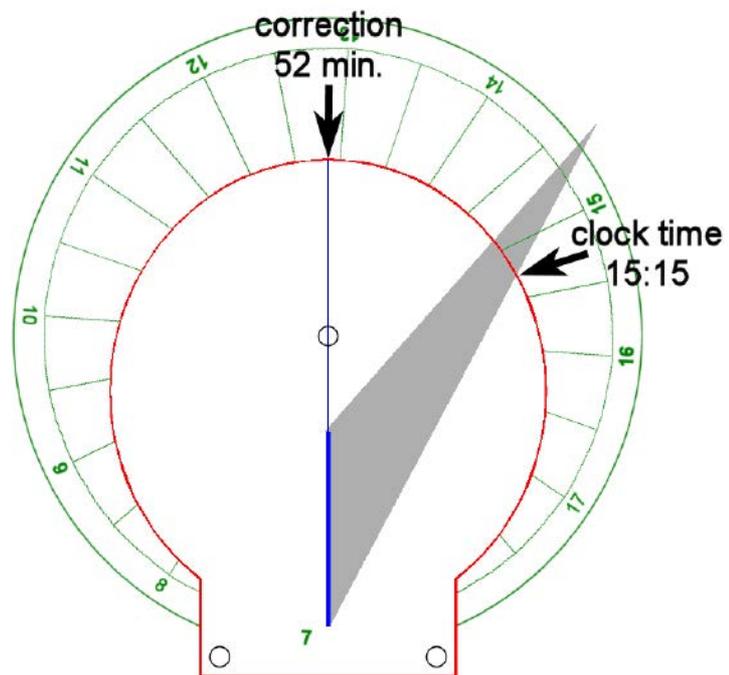


Utilisation, la correction pour la longitude, l'équation du temps ou l'heure d'été peuvent être fournies par une table ou un graphe pour chaque jour ou chaque semaine et appliquée au cadran en tournant le disque. L'heure de la montre peut alors être lue sur l'échelle extérieure à l'intersection de l'ombre du style et du bord de la plaque du style.

Exemple :

Bruz = 48° N, 2° O,  
correction = 68 min.

11 nov: équation du temps = 16 min.



Correction totale = 68 - 16 = 52 min.

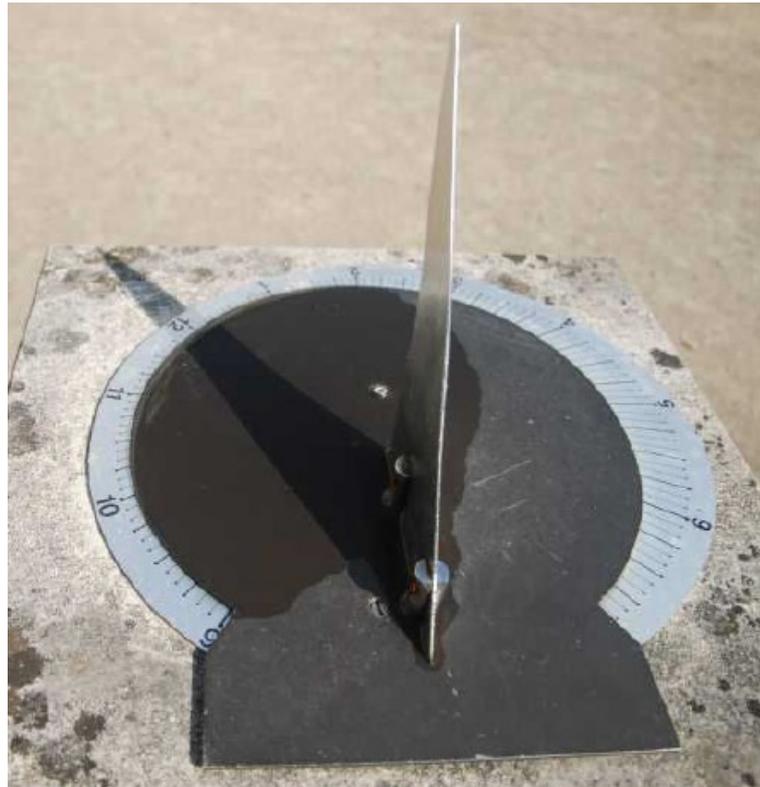
Ce modèle est similaire au cadran de Beisbroek, en ce sens qu'il a un disque excentré sous la plaque du style.

Curieusement cependant : l'excentricité du cadran de Beisbroek n'est pas symétrique par rapport à la ligne méridienne, le disque dépasse plus côté Est.

Cela nécessitera une investigation auprès du designer.

Pour trouver une variante (magnifique) du principe du cadran Equant Sawyer, voir le cadran fabriqué par Bill Gottesman sur <http://www.precisionsundials.com/equant%20dial.htm>

Vous pouvez aussi suivre le lien "Why it works" en haut de cette page web.



⇒ Dans la version numérique de *Cadran Info* vous trouverez en annexe : Les présentations de J. Robic : « histoire-belge-JRO » (octobre 2014) et « Equant Sawyer - bruges – RJ » (octobre 2015).



## INFORMATIONS DIVERSES

Cette rubrique "Informations diverses" peut comporter jusqu'à une quarantaine de pages. Son dimensionnement est fonction des informations relevées dans notre environnement ou celles que vous m'adressez directement.

Elle se compose des rubriques :

° **Dernières réalisations ou découvertes :**

Il s'agit de la descriptions des cadrans que vous avez réalisés ou que vous avez découverts et qui méritent une présentation spécifique.

° **Informations diverses :**

Ce sont les informations gnomoniques générales ou des informations que vous souhaitez partager. Si une étude m'est adressée sous forme papier et ne peut donc être incluse dans les articles, un résumé est présenté dans cette rubrique et reporte au document qui a été scanné et placé dans les "annexes" de la version numérique de Cadran Info.

° **Courrier gnomonique :**

Ce sont vos remarques ou renseignements complémentaires qui font suite à un article. Il s'agit également des questions techniques et/ou scientifiques que vous posez à Denis Savoie et qui peuvent intéresser les autres membres.

° **Littérature gnomonique :**

Sont mentionnées les nouvelles publications françaises et étrangères.

° **Gnomonique du monde**

Tous les sommaires des revues sur les six derniers mois sont repris.

Vous pouvez demander pour un usage personnel un article. Il sera scanné et envoyé par mail. Pour une utilisation dans un article ou une reprise partielle pour une étude, une demande est faite au responsable de la revue et à son auteur. C'est toujours avec plaisir que l'autorisation est accordée.

Ci-après quelques exemples provenant de divers numéros de Cadran Info.



° **Dernières réalisations ou découvertes**

- **Claude Gahon : meunier tu dors** (publié dans CI n° 32)

« Eh oui notre meunier de cette célèbre comptine aurait bien apprécié que le soleil fasse le travail à sa place pour le laisser dormir tranquillement au fur et à mesure que ses sacs auraient été montés au moulin, heure par heure, grâce à l'astre du jour...

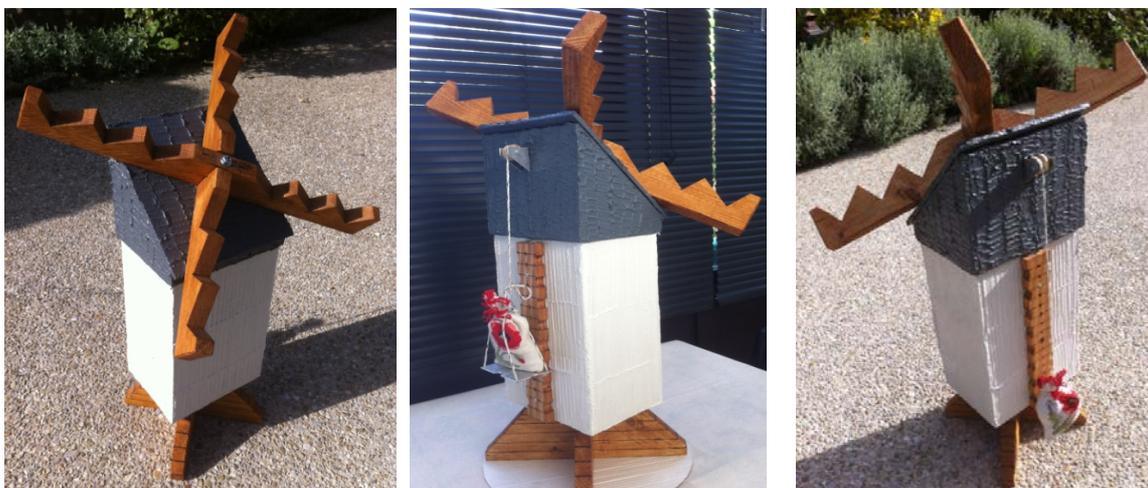
"Meunier tu Dors" est un moulin qui donne l'heure solaire quand le sac se déplace le long de l'échelle.

Cette fois, j'ai fait de la mécanique astronomique, digne de celle de l'horloge de la cathédrale de Strasbourg ! Je garde le secret. Quand on tourne les pales, le sac monte, ou descend, étonnant non ?

Pour lire l'heure sur l'échelle graduée d'heure en heure, on tourne les pales jusqu'à ce que les "crans" de la pale méridienne (elle a un repère) soient ombrés sur toute leur largeur, le plancher de la nacelle, porteuse du sac, est alors arrêté à la graduation de l'heure cherchée.

L'ensemble fait environ 65cm de haut hors tout, réalisé avec des chutes de matériaux de toutes sortes: le corps est en isorel crépi et peint, le pied et les pales sont en sapin lasuré, la nacelle et le support poulie sont en aluminium.

Cela m'a demandé pas mal de temps de réflexion et d'exécution, mais le résultat est conforme à mes attentes, j'espère qu'il vous plaira ».



### - Un cadran bifilaire au cimetière d'Azille (11) (publié dans CI n° 32)

Jean Pakhomoff nous informe de sa dernière création en ajoutant : « Le temps passe... et ce sera peut-être bien le dernier! ». Nous souhaitons bien au contraire que d'autres bifilaire ou à style multiple viendront compléter la collection.

Coordonnées GPS du cadran :  
Latitude: 43° 16' 57,60" NORD ;  
Longitude: - 2° 39' 34,50" EST

Ce cadran montre les heures 1/2 heures et 1/4 d'heures solaires. La naissance des lignes d' [heures italiques et babyloniennes](#) aux intersections de la 12e heure italique et 12e heure babylonique avec les lignes horaires et demi horaires tabulaires est particulièrement mise en évidence.

Le cadran porte une courbe en 8 d'[équation du temps](#) sur la 10e heure solaire et sur la 14e. Les arcs diurnes zodiacaux sont tracés.



Détermination de la méridienne le 24 juin 2015

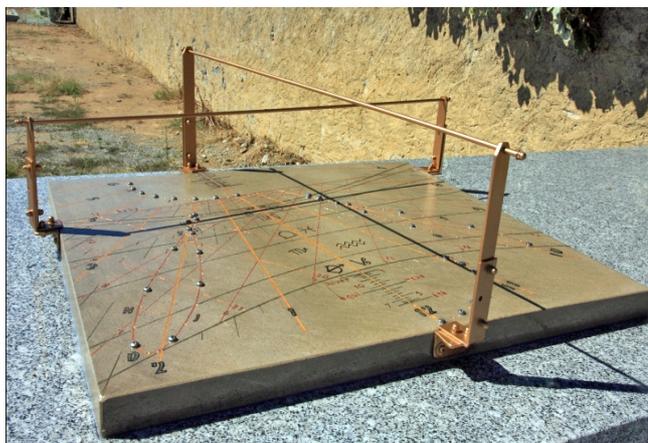
Côté sud le cadran solaire comporte un hémi- [cadran analemmatique](#) montrant les heures et demi heures du soir.

Côté nord le cadran solaire comporte un hémi- [cadran analemmatique](#) montrant les heures et demi heures du matin.

Le cadran est surmonté d'une devise écrite en russe sur la stèle (même devise que celle inscrite sur le :



[cadran tombal du cimetière saint-Pierre à Marseille](#) )



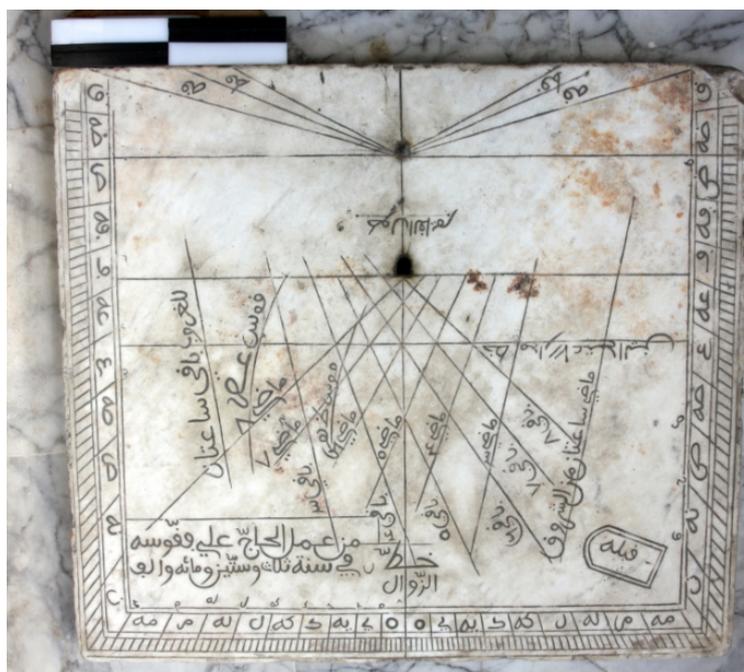
Le cadran est à retrouver sur le web, à partir du lien ci-dessous :

<http://www.pakhomoff.net/uncadranbifilaire.html>

**- Cadran solaire de Tunisie (inédit)**

Notre correspondant en Tunisie Naoufel Ben Maaouia nous a adressé des photos de cadrans solaires de Tunisie.

Ci-contre le cadran de sidi Bousaid (banlieue de Tunis)





Ci-dessus : le cadran de la Grande mosquée Zagouane.

Ci-contre : le cadran du mausolée Muhamet Bey





## ° Informations diverses

### - Des « applis » dans votre poche par Y. Massé (publié dans CI n°32)

Après l'ensemble des inventaires sur votre Smartphone ou tablette Android<sup>1</sup> de Pascal Prevost (réf info mail n° 21 du 3 février 2015 et site "MC-Cadran solaires" sur Google play : [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ppsoft.mbc\\_cadran](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ppsoft.mbc_cadran)), voici un cadran et son temps vrai réalisé par Yvon.

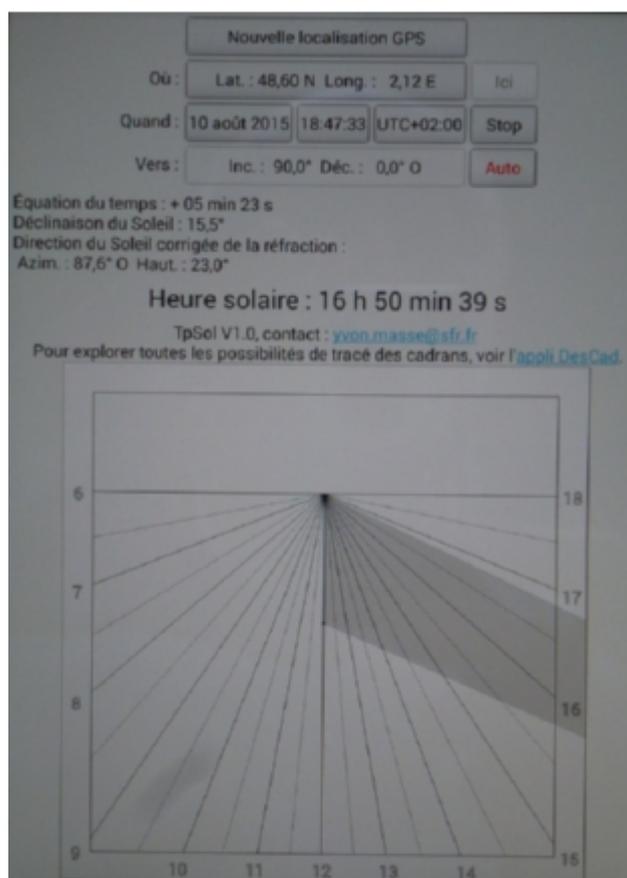
Notre collègue propose 2 applications pour ordiphone et tablette Android version 4.0 ou supérieure : **TpSol** pour contrôler l'heure d'un cadran et le représenter et **DesCad** pour explorer les configurations des cadrans et les réaliser

1- La fonction principale de **TpSol** est de donner l'heure solaire en fonction de l'heure civile et de la position GPS. En outre, TpSol :

- fournit l'équation du temps et la déclinaison du Soleil,
- indique l'azimut et la hauteur du Soleil,
- trace l'ombre du Soleil sur un cadran solaire vertical méridional (par défaut) ou en actionnant la touche « auto », représente le cadran à contrôler en appliquant l'ordiphone sur le support du cadran à vérifier.

TpSol permet donc de contrôler directement l'exactitude d'un cadran.

**L'application TpSol est gratuite,**  
elle est à télécharger à l'adresse :  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.ymasse.tpsol>

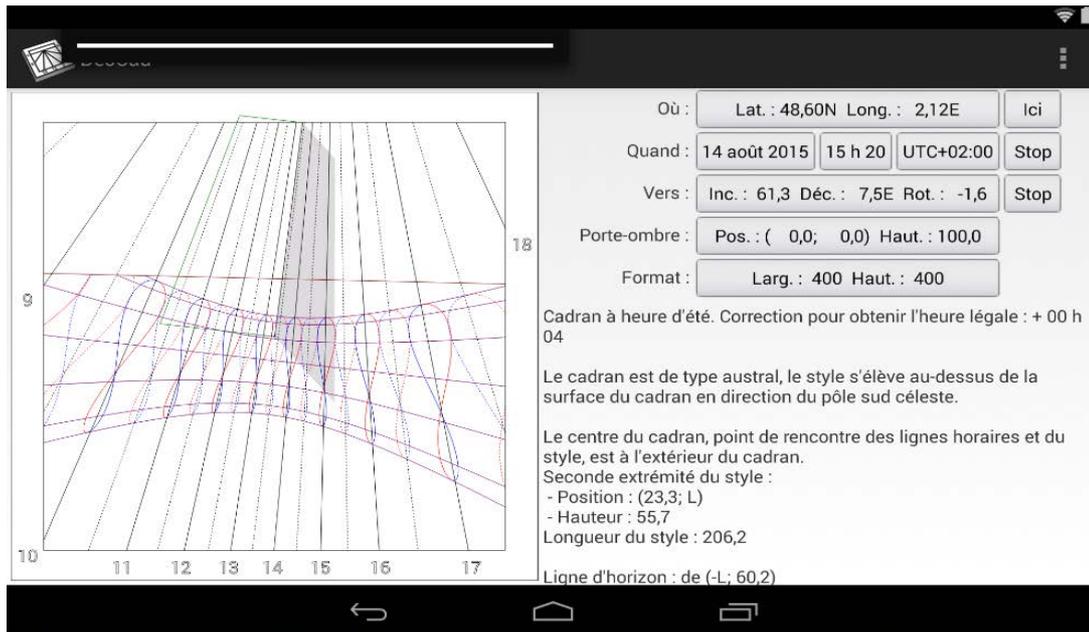


2- **DesCad** fait apparaître en temps réel la représentation d'un cadran en fonction de l'orientation de la machine (l'appliquer sur le mur qui doit recevoir le cadran).

La position / grandeur du style ainsi que la date / heure de l'ombre peuvent se modifier par touché glissé sur l'écran tactile.

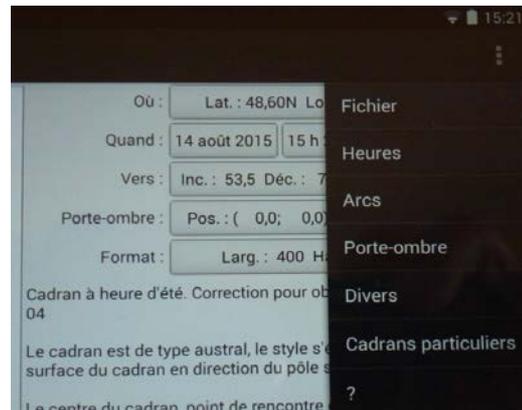
DesCad donne les coordonnées des points pour le traçage des segments de droite du cadran.

<sup>1</sup> Une application sur Ipad/Ipod est prévue.



La fonction :

- ° Fichier : permet d'enregistrer les éléments de traçage.
- ° Heures : permet de limiter le tracé des heures, d'adjoindre les demies ou les quarts d'heure ; les courbes de temps moyen etc.
- ° Arcs : permet le choix de tracer les arcs diurnes ou non, par date, par les signes du zodiaque, par mois...
- ° Porte ombre : il peut être visible ou non, être représenté en style filaire, en style plein ou gnomon.
- ° Divers : offre le choix de quadriller la présentation, de tracer la ligne d'horizon, de représenter l'ombre du style, d'introduire ou non la réfraction.
- ° Cadrans particuliers : permet d'afficher directement un cadran : horizontal, méridional, occidental, oriental, septentrional, équatorial Nord ou Sud, polaire Nord ou Sud.
- ° ? : Propose une aide d'utilisation avec schémas et indique la version de l'application.



**L'application DesCad est payante (1,80€),**

elle est à télécharger à l'adresse : <https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.ymasse.descad>

Remarque : TpSol et Descad utilisent le capteur magnétique de votre machine. Il convient de l'étalonner de la façon suivante :

- S'assurer qu'aucun corps métallique ou aimant n'est à proximité de l'appareil (penser à la fermeture magnétique de la protection de l'ordiphone).
- Activer le tracé dynamique du cadran (touche "Auto" du groupe de boutons "Vers").

- Faire tourner lentement l'ordiphone ou la tablette suivant les trois axes : 2 à 3 tours pendant environ 10 secondes par axe.

L'étalonnage est terminé. Les paramètres de l'orientation du cadran (inclinaison et déclinaison) qui sont déterminés et fournis par les "applis" à partir du capteur magnétique sont alors moins erratiques et plus précis.

La précision n'est toutefois que de quelques degrés.

Pour explications du Nord magnétique/Nord géographique (celui utilisé en gnomonique, Wikipédia, :

[http://flrzv.free.fr/astrinfo/decl\\_magn.php](http://flrzv.free.fr/astrinfo/decl_magn.php) ;

<http://www.randonner-malin.com/la-declinaison-magnetique/> .

Pour calculer l'écart entre le Nord magnétique et Nord géographique en fonction du lieu et de l'année :

<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination> ; [http://geodesie.ign.fr/index.php?page=calcul\\_de\\_declinaison\\_magnetique](http://geodesie.ign.fr/index.php?page=calcul_de_declinaison_magnetique) ;

<http://www.geomag.nrcan.gc.ca/calc/mdcal-fr.php> ;

#### - Premier dollar (inédit)

Notre collègue Jean Fort nous fait remarquer que « la première pièce d'un dollar US de 1787 dite "Fugio cent" honorait notre passion, sans en avoir l'explication.

Sur l'avvers est mentionnée la devise "Mind your business" (occupez vous de vos affaires) suggérée par Benjamin Franklin. Il porte également un soleil éclairant un cadran horizontal.

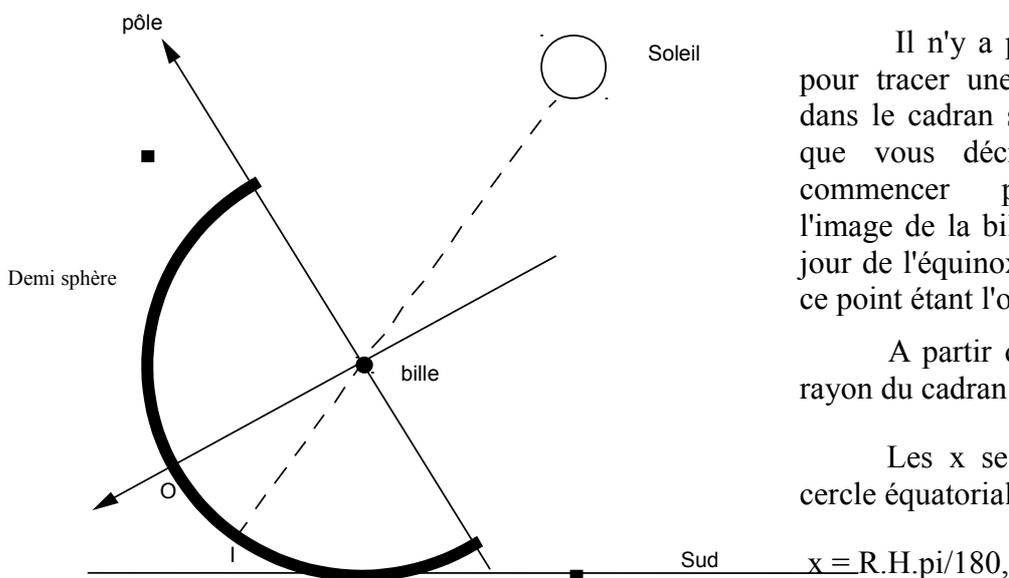
Au revers : les 13 cercles de l'union d'alors, avec la mention "we are one" (nous sommes UN).





## ° Courriers gnomoniques

**- Comment réaliser une courbe en huit sur une demi sphère inclinée suivant la latitude du lieu et dont l'axe horizontal est orienté Est-Ouest? (Publié dans C I n° 9)**



Il n'y a pas de difficultés pour tracer une courbe en huit dans le cadran sphérique polaire que vous décrivez. Il faut commencer par déterminer l'image de la bille à midi vrai le jour de l'équinoxe dans la cavité, ce point étant l'origine du repère.

A partir de là, si R est le rayon du cadran:

Les x se reportent sur le cercle équatorial en faisant :

$$x = R.H.\pi/180,$$

H étant l'angle horaire du Soleil.

Pour la méridienne, il faut remplacer H par -E (E = équation du temps en degrés).

Pour les y, on reporte sur le diamètre perpendiculaire à l'équatoriale :  $y = R. \delta. \pi/180$ , delta étant la déclinaison du Soleil.

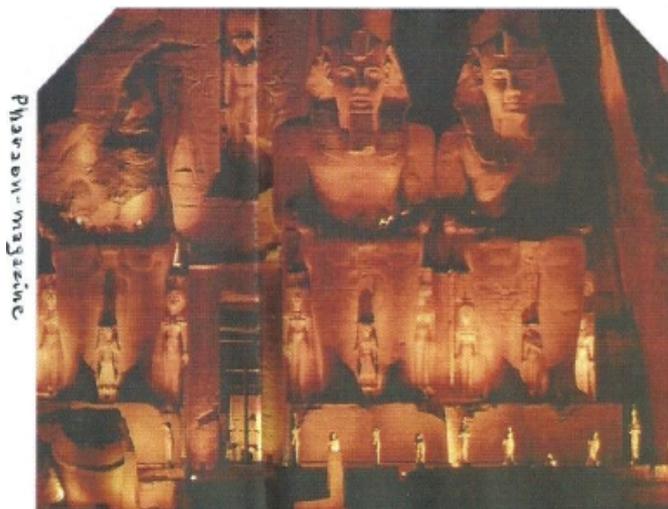
Les x et y obtenus sont directement à reporter dans la concavité, avec un mètre à ruban par exemple.

**- A propos de l'article « Eclairage d'un tunnel ou d'un mausolée » de D. Savoie (Publié dans CI n° 32)**

En complément de l'article de Denis Savoie sur le temple d'Abou Simbel Cadran Info n° 31 p. 104, Monsieur Jean Scordia nous fait part des remarques suivantes.

« J'ai lu avec grand intérêt l'article « Eclairage d'un tunnel ou d'un mausolée » (D. Savoie/ Ph. Sauvageot) paru dans *Cadran Info* n° 31. Concernant le temple d'Abou Simbel, illustré par deux photographies, il s'agit du Grand Temple, dédié au grand Ramsès II. L'autre temple célèbre et voisin de ce site est le Petit Temple (dédié à Néfertari, une épouse du Roi). A propos de la tache solaire sur les statues du fond du sanctuaire, vous notez que le 20 octobre les rayons éclairent le visage d'Amon (dieu avec deux plumes sur la tête, la deuxième statue en partant de la gauche) puis celui du roi. Ils éclaireront ensuite Rê-Horakhty, tout à droite (faucon surmonté d'un disque solaire et d'une tête de cobra), mais que vous nommez Horus, « Horakhty » contient la racine « Horus ».

Le dieu protéiforme Soleil, *Ré*, a fusionné avec « *Horus dans l'horizon* » (« Hor » : le faucon Horus + « akhty » : l'horizon). *Horus* est un autre dieu, ou plutôt plusieurs autres : ainsi, il y a le fils de la déesse Isis, également Horus « F Enfant » et Horus de Méha (dont vous indiquez le nom de sa montagne). Ses nombreuses statues, de faucon, sont placées à l'extérieur du temple, alignées devant le piédestal des statues géantes du Roi. Vous ne dites rien de la première statue, qui sans



doute demeure toujours dans la pénombre : mais pour quelle raison n'est-elle pas illuminée ? Il s'agit de Ptah/Osiris/Sokar (trinité funéraire en une divinité). Est-ce donc par superstition ou pour des raisons de géométrie par le plan de l'édifice ? L'axe du temple semble passer entre les deux statues du milieu et non par celle de Ramsès. Si le Soleil éclaire le dieu le plus à droite, il devrait aussi le faire pour celui le plus à gauche : pourquoi, diable, n'est-ce pas le cas ? Pouvait-elle être éclairée il y a 3300 ans ? Si elle n'était pas éclairée il y a 33 siècles, celle d'à côté, Amon (qui signifie « le Caché », « l'invisible »), ne l'était-elle pas non plus (pour des motifs astronomiques, sinon religieux) ?

D'après plusieurs clichés pris dans l'axe de l'entrée, cet axe tombe au milieu des 4 statues du sanctuaire. Les mesures que je connais ne sont peut-être pas tout à fait exactes : largeur de la façade = 30 m, hauteur des statues géantes = 20 m ; profondeur du temple = 55 m ; la 2e salle après l'entrée mesure 17 m de large sur 18 m de long ; les 5 portes successives auraient la même largeur, que je ne puis estimer.

En espérant que vos lumières éclairent ma lanterne, comme l'écrivait un de vos lecteurs ».



### - Heure de passage du soleil (inédit)

Monsieur G. Aubry recherche : « les temps de passage du Soleil au méridien pour un lieu donné quelconque. L'IMCCE nous donnait cette info directement à partir de ses éphémérides. Cet ancien lien est corrompu. Sur le site de l'IMCCE, je ne trouve plus rien. Il y aurait bien Miriade ? mais j'y perds mon latin ! L'Observatoire de Paris propose une approche, mais son exactitude est douteuse. Shadows a ses éphémérides, mais je recherche quelque chose de plus professionnel.

Auriez-vous connaissance d'un lien ? Merci de l'info ; cordialement à vous.

Réponse de D. Savoie

Cher Monsieur Aubry

Le site de l'IMCCE a été piraté par des hackers et se trouve en reconstruction. Cela va prendre du temps...

L'équivalent du site français est celui du Jet Propulsion Laboratory de la NASA appelé « Horizon » ; c'est un générateur d'éphémérides de haute précision (<http://ssd.jpl.nasa.gov/?horizons>) mais son usage n'est pas intuitif au début... C'est par contre d'un usage absolument professionnel. Mais il ne donne pas l'instant de passage du soleil : il faut déduire ce dernier de l'équation du temps et de la longitude du lieu. Si cela vous intéresse, je vous donne la démarche.

Il vous reste la solution du logiciel MICA, également du JPL, mais qui ne donne pas non plus directement le temps de passage à la seconde mais arrondi à la minute.

Enfin si vous êtes adepte de la programmation, il existe des solutions précises qui donnent la position du Soleil d'où l'on déduit facilement l'instant de passage. Il est nécessaire de connaître l'équation du temps et la longitude du lieu; pour une très haute précision, il faut calculer l'équation du temps non plus à 12 h UT mais à l'heure UT du fuseau.



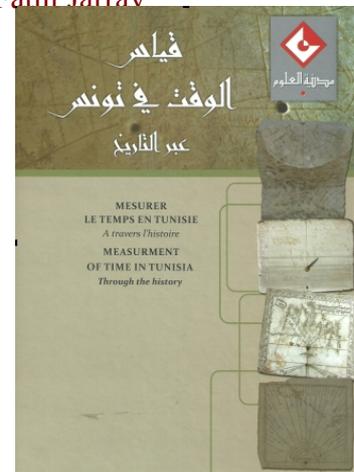
### ◦ Littérature gnomonique

#### **Mesurer le temps en Tunisie à travers l'histoire** par Fathi Jarray

Fathi Jarray est maître assistant à l'université de Tunis. Il dirige depuis 2014 le centre national de la calligraphie. Il est titulaire d'une thèse en épigraphie islamique et l'université Provence Aix-Marseille, membre du laboratoire d'Archéologie et d'architecture maghrébines et auteur de plusieurs recherches d'épigraphie et de gnomonique musulmanes.

Le livre de 220 pages qu'il vient de publier sur la mesure du temps en Tunisie est rédigé en arabe, anglais et français.

C'est un bel ouvrage décrivant environ 80 cadrans solaires antiques, islamiques, situés dans des mosquées, des sites archéologiques et des musées.



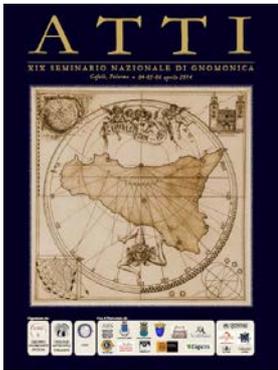
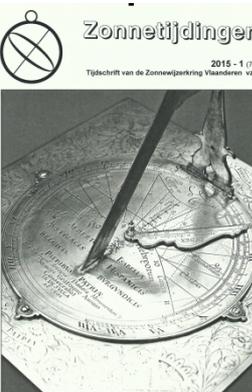
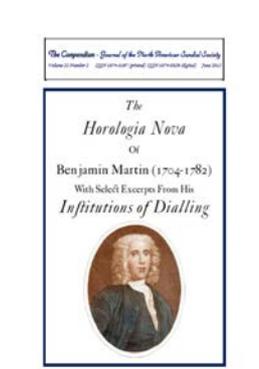
Après une introduction générale sur le fonctionnement, les cadrans sont analysés par ordre chronologique du IV<sup>e</sup> à la moitié du XX<sup>e</sup> siècle.

Pour se procurer l'ouvrage prendre contact à l'adresse web de la Cité des Sciences <http://www.cst.rnu.tn/fr/article/mesurer-le-temps-en-tunisie-a-travers-l-histoire-1165?id=1165>

° Gnomonique du monde

Tous les sommaires des revues sur les six derniers mois sont présentés habituellement dans ce chapitre.

Vous pouvez demander pour un usage personnel un article. Il sera scanné et envoyé par mail. Pour une utilisation dans un article ou une reprise d'éléments destinés à une étude, une demande est faite au responsable de la revue et à son auteur. C'est toujours avec plaisir que l'autorisation est accordée.

 <p><b>GNOMONICA ITALIANA</b></p>	 <p><b>BRITISH SUNDIAL SOCIETY</b></p>	 <p><b>Societat Catalana de Gnomonica SCG</b></p>	 <p><b>COMMISSION DES CADRANS SOLAIRES DU QUEBEC</b></p>
 <p><b>Coordinamento Gnomonico Italiano</b></p>	 <p><b>Zonnewijzerkring Vlaanderen VZW</b></p>	 <p><b>NORTH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY</b></p>	 <p><b>De Zonnewijzerkring</b></p>



 Toutes les sociétés gnomoniques étrangères peuvent faire paraître des informations dans cette rubrique.

**This heading is open at every gnomonic society.**

Pour utilisation personnelle, des articles peuvent être numérisés et envoyés à nos membres par mails, téléchargement ou par courrier (Prix de la page au tarif de la SAF + frais d'envoi suivant poids.)

**Dernière minute :**

**de Dominique Collin :**

Je suis en ce moment dans la rédaction d'une étude sur des cadrans solaires à miroir de Lamé (une étude généralisée des cadrans à miroir courbe en forme d'astroïde). Cet article devrait clôturer l'étude théorique des cadrans catacaustiques publiée dans Cadran Info. M. Baillet a participé.

Je mets également en forme l'article de M. Limousin. Il n'est pas terminé car j'ai reçu une suite assez dense, concernant le lieu des points de rebroussement approchée par une ellipse... Ainsi que des photos d'un prototype de cadran astroïde.

La traduction du Livre de Joseph Drecker est en phase finale (phase de relecture et correctifs). J'ai pour projet de reproduire toutes les figures des XIV planches de l'ouvrage... Ce sera pour Cadran Info n° 34 du mois d'octobre.

**de Denis Savoie :**

La restauration des cadrans astrologiques de l'ancien hôtel des ambassadeurs à Paris est terminée. Par contre la pose des styles a pris du retard. Ils sont en cours de fabrication et leur installation ne sera effective que fin avril ou début mai.

L'article prévu sur ce sujet est donc repoussé au numéro d'octobre de Cadran Info afin d'intégrer les photographies des cadrans entièrement rénovés.

*Hors série réalisé avec Pierre-Louis Cambefort et relecture avisée de Dominique Collin*



Photo de P. Schmit

Diptyque de Martin Ruzé