

## Au Sommaire :

- Trois types de cadrans solaires de hauteur d'Érasme Habermel
- Déclinaison gnomonique par la mesure de l'ombre d'une sphère

### • Restauration

CS de l'église de S<sup>t</sup>-Pierre de Flers-Bourg à Villeneuve d'Ascq  
CS de l'abbaye de Cadouin (24 480)

### • Études

Nature des courbes horaires dans les CS de hauteur d'Érasme Habermel  
Les inconnus de Saint-Affrique  
Étude comparative de deux « jambes de sauterelles »  
L'Horloge de Sapience, Jean Fusoris et la gnomonique médiévale

### • Descriptions

CS du Morbihan de 1686  
CS de 1810 ou CS au « 5 douze »  
Les 12 heures de la nuit dans un sarcophage égyptien  
Canoniaux et heures bénédictines (suite de CI n°15)

### • Pratique

Utilisation astrolabe de J. Blagrave  
CS chez les scolaires  
Estimation du temps civil à partir d'un capteur photosensible  
Datation des instruments de mesure

### • Informations

Restauration de cadrans, nouveaux cadrans et dernières réalisations  
Documents, Livres et logiciels  
Questions/réponses gnomoniques  
Bulletins des Sociétés étrangères



**Software : typography**

$\text{\TeX}$  and  $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}\text{\TeX}$  are trademarks of the *American Mathematical Society*.

$\text{\LaTeX}$  is a program whose copyright belongs to Leslie Lamport.

Moteur de compilation : LuaHB $\text{\TeX}$ , Version 1.22 (TeX Live 2025) — Development id : 7673.

**Licence :** Ce document est mis à disposition selon les termes de la license CC BY-NC-ND 4.0

Creative Commons — Attribution — Pas d'Utilisation Commerciale — Pas de Modification.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

Copyright © 2025 by CCS.

(Société Astronomique de France)

*Première édition, Mai 2025.*

ISSN : 2824-0324

All inquiries should be addressed to :

Philippe SAUVAGEOT

[sauvageotph@wanadoo.fr](mailto:sauvageotph@wanadoo.fr)

&

Dominique COLLIN

Directeur de la publication, président de la

Commission des Cadrans Solaires.

[dominique.collin007@gmail.com](mailto:dominique.collin007@gmail.com)



Compilé avec Lua $\text{\LaTeX}$  le 17 juin 2025.

Build n°1.377 [168-1431].

Ce document contient [249](#) pages.



## Commission des Cadrons Solaires

[ccs.saf-astronomie.fr](http://ccs.saf-astronomie.fr)

La **Commission des Cadrons Solaires** de la **Société Astronomique de France** effectue des recherches, des travaux théoriques et pratiques concernant les gnomons, cadrons solaires, méridiennes, astrolabes, nocturlabes et autres dispositifs permettant de mesurer le temps à partir de la position du soleil, de la lune ou des étoiles. Elle publie, donne et reçoit des informations au niveau international, sur l'histoire des cadrons solaires, leurs devises, leur construction et la littérature qui leur est consacrée. Elle participe à la sauvegarde du patrimoine gnomonique français. Elle comprend environ 250 membres du néophyte à l'expert.

### La Commission des Cadrons Solaires c'est :

- deux réunions annuelles en province et à Paris (ou banlieue).
- la publication de la revue *Cadran Info*, en mai et en octobre.
- la publication en octobre de chaque année des inventaires (France et étrangers) des cadrons solaires, astrolabes, nocturlabes.
- un accès aux études, livres numérisés, logiciels (liste des offres, liste des articles parus dans *Cadran Info*, sur demande).
- de l'information tout au long de l'année par de nombreux envois de courriels (les *info-mails*).

### Pour nous rejoindre :

- Si vous êtes membre de la Société Astronomique de France, il suffit de demander l'inscription à la Commission des Cadrons Solaires.
- Si vous n'êtes pas membre, inscrivez-vous à la SAF : 52 € pour l'Île de France (75, 77, 78, 91, 92, 93, 94, 95), 44 €/an autres départements, 44 € pour l'Union Européenne et le reste du monde, 15 € pour étudiant (moins de 25 ans joindre justificatif).

**Contact :** [secretariat@saf-astronomie.fr](mailto:secretariat@saf-astronomie.fr)

En page de couverture : cadran de hauteur vertical d'Habermel (version "a"). (*Crédit photographique : Kunsthistorisches Museum*).

En quatrième de couverture : Cadran de hauteur horizontal d'Habermel. *Crédit photographique : Kunsthistorisches Museum*).

Couleurs en page de couverture : package xcolor (option x11names). Pour le bandeau haut et le dos de couverture : [RGB : {229,229,250}] et eggshell pour le corps de page.

## Summaries in French, English, German, Spanish, Italian

Traduction de D. Collin (anglais), Y. Opizzo (allemand), D. Collin (espagnol), R. Anselmi (italien)

### Sommaire de Cadran Info n°51

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |                                          |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------|-----------|
| <b>Les inconnus de Saint-Affrique</b> : Enquête et analyse d'un cadran solaire disparu à 6 tracés d'après une ancienne photographie conservée par le Muséum de Toulouse.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ⊇ | <b>Didier Benoît &amp; Paul Gagnaire</b> | <b>21</b> |
| <b>Utilisations du « Mathematicall Jewell » de John Blagrove</b> : Dans <i>Cadran Info</i> n°49, nous avons imprimé et assemblé les différentes parties de l'instrument afin de fabriquer une maquette de l'astrolabe. Dans cet article, nous allons maintenant utiliser cet instrument pour résoudre quelques problèmes d'astronomie présentés par John Blagrove dans les livres 3 et 4 de son ouvrage.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ⊇ | <b>Sébastien Berriot</b>                 | <b>31</b> |
| <b>Histoire du cadran solaire de l'église Saint-Pierre de Flers-Bourg à Villeneuve d'Ascq</b> : Cet article présente l'histoire d'un cadran solaire sur le mur d'une église du XVI <sup>e</sup> siècle. Il était gravé sur des pierres très friables et a failli disparaître. C'est une personne habitant près de l'église qui m'a informé de son existence en 2012. J'ai alors engagé des démarches auprès de la mairie et des responsables du patrimoine pour demander de sauver cet élément participant au patrimoine de l'église. Les anciennes pierres ayant été remplacées par des neuves, Jérôme Bonnin a recréé un cadran dont la présentation est fidèle à celle de l'ancien. Après plus de onze années d'attente le patrimoine gnomonique de l'église de Flers-Bourg était enfin sauvé. |   | <b>Christian Druon</b>                   | <b>51</b> |
| <b>Restauration du cadran de l'abbaye de Cadouin (24 480)</b> : Description technique, étape par étape de la restauration du cadran solaire dans le cloître de l'abbaye de Cadouin (24).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ⊇ | <b>Jacques Garcia</b>                    | <b>58</b> |
| <b>Détermination de la déclinaison gnomonique par la mesure de la direction de l'ombre d'une sphère</b> : Méthode de la planchette sans les aléas du fil à plomb.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   | <b>Gérard Hory</b>                       | <b>64</b> |
| <b>Étude comparative de deux « jambes de sauterelle » (cadran de hauteur portable syrien du XII<sup>e</sup> siècle)</b> : Un cadran de hauteur portable syrien du XII <sup>e</sup> siècle est apparu en 2022 lors d'une vente aux enchères, il constitue le second exemplaire connu d'un type nommé « jambe de sauterelle » (sâq al-jarâda). Après avoir présenté quelques généralités sur ce type de cadran, nous examinons le nouvel exemplaire à la lumière (1) d'une comparaison avec l'unique exemplaire précédemment connu, (2) de données historiques, (3) de la littérature gnomonique arabo-musulmane médiévale, (4) de considérations sur son tracé gnomonique et (5) d'une analyse épigraphique. Ces analyses mettent en évidence des anomalies notables sur cet instrument.           |   | <b>Fathi Jarray &amp; Éric Mercier</b>   | <b>71</b> |
| <b>Cadran du Morbihan de 1686</b> : Analyse d'un cadran horizontal daté 1686, trouvé en Bretagne. Il est typique des anciens cadrans. Bien tracé, il reste encore quelques mystères dans l'interprétation des riches décorations. Le style est-il vraiment d'origine ?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   | <b>Pierre Labat</b>                      | <b>85</b> |

Suite page suivante ...

... Suite de la page précédente

**L'Horloge de Sapience, Jean Fusoris et la gnomonique médiévale :**

La miniature de la « Chambre des horloges », élément du manuscrit IV 111 (fol. 13v) de la Bibliothèque Royale de Bruxelles (XVe siècle), illustre pour la première fois dans l'Histoire, plusieurs inventions dans le domaine de la mesure du temps. Je montre qu'elle possède, de plus, une cohérence scientifique qui n'avait pas été mise en évidence précédemment. Sa composition a certainement bénéficié de l'assistance d'un gnomoniste/horloger de haut niveau. Des indices suggèrent qu'il s'agit de Jean Fusoris (1365-1436) qui pourrait être à l'origine des inventions illustrées, et notamment le style polaire.

Éric Mercier 92

**Cadrans chez les scolaires :** Conseils et retour d'expériences de l'initiation des jeunes à la gnomonique et à la construction d'un cadran solaire horizontal.

Jean-Claude Reita 104

**Cadran de 1810 ou « cadran aux cinq douze » :** Analyse d'un cadran horizontal daté 1810, présentant l'originalité de mentionner les heures sous différentes longitudes dont il ressort hélas de nombreuses approximations et l'interrogation sur son histoire.

⊇ Philippe Sauvageot 112

**Estimation du temps civil local à partir de l'observation des coordonnées de l'image du soleil recueillie sur un capteur photosensible :** L'article proposé présente une démarche permettant d'estimer l'heure civile d'un fuseau horaire à partir de la saisie des coordonnées de l'image du soleil recueillie par un capteur photosensible.

⊇ Marc Sauzéat 125

**Trois types de cadrans solaires de hauteur d'Érasme Habermel :** Cet article est une étude d'une série de cadrans solaires portables de hauteur réalisés par Érasme Habermel dans les années 1580. Il a gravé des cadrans verticaux que l'on oriente vers le Soleil où l'heure est indiquée sur des courbes spiralées ou en forme de cœur, ainsi qu'une version où le cadran de hauteur est horizontal, ce qui est très rare. On donne également les formules permettant de retrouver la latitude et la longueur d'un gnomon sur ces cadrans de hauteur.

Denis Savoie 137

**Nature des courbes horaires dans les cadrans de hauteur d'Érasme Habermel :** Cet article est une étude mathématique de la trajectoire de l'extrémité du point d'ombre du gnomon dans les trois cadrans solaires de hauteur d'Érasme Habermel dont la description gnomonique complète est présentée dans ce Cadran Info même par Denis Savoie. La réelle inventivité tient dans ce qu'Habermel utilise la longitude écliptique du Soleil en lieu et place de la déclinaison habituellement utilisée dans les cadrans solaires de hauteur, conférant à ces derniers un aspect nomographique et gnomonique exceptionnel et rare.

⊇ Dominique Collin 161

**Canoniaux et heures bénédictines (suite du N°15, Cadran Info mai 2007) :** Cet article complète le chapitre de l'article "Cadrans canoniaux" paru dans le n°15 de Cadran-Info suite à la redécouverte d'un troisième canonial appartenant aussi à une abbaye se rattachant à l'arbre cistercien et présentant des subdivisions assez similaires à celles décrites en mai 2007. La lecture de la Règle de S<sup>t</sup> Benoît n'apporte pas de réponse au positionnement de ces subdivisions si ce n'est pour la fluctuation de l'heure de None. L'étude du coutumier général cistercien n'apporte pas davantage de solution. Ces canoniaux à 12 secteurs égaux révèlent par leurs subdivisions que la Règle de S<sup>t</sup> Benoît permettait aux communautés certains ajustements et interprétations.

Denis Schneider 187

Suite page suivante ...

... Suite de la page précédente

**Datation des instruments de mesure :** Approches de la datation d'instruments de mesure comme les cadrans solaires, astrolabes ... par le style des écritures, l'évolution de la graphie des chiffres...

Jean Scordia 190

**12 heures de la nuit dans un sarcophage :** Présentation des inscriptions découvertes dans un sarcophage égyptien présentant la division de la nuit en douze heures.

Jean Scordia 198

### Informations diverses :

#### ♣ Dernières découvertes ou réalisations :

- Cadran à Saintes : Paul Gagnaire (CCS)
- Cadran bifilaire : Jean-Pakhomoff (CCS)
- Diptyques du musée de Cherbourg : Éric Mercier (CCS)
- Analemme à Eleta : Christian Lecointre
- Ancien observatoire astronomique en Égypte : Jean Scordia (CCS)
- Groupe "Conseils à la Sauvegarde du Patrimoine Gnomonique" : Bernard Cura (CCS)
- Cadran de Claude Gahon (CCS) : « *Or Oc* »
- Cadran de Claude Gahon (CCS) : « *Soleil bleu* »
- Cadran de Claude Gahon (CCS) : « *Aster* »
- Cadran de Claude Gahon (CCS) : « *Rayon de Soleil* »

#### ♣ Lettres/Courriels gnomoniques :

- Position du Soleil et éphémérides : Jean-Claude Berçu (CCS)
- Cadran de Saint-Paul de Fenouillet : Jean Scordia (CCS)
- Pendentif au musée de Nyons : Jérôme Bonnin (CCS), Jean Scordia (CCS)
- M@J applications pour smartphones : César Busto (CCS)
- Partage de connaissances : Christophe Marion (CCS)
- Le cadran du Petit Palais se meurt : Michel Lambalieu (CCS)
- Faux de faux : Éric Mercier (CCS), Fathi Jarray (Univ. De Tunis)
- Le "Village Gaulois" et son cadran : Jean-Paul Cornec (CCS)
- Le cahier de cosmologie de S. Debarbat : Marc Sauzéat (CCS)
- Bail à besogne : Didier Benoit (CCS)

≥

**Contributo :**  
**D. Benoit,**  
**J.-C. Berçu,**  
**J. Bonnin, JC. Busto,**  
**J.-P. Cornec, B. Cura,**  
**C. Druon,**  
**P. Gagnaire,**  
**Cl. Gahon, F. Jarray, 203**  
**M. Lambalieu,**  
**JC. Lecointre,**  
**É. Mercier,**  
**J. Pakhomoff,**  
**Ph. Sauvageot,**  
**M. Sauzéat,**  
**J. Scordia.**

#### ♣ Les livres :

- Horloge solaire de Grenoble (Ch. Becquaert)
- Atlas historique du ciel (Les Arènes)
- Urania Panormita (Maria Luisa Tuscano)

#### ♣ Gnomonique du monde :

- Sommaires des dernières revues ou bulletins.

#### ♣ Solution du mot mystère de *Cadran Info* n°50

#### ♣ Trouvez le mot mystère

#### ♣ Crédit Photographique

#### ♣ Index

## En version numérique :

- dans le « sommaire.pdf », hyperliens à partir des titres vers les fichiers en .pdf;
- le symbole  $\supseteq$  indique que l'article est complété par une étude détaillée ou un logiciel ou d'autres documents dans le dossier « annexes ».



## Contents of Cadran Info n°51



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-----------|
| <b>The unknowns of Saint-Affrique</b> : Investigation and analysis of a missing sundial with 6 lines, based on an old photograph held by the Toulouse Museum.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $\supseteq$ | <b>Didier Benoît &amp; Paul Gagnaire</b> | <b>21</b> |
| <b>Uses of John Blagrave's Mathematicall Jewell</b> : In Cadran Info no. 49, we printed out and assembled the various parts of the instrument in order to make a model of the astrolabe. In this article, we are now going to use this instrument to solve some astronomical problems presented by John Blagrave in books 3 and 4 of his work.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             | <b>Sébastien Berriot</b>                 | <b>31</b> |
| <b>History of the sundial at Saint-Pierre Church in Flers-Bourg, Ville-neuve d'Aseq</b> : This article presents the history of a sundial on the wall of a 16th-century church. It was engraved on very brittle stone and almost disappeared. It was someone living near the church who informed me of its existence in 2012. I then approached the town hall and the people in charge of heritage to ask for this part of the church's heritage to be saved. With the old stones replaced by new ones, Jérôme Bonnin has recreated a sundial that looks exactly like the old one. After more than eleven years of waiting, the gnomonic heritage of the church of Flers-Bourg was finally saved. |             | <b>Christian Druon</b>                   | <b>51</b> |
| <b>Restoration of the sundial at Cadouin Abbey (24 480)</b> : Technical description, step by step, of the restoration of the sundial in the cloister of Cadouin Abbey (24).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             | <b>Jacques Garcia</b>                    | <b>58</b> |
| <b>Determination of the gnomonic declination by measuring the direction of the shadow of a sphere</b> : Planchette method without the hazards of the plumb line.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             | <b>Gérard Hory</b>                       | <b>64</b> |
| <b>Comparative study of two 'grasshopper legs' (a 12th-century Syrian portable height dial)</b> : A 12th-century Syrian portable height dial appeared at auction in 2022, and is the second known example of a type known as a 'grasshopper's leg' (sâq al-jarâda). After presenting some general information on this type of sundial, we examine the new example in the light of (1) a comparison with the only previously known example, (2) historical data, (3) medieval Arab-Muslim gnomonic literature, (4) considerations on its gnomonic layout and (5) an epigraphic analysis. These analyses highlight some notable anomalies in this instrument.                                      |             | <b>Fathi Jarray &amp; Éric Mercier</b>   | <b>71</b> |
| <b>Morbihan sundial of 1686</b> : Analysis of a horizontal sundial dated 1686, found in Brittany. It is typical of old sundials. Although well drawn, there are still a few mysteries surrounding the interpretation of the rich decorations. Is the style really original?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             | <b>Pierre Labat</b>                      | <b>85</b> |

Continued on next page ...

... Continued from previous page

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------|
| <b>The Clock of Sapience, Jean Fusoris, and Medieval Gnomonics :</b> The miniature of the 'Clock Room', part of manuscript IV 111 (fol. 13v) in the Royal Library of Brussels (15th century), illustrates several inventions in the field of time measurement for the first time in history. I show that it also possesses a scientific coherence that had not previously been demonstrated. Its composition certainly benefited from the assistance of a high-level gnomonist/clockmaker. There are indications that this was Jean Fusoris (1365-1436), who may have been responsible for the inventions illustrated, in particular the polar style.                                                                                                                                 | <b>Éric Mercier</b>       | <b>92</b>  |
| <b>School dials :</b> Advice and feedback from introducing young people to gnomonics and the construction of a horizontal sundial.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Jean-Claude Reita</b>  | <b>104</b> |
| <b>Sundial of 1810 or "five twelve sundial" :</b> Analysis of a horizontal sundial dated 1810, with the original feature of showing the hours at different longitudes. Unfortunately, there are a number of approximations and questions about its history.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Philippe Sauvageot</b> | <b>112</b> |
| <b>Estimation of local civil time from observation of the coordinates of the image of the sun collected on a photosensitive sensor :</b> This article presents an approach for estimating the civil time of a time zone from the coordinates of the image of the sun collected by a photosensitive sensor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Marc Sauzéat</b>       | <b>125</b> |
| <b>Three types of sundial at the height of Erasmus Habermel :</b> This article is a study of a series of portable height sundials made by Erasmus Habermel in the 1580's. He engraved vertical dials that are oriented towards the Sun where the time is indicated on spiral or heart-shaped curves, as well as a version where the height dial is horizontal, which is very rare. The formulae for finding the latitude and length of a gnomon on these height dials are also given.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Denis Savoie</b>       | <b>137</b> |
| <b>Nature of the hour curves in Erasmus Habermel's height dials :</b> This article is a mathematical study of the trajectory of the end of the shadow point of the gnomon in Erasmus Habermel's three height sundials, the full gnomonic description of which is presented in this very Info Dial by Denis Savoie. The real inventiveness lies in the fact that Habermel uses the ecliptic longitude of the Sun instead of the declination usually used in vertical sundials, giving the latter an exceptional and rare nomographic and gnomonic aspect.                                                                                                                                                                                                                              | <b>Dominique Collin</b>   | <b>161</b> |
| <b>Canons and Benedictine hours (continuation of No. 15, Cadran Info May 2007) :</b> This article completes the chapter of the article "Canonical dials" which appeared in No 15 of Cadran-Info following the rediscovery of a third canonical also belonging to an abbey linked to the Cistercian tree and presenting subdivisions quite similar to those described in May 2007. A reading of the Rule of Benedict does not provide an answer to the positioning of these subdivisions, apart from the fluctuation in the hour of None. A study of the Cistercian General Customary does not provide a solution either. The subdivisions of these canons with 12 equal sectors reveal that the Rule of Benedict allowed communities to make certain adjustments and interpretations. | <b>Denis Schneider</b>    | <b>187</b> |
| <b>Dating measuring instruments :</b> Approaches to the dating of measuring instruments such as sundials, astrolabes ... through the style of writing, the evolution of the spelling of numbers ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Jean Scordia</b>       | <b>190</b> |

Continued on next page ...

... Continued from previous page

**12 hours of the night in a sarcophagus** : Presentation of the inscriptions discovered in an Egyptian sarcophagus presenting the division of the night into twelve hours.

Jean Scordia

198

### Miscellaneous information :

#### ♣ Latest discoveries or achievements :

- Sundial in Saintes : Paul Gagnaire (CCS)
- Bixlar sundial : Jean-Pakhomoff (CCS)
- Diptychs from the Cherbourg museum : Éric Mercier (CCS)
- Analemmatics at Eleto : Christian Lecointre
- Ancient astronomical observatory in Egypt : Jean Scordia (CCS)
- Group "Conseils à la Sauvegarde du Patrimoine Gnomonique" : Bernard Cura (CCS)
- Claude Gahon's sundial (CCS) : "Or Oc"
- Claude Gahon's sundial (CCS) : "Soleil bleu" (Blue Sun)
- Claude Gahon's sundial (CCS) : "Aster"
- Claude Gahon's sundial (CCS) : "Rayon de Soleil" (Sun Ray)

#### ♣ Gnomonic letters/emails :

- Position of the Sun and ephemerides : Jean-Claude Berçu (CCS)
- Saint-Paul de Fenouillet sundial : Jean Scordia (CCS)
- Pendant at the Nyons museum : Jérôme Bonnin (CCS), Jean Scordia (CCS)
- Updating applications for smartphones : César Busto (CCS)
- Sharing knowledge : Christophe Marion (CCS)
- The "Petit Palais" sundial is dying : Michel Lambalieu (CCS)
- Fake fakes : Éric Mercier (CCS), Fathi Jarray (Univ. De Tunis)
- The 'Gaulish Village' and its sundial : Jean-Paul Cornec (CCS)
- S. Debarbat's cosmology notebook : Marc Sauzéat (CCS)
- Work contract : Didier Benoit (CCS)

#### Contribution :

D. Benoit,  
J.-C. Berçu,  
J. Bonnin, JC. Busto,  
J.-P. Cornec, B. Cura,  
C. Druon,  
P. Gagnaire,  
Cl. Gahon, F. Jarray,  
M. Lambalieu,  
JC. Lecointre,  
É. Mercier,  
J. Pakhomoff,  
Ph. Sauvageot,  
M. Sauzéat,  
J. Scordia.

≥

203

#### ♣ Latest books :

- Grenoble sun clock (Ch. Becquaert)
- Historical Atlas of the Sky (Les Arènes)
- Urania Panormita (Maria Luisa Tuscano)

#### ♣ Gnomonics of the world :

- Summaries of the latest magazines and newsletters.

#### ♣ Solution to the CI 50 mystery word

#### ♣ Find the mystery word

#### ♣ Photographic credits

#### ♣ Index

### In digital format :

- In "sommaire.pdf", hyperlinks from titles to files in .pdf;

- The Symbol  $\supseteq$  indicates that the article is supplemented by a detailed study or software or other documents in the file "annexes".



## Verzeichnis von Cadran Info n°51



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                                          |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-----------|
| <b>Die Unbekannten von Saint-Affrique</b> : Untersuchung und Analyse einer verschwundenen Sonnenuhr mit sechs Informationen anhand einer alten Fotografie, die im Museum von Toulouse aufbewahrt wird.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $\supseteq$ | <b>Didier Benoît &amp; Paul Gagnaire</b> | <b>21</b> |
| <b>Anwendungen des „Mathematicall Jewell“ von John Blagrove</b> : In <i>Cadran Info</i> n°49 haben wir die einzelnen Bestandteile des Instruments gedruckt und zusammengesetzt, um ein Modell des Astrolabiums zu erstellen. In diesem Artikel nutzen wir das Instrument nun zur Lösung einiger astronomischer Probleme, die John Blagrove in den Büchern 3 und 4 seines Werks präsentiert..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $\supseteq$ | <b>Sébastien Berriot</b>                 | <b>31</b> |
| <b>Geschichte der Sonnenuhr an der Kirche Saint-Pierre de Flers-Bourg in Villeneuve d'Ascq</b> : Dieser Artikel beleuchtet die Geschichte einer Sonnenuhr an der Wand einer Kirche aus dem 16. Jahrhundert. Die Gravur befand sich auf sehr brüchigen Steinen und drohte zu verschwinden. Eine Anwohnerin informierte mich 2012 über ihre Existenz, woraufhin ich Maßnahmen bei der Stadtverwaltung und den Verantwortlichen für das Kulturerbe ergriff, um den Erhalt dieses historischen Elements zu sichern. Die alten Steine wurden durch neue ersetzt, und Jérôme Bonnin rekonstruierte die Sonnenuhr originalgetreu. Nach mehr als elf Jahren Wartezeit war das gnomonische Erbe der Kirche Flers-Bourg endlich gerettet. |             | <b>Christian Druon</b>                   | <b>51</b> |
| <b>Restaurierung der Sonnenuhr der Abtei Cadouin (24 480)</b> : Technische Beschreibung und detaillierte Schritte zur Restaurierung der Sonnenuhr im Kreuzgang der Abtei Cadouin.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             | <b>Jacques Garcia</b>                    | <b>58</b> |
| <b>Bestimmung der gnomonischen Deklination durch Messung der Schattenrichtung einer Kugel</b> : Methode des „Brettleins“ zur Messung der Sonnenuhr-Deklination ohne die Unsicherheiten eines Senklots.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             | <b>Gérard Hory</b>                       | <b>64</b> |
| <b>Vergleichende Studie zweier „Heuschreckenbeine“ (tragbare syrische Höhen-Sonnenuhr aus dem 12. Jahrhundert)</b> : Eine tragbare syrische Sonnenuhr aus dem 12. Jahrhundert tauchte 2022 bei einer Auktion auf und stellt das zweite bekannte Exemplar eines als „Heuschreckenbein“ (sâq al-jarâda) bezeichneten Typs dar. Nach einer allgemeinen Einführung zu diesem Typus wird das neue Exemplar anhand von Vergleichen mit dem einzigen bislang bekannten Exemplar, historischen Daten, mittelalterlicher arabisch-islamischer Gnomonik-Literatur sowie gnomonischen und epigraphischen Analysen untersucht. Auffällige Anomalien des Instruments treten dabei zutage.                                                    |             | <b>Fathi Jarray &amp; Éric Mercier</b>   | <b>71</b> |
| <b>Die Sonnenuhr von Morbihan von 1686</b> : Analyse einer horizontalen Sonnenuhr aus dem Jahr 1686, entdeckt in der Bretagne. Sie ist typisch für alte Sonnenuhren. Trotz ihrer präzisen Gestaltung bleiben einige Geheimnisse hinsichtlich der reichhaltigen Dekorationen. Ist der Stil wirklich ursprünglich ?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             | <b>Pierre Labat</b>                      | <b>85</b> |

Fortsetzung auf der nächsten Seite ...

**Die „Uhr von Sapience, der Weisheit“, Jean Fusoris und die mittelalterliche Gnomonik :** Die Miniatur der „Uhrenkammer“ im Manuskript IV 111 (fol. 13v) der Königlichen Bibliothek von Brüssel aus dem 15. Jahrhundert illustriert erstmals verschiedene Erfindungen im Bereich der Zeitmessung. Darüber hinaus besitzt sie eine wissenschaftliche Kohärenz, die bisher nicht erkannt wurde. Ihre Komposition dürfte mit Hilfe eines hochqualifizierten Sonnenuhrenbauers oder Uhrmachers entstanden sein. Hinweise deuten darauf hin, dass Jean Fusoris (1365–1436) die dargestellten Erfindungen konzipiert haben könnte, insbesondere die polare Sonnenuhr.

Éric Mercier 92

**Sonnenuhren in der Schule :** Ratschläge und Erfahrungsberichte zur Einführung von Schülern in die Gnomonik und die Konstruktion einer horizontalen Sonnenuhr.

Jean-Claude Reita 104

**Die Sonnenuhr von 1810 oder „Fünf-Zwölf-Uhr“ :** Analyse einer horizontalen Sonnenuhr von 1810, die Stunden für verschiedene Längengrade angibt, jedoch zahlreiche Ungenauigkeiten und Fragen zur Geschichte des Instruments aufwirft.

Philippe Sauvageot 112

**Abschätzung der lokalen Zeit anhand der Koordinaten des Sonnenbilds auf einem lichtempfindlichen Sensor :** Ein Verfahren zur Abschätzung der gesetzlichen Uhrzeit eines Zeitonenbereichs basierend auf den erfassten Sonnenbild-Koordinaten eines Sensors.

Marc Sauzéat 125

**Drei Arten von Höhen-Sonnenuhren von Erasmus Habermel :** Eine Studie über eine Serie tragbarer Höhen-Sonnenuhren, die Erasmus Habermel in den 1580er Jahren anfertigte. Er gravierte vertikale Sonnenuhren, die mit einer Spiral- oder Herzkurve die Zeit anzeigen. Außerdem gibt es eine sehr seltene horizontale Variante dieses Sonnenuhrentyps. Formeln zur Berechnung von Breitengrad und Länge eines Gnomons auf diesen Sonnenuhren werden ebenfalls vorgestellt.

Denis Savoie 137

**Die Natur der Stundenkurven in den Höhen-Sonnenuhren von Erasmus Habermel :** Mathematische Analyse der Schattenbewegung auf den drei Sonnenuhren von Erasmus Habermel. Seine Anwendung der ekliptischen Länge der Sonne statt der üblichen Deklination verleiht den Sonnenuhren eine außergewöhnliche gnomonische und nomografische Präzision..

Dominique Collin 161

**Kanonische und Benediktinische Stunden (Fortsetzung aus Nr. 15, Mai 2007) :** Dieser Artikel ergänzt das Kapitel über "Kanonische Sonnenuhren", das in Ausgabe Nr. 15 von Cadran-Info erschien. Anlass ist die Wiederentdeckung einer dritten kanonischen Sonnenuhr, die ebenfalls zu einer Abtei gehört, die dem Zisterzienserorden zuzuordnen ist. Ihre Unterteilungen ähneln jenen, die bereits im Mai 2007 beschrieben wurden. Die Lektüre der Regel des heiligen Benedikt gibt keine eindeutige Antwort auf die Anordnung dieser Unterteilungen – abgesehen von der zeitlichen Schwankung der Stunde None. Auch die Untersuchung der allgemeinen Zisterzienser-Ordnung liefert keine klare Erklärung. Diese Kanoniale mit zwölf gleichmäßig unterteilten Sektoren zeigen durch ihre spezifischen Markierungen, dass die Regel des heiligen Benedikt den Gemeinschaften gewisse Anpassungen und Interpretationen ermöglichte.

Denis Schneider 187

**Datierung von Messinstrumenten :** Methoden zur Altersbestimmung von Messinstrumenten wie Sonnenuhren und Astrolabien anhand ihrer Schriftstile und der Entwicklung der Zahlennotation.

Jean Scordia 190

Fortsetzung auf der nächsten Seite ...

**Die zwölf Stunden der Nacht in einem ägyptischen Sarkophag :**

Analyse der Inschriften in einem ägyptischen Sarkophag, die die Teilung der Nacht in zwölf Stunden dokumentieren.

Jean Scordia

198

**Verschiedene Informationen :**

## ♣ Neueste Entdeckungen oder Errungenschaften :

- Zifferblatt in Saintes : Paul Gagnaire (CCS)
- Bifilare-Sonnenuhr : Jean-Pakhomoff (CCS)
- Diptychon des Museums von Cherbourg : Éric Mercier (CCS)
- Analemmatische Sonnenuhr in Eleto : Christian Lecointre
- Ehemaliges astronomisches Observatorium in Ägypten : Jean Scordia (CCS)
- Gruppe „Beratung zum Schutz des gnomonischen Erbes“ : Bernard Cura (CCS)
- Sonnenuhr von Claude Gahon (CCS) : „Or Oc“
- Sonnenuhr von Claude Gahon (CCS) : „Blaues Sonnenlicht“
- Sonnenuhr von Claude Gahon (CCS) : „Aster“
- Sonnenuhr von Claude Gahon (CCS) : „Sonnenstrahl“

## ♣ Gnomonische Briefe/E-Mails :

- Position der Sonne und Ephemeriden : Jean-Claude Berçu (CCS)
- Sonnenuhr in Saint-Paul de Fenouillet : Jean Scordia (CCS)
- Anhänger im Museum von Nyons : Jérôme Bonnin (CCS), Jean Scordia (CCS)
- Aktualisierung von Smartphone-Apps : César Busto (CCS)
- Wissensaustausch : Christophe Marion (CCS)
- Die Sonnenuhr des Petit Palais stirbt : Michel Lambalieu (CCS)
- Falschmeldungen : Éric Mercier (CCS), Fathi Jarray (Univ. De Tunis)
- Das „Gallische Dorf“ und seine Sonnenuhr : Jean-Paul Cornec (CCS)
- Das Kosmologieheft von S. Debarbat : Marc Sauzéat (CCS)
- Arbeitsauftrag : Didier Benoit (CCS)

**Beitrag : D. Benoit,  
J.-C. Berçu,  
J. Bonnin, JC. Busto,  
J.-P. Cornec, B. Cura,  
C. Druon,  
P. Gagnaire,  
Cl. Gahon, F. Jarray,  
M. Lambalieu,  
JC. Lecointre,  
É. Mercier,  
J. Pakhomoff,  
Ph. Sauvageot,  
M. Sauzéat,  
J. Scordia.**

▷

203

## ♣ Bücher :

- Sonnenuhr in Grenoble (Ch. Becquaert)
- Historischer Atlas des Himmels (Les Arènes)
- Urania Panormita (Maria Luisa Tuscano)

## ♣ Gnomonik weltweit :

- Zusammenfassungen der neuesten Zeitschriften oder Bulletins

## ♣ Lösung des Rätselworts in CI 50

## ♣ Finden Sie das Rätselwort

## ♣ Fotografische Anerkennung

## ♣ Index

In digitaler Version :

- Im „Sommaire.pdf“ gibt es Hyperlinks von den Titeln zu den PDF-Dateien ;
- Das Symbol  $\supseteq$  zeigt an, dass der Artikel durch eine detaillierte Studie, eine Software oder weitere Dokumente im „Anhänge“-Ordner ergänzt wird.



## Sumario de Cadran Info n°51



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-----------|
| <b>Los desconocidos de Saint-AUrique</b> : Investigación y análisis de un reloj de sol desaparecido de 6 líneas, a partir de una antigua fotografía conservada en el Museo de Toulouse.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $\supseteq$ | <b>Didier Benoît &amp; Paul Gagnaire</b> | <b>21</b> |
| <b>Usos de la joya matemática de John Blagrove</b> : En Cadran Info n°49, imprimimos y ensamblamos las distintas partes del instrumento para realizar una maqueta del astrolabio. En este artículo, vamos a utilizar este instrumento para resolver algunos problemas astronómicos presentados por John Blagrove en los libros 3 y 4 de su obra.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $\supseteq$ | <b>Sébastien Berriot</b>                 | <b>31</b> |
| <b>Historia del reloj de sol de la iglesia Saint-Pierre de Flers-Bourg en Villeneuve d'Ascq</b> : Este artículo presenta la historia de un reloj de sol situado en el muro de una iglesia del siglo XVI. Estaba grabado en una piedra muy frágil y estuvo a punto de desaparecer. Fue alguien que vive cerca de la iglesia quien me informó de su existencia en 2012. Entonces me dirigí al ayuntamiento y a los responsables de patrimonio para pedir que se salvara esta parte del patrimonio de la iglesia. Con las viejas piedras sustituidas por otras nuevas, Jérôme Bonnin ha recreado un reloj de sol exactamente igual al antiguo. Tras más de once años de espera, por fin se ha salvado el patrimonio gnomónico de la iglesia de Flers-Bourg. |             | <b>Christian Druon</b>                   | <b>51</b> |
| <b>Restauración del reloj de sol de la abadía de Cadouin (24480)</b> : Descripción técnica, paso a paso, de la restauración del reloj de sol del claustro de la abadía de Cadouin (24).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $\supseteq$ | <b>Jacques Garcia</b>                    | <b>58</b> |
| <b>Determinación de la declinación gnomónica midiendo la dirección de la sombra de una esfera</b> : Método de la plancheta sin los peligros de la plomada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             | <b>Gérard Hory</b>                       | <b>64</b> |
| <b>Estudio comparativo de dos "patas de saltamontes" (un cuadrante de altura portátil sirio del siglo XII)</b> : Un reloj de altura portátil sirio del siglo XII, subastado en 2022, es el segundo ejemplo conocido de un tipo llamado "pata de saltamontes" (sâq al-jarâda). Tras presentar algunos datos generales sobre este tipo de reloj de sol, examinamos el nuevo ejemplo a la luz de (1) una comparación con el único ejemplo conocido anteriormente, (2) datos históricos, (3) literatura gnomónica árabe-musulmana medieval, (4) consideraciones sobre su disposición gnomónica y (5) un análisis epigráfico. Estos análisis ponen de relieve algunas anomalías notables de este instrumento.                                                 |             | <b>Fathi Jarray &amp; Éric Mercier</b>   | <b>71</b> |
| <b>Reloj de sol de Morbihan de 1686</b> : Análisis de un reloj de sol horizontal fechado en 1686, hallado en Bretaña. Es típico de los relojes de sol antiguos. Aunque está bien dibujado, todavía quedan algunos misterios en torno a la interpretación de las ricas decoraciones. ¿Es realmente original el estilo ?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             | <b>Pierre Labat</b>                      | <b>85</b> |

Continúa en la página siguiente ...

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------|------------|
| <p><b>El reloj de Sapience, Jean Fusoris y la gnomónica medieval :</b> La miniatura de la "Sala del Reloj", que forma parte del manuscrito IV 111 (<i>fol. 13v</i>) de la Biblioteca Real de Bruselas (siglo XV), ilustra por primera vez en la historia varios inventos en el campo de la medición del tiempo. Muestro que también posee una coherencia científica que no había sido demostrada anteriormente. Su composición se benefició sin duda de la ayuda de un gnomonista/relojero de alto nivel. Hay indicios de que se trata de Jean Fusoris (1365-1436), que pudo ser el responsable de las invenciones ilustradas, en particular el estilo polar.</p>                                                                                                                                                           |   | <b>Éric Mercier</b>       | <b>92</b>  |
| <p><b>Dials escolares :</b> Consejos y reacciones de la iniciación de los jóvenes a la gnomónica y a la construcción de un reloj de sol horizontal.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   | <b>Jean-Claude Reita</b>  | <b>104</b> |
| <p><b>Reloj de sol de 1810 o "reloj de sol de las cinco doce" :</b> Análisis de un reloj de sol horizontal fechado en 1810, con la originalidad de mostrar las horas en diferentes longitudes. Desgraciadamente, hay una serie de aproximaciones e interrogantes sobre su historia.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ≥ | <b>Philippe Sauvageot</b> | <b>112</b> |
| <p><b>Estimación de la hora civil local a partir de la observación de las coordenadas de la imagen del sol recogida en un sensor fotosensible :</b> Este artículo presenta un enfoque para estimar la hora civil de una zona horaria a partir de las coordenadas de la imagen del sol recogida por un sensor fotosensible.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   | <b>Marc Sauzéat</b>       | <b>125</b> |
| <p><b>Tres tipos de relojes de sol a la altura de Erasmus Habermel :</b> Este artículo es un estudio de una serie de relojes de sol de altura portátiles fabricados por Erasmus Habermel en los años 1580. Grabó esferas verticales orientadas hacia el Sol en las que la hora se indica en curvas en espiral o en forma de corazón, así como una versión en la que la esfera de altura es horizontal, muy poco frecuente. También se dan las fórmulas para encontrar la latitud y la longitud de un gnomon en estos diales de altura.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   | <b>Denis Savoie</b>       | <b>137</b> |
| <p><b>Naturaleza de las curvas horarias en los cuadrantes de altura de Erasmo Habermel :</b> Este artículo es un estudio matemático de la trayectoria del extremo del punto de sombra del gnomon en los tres relojes de sol de altura de Erasmus Habermel, cuya descripción gnomónica completa se presenta en este mismo <i>Cadran Info</i> de Denis Savoie. La verdadera inventiva reside en el hecho de que Habermel utiliza la longitud eclíptica del Sol en lugar de la declinación habitualmente utilizada en los relojes de sol verticales, lo que confiere a estos últimos un aspecto nomográfico y gnomónico excepcional y raro.</p>                                                                                                                                                                                | ≥ | <b>Dominique Collin</b>   | <b>161</b> |
| <p><b>Canónicos y horas benedictinas (continuación del n°15, <i>Cadran Info</i> mayo de 2007) :</b> Este artículo completa el capítulo del artículo "Diales canónicos" aparecido en el n°15 de <i>Cadran-Info</i> a raíz del redescubrimiento de un tercer canónico perteneciente también a una abadía vinculada al árbol cisterciense y que presenta subdivisiones bastante similares a las descritas en mayo de 2007. La lectura de la Regla de Benito no aporta ninguna respuesta a la ubicación de estas subdivisiones, aparte de la fluctuación de la hora de Ninguna. Un estudio de la costumbre general cisterciense tampoco aporta una solución. Las subdivisiones de estos cánones con 12 sectores iguales revelan que la Regla de Benito permitía a las comunidades hacer ciertos ajustes e interpretaciones.</p> |   | <b>Denis Schneider</b>    | <b>187</b> |
| <p><b>Datación de instrumentos de medición :</b> Enfoques para la datación de instrumentos de medida como relojes de sol, astrolabios ... a través del estilo de escritura, la evolución de la ortografía de los números ...</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   | <b>Jean Scordia</b>       | <b>190</b> |

Continúa en la página siguiente ...

**12 horas de la noche en un sarcófago :** Presentación de las inscripciones descubiertas en un sarcófago egipcio que presentan la división de la noche en doce horas.

Jean Scordia

198

### Informazioni varie :

#### ♣ Últimos descubrimientos o realizaciones :

- Reloj de sol en Saintes : Paul Gagnaire (CCS)
- Reloj de sol bifilar : Jean-Pakhomoff (CCS)
- Dípticos del museo de Cherburgo : Éric Mercier (CCS)
- Analemática en Eleto : Christian Lecointre
- Antiguo observatorio astronómico en Egipto : Jean Scordia (CCS)
- Grupo "Conseils à la Sauvegarde du Patrimoine Gnomonique" : Bernard Cura (CCS)
- Dial de Claude Gahon (CCS) : "Or Oc"
- Dial de Claude Gahon (CCS) : "Soleil bleu" (Sol azul)
- Dial de Claude Gahon (CCS) : "Aster"
- Dial de Claude Gahon (CCS) : "Rayon de Soleil" (Rayo de Sol)

#### ♣ Cartas/correos gnomónicos :

- Posición del Sol y efemérides : Jean-Claude Berçu (CCS)
- Reloj de sol de Saint-Paul de Fenouillet : Jean Scordia (CCS)
- Colgante del museo de Nyons : Jérôme Bonnin (CCS), Jean Scordia (CCS)
- Actualización de aplicaciones para smartphones : César Busto (CCS) ≥
- Compartir conocimientos : Christophe Marion (CCS)
- El reloj de sol del Petit Palais agoniza : Michel Lambalieu (CCS)
- Falso de falso : Éric Mercier (CCS), Fathi Jarray (Univ. De Tunis)
- La "aldea gala" y su reloj de sol : Jean-Paul Cornec (CCS)
- El cuaderno de cosmología de S. Debarbat : Marc Sauzéat (CCS)
- Contrato de obra : Didier Benoit (CCS)

#### contribución :

D. Benoit,  
J.-C. Berçu,  
J. Bonnin, JC. Busto,  
J.-P. Cornec, B. Cura,  
C. Druon,  
P. Gagnaire,  
Cl. Gahon, F. Jarray, 203  
M. Lambalieu,  
JC. Lecointre,  
É. Mercier,  
J. Pakhomoff,  
Ph. Sauvageot,  
M. Sauzéat,  
J. Scordia.

#### ♣ Los libros :

- Reloj solar de Grenoble (Ch. Becquaert)
- Atlas histórico del cielo (Les Arènes)
- Urania Panormita (Maria Luisa Tuscano)

#### ♣ Gnomónica del mundo

- Resúmenes de las últimas revistas y boletines.

#### ♣ Solución a la palabra misteriosa *Cadran Info* n°50.

#### ♣ Encuentre la palabra misteriosa

#### ♣ Créditos fotográficos

#### ♣ Índice

### En formato digital :

- en el "sumario.pdf", hipervínculos desde los títulos a los archivos .pdf;

- el símbolo  $\supseteq$  indica que el artículo se completa con un estudio detallado o programas informáticos u otros documentos en la carpeta "apéndices".



## Sommario di Cadran Info n°51



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                                          |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-----------|
| <b>Gli sconosciuti di Saint-Affrique</b> : Studio e analisi di una meridiana a sei linee perduta, basata su un'antica fotografia conservata dal Museo di Tolosa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $\supseteq$ | <b>Didier Benoît &amp; Paul Gagnaire</b> | <b>21</b> |
| <b>Utilizzi del "Gioiello Matematico" di John Blagrove</b> : In Cadran Info n. 49, abbiamo stampato e assemblato le diverse parti dello strumento per realizzare un modello dell'astrolabio. In questo articolo, utilizzeremo questo strumento per risolvere alcuni problemi di astronomia presentati da John Blagrove nei libri 3 e 4 della sua opera.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $\supseteq$ | <b>Sébastien Berriot</b>                 | <b>31</b> |
| <b>Storia della meridiana della chiesa di Saint-Pierre de Flers-Bourg a Villeneuve d'Ascq</b> : Questo articolo presenta la storia di una meridiana sul muro di una chiesa del XVI secolo. Era incisa su una pietra molto fragile e quasi scomparsa. Fu una persona che abitava vicino alla chiesa a informarmi della sua esistenza nel 2012. In seguito, avviai delle procedure presso il municipio e la Sovrintendenza ai Beni Culturali per richiedere la conservazione di questo elemento del patrimonio della chiesa. Dopo la sostituzione delle vecchie pietre con altre nuove, Jérôme Bonnin ricostruì una meridiana la cui presentazione è fedele a quella dell'originale. Dopo oltre undici anni di attesa, il patrimonio gnomonico della chiesa di Flers-Bourg fu finalmente salvato. |             | <b>Christian Druon</b>                   | <b>51</b> |
| <b>Restauro della meridiana dell'Abbazia di Cadouin (24 480)</b> : Descrizione tecnica passo a passo del restauro della meridiana nel chiostro dell'Abbazia di Cadouin (24).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $\supseteq$ | <b>Jacques Garcia</b>                    | <b>58</b> |
| <b>Determinazione della declinazione gnomonica misurando la direzione dell'ombra di una sfera</b> .Metodo del sunboard senza i rischi del filo a piombo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             | <b>Gérard Hory</b>                       | <b>64</b> |
| <b>Studio comparativo di due "gambe di cavalletta" (quadranti d'altezza portatili siriani del XII secolo)</b> : Un quadrante d'altezza portatile siriano del XII secolo è apparso all'asta nel 2022; costituisce il secondo esempio noto di un tipo chiamato "gamba di cavalletta" (sâq al-jarâda). Dopo aver presentato alcune informazioni generali su questo tipo di quadrante, esaminiamo il nuovo esempio alla luce di (1) un confronto con l'unico esempio precedentemente noto, (2) dati storici, (3) dalla letteratura gnomonica arabo-musulmana medievale, (4) da considerazioni sul suo tracciato gnomonico e (5) da un'analisi epigrafica. Queste analisi evidenziano notevoli anomalie su questo strumento.                                                                         |             | <b>Fathi Jarray &amp; Éric Mercier</b>   | <b>71</b> |
| <b>Quadrante del Morbihan del 1686</b> : Analisi di un quadrante orizzontale datato 1686, rinvenuto in Bretagna. È tipico dei quadranti antichi. Sebbene ben disegnato, permangono ancora alcuni misteri nell'interpretazione delle ricche decorazioni. Lo stile è davvero quello originale?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             | <b>Pierre Labat</b>                      | <b>85</b> |

Continua alla pagina successiva ...

... Continua dalla pagina precedente

**L'Orologio della Sapienza, Jean Fusoris e la Gnomonica Medievale :**

La miniatura della "Sala dell'Orologio", parte del manoscritto IV 111 (fol. 13v) della Biblioteca Reale di Bruxelles (XV secolo), illustra, per la prima volta nella storia, diverse invenzioni nel campo della misurazione del tempo. Dimostro che possiede anche una coerenza scientifica che non era stata precedentemente evidenziata. La sua composizione ha certamente beneficiato dell'assistenza di uno gnomonista/orologiaio di alto livello. Le prove suggeriscono che Jean Fusoris (1365-1436) potrebbe essere l'ideatore delle invenzioni illustrate, in particolare dello stile polare.

Éric Mercier 92

**Meridiane nelle scuole :** Consigli e feedback per introdurre i giovani alla gnomonica e alla costruzione di una meridiana orizzontale.

⊇ Jean-Claude Reita 104

**Meridiana del 1810 o "meridiana delle cinque-dodici" :** Analisi di una meridiana orizzontale del 1810, unica nel suo genere in quanto indica l'ora a diverse longitudini, ma che purtroppo rivela numerose approssimazioni e solleva interrogativi sulla sua storia.

⊇ Philippe Sauvageot 112

**Stima dell'ora civile locale osservando le coordinate dell'immagine solare acquisite da un sensore fotosensibile :** L'articolo proposto presenta un approccio per stimare l'ora civile di un fuso orario a partire dalla scelta delle coordinate dell'immagine solare acquisite da un sensore fotosensibile.

⊇ Marc Sauzéat 125

**Tre tipi di quadranti di altezza di Erasmus Habermel :** Questo articolo è uno studio di una serie di quadranti solari di altezza portatili realizzati da Erasmus Habermel negli anni '80 del Cinquecento. Ha inciso quadranti verticali orientati verso il Sole, dove l'ora è indicata su curve a spirale o a forma di cuore, nonché una versione con quadrante d'altezza orizzontale, molto raro. Vengono fornite anche le formule per trovare la latitudine e la lunghezza di uno gnomone su questi quadranti solar di altezza.

Denis Savoie 137

**Natura delle curve orarie negli orologi solari di altezza di Erasmus Habermel :** Questo articolo è uno studio matematico della traiettoria della punta dell'ombra dello gnomone nei tre orologi solari altimetrici di Erasmus Habermel, la cui descrizione gnomonica completa è presentata proprio in questo stesso numero di Cadran Info da Denis Savoie. La vera innovazione risiede nell'uso da parte di Habermel della longitudine eclittica del Sole al posto della declinazione solitamente utilizzata negli orologi solari altimetrici, conferendo loro un aspetto nomografico e gnomonico eccezionale e raro.

⊇ Dominique Collin 161

**Quadranti canonici e Ore Benedettine (continua dal n. 15 di Cadran-Info, maggio 2007) :** Questo articolo integra il capitolo "Quadranti Canonici" pubblicato nel n. 15 di Cadran-Info in seguito alla riscoperta di un terzo quadrante canonico, anch'esso appartenente a un'abbazia collegata all'albero cistercense e che presenta suddivisioni molto simili a quelle descritte nel maggio 2007. Una lettura della Regola di San Benedetto non fornisce una risposta alla collocazione di queste suddivisioni, fatta eccezione per la fluttuazione dell'ora di Nona. Uno studio del consuetudinario cistercense generale non fornisce ulteriori soluzioni. Questi quadranti canonici a 12 settori uguali rivelano, attraverso le loro suddivisioni, che la Regola di San Benedetto consentiva alle comunità alcuni adattamenti e interpretazioni.

Denis Schneider 187

Continua alla pagina successiva ...

... Continua dalla pagina precedente

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Datazione degli strumenti di misura :</b> Approcci alla datazione di strumenti di misura come meridiane, astrolabi, ecc., attraverso lo stile di scrittura, l'evoluzione della scrittura dei numeri, ecc.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Jean Scordia</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>190</b>        |
| <b>Le 12 ore della notte in un sarcofago :</b> Presentazione delle iscrizioni rinvenute in un sarcofago egizio che mostrano la divisione della notte in dodici ore.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Jean Scordia</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>198</b>        |
| <b>Informazioni varie :</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>♣ Ultime scoperte o creazioni di quadranti : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meridiana di Saintes : Paul Gagnaire (CCS)</li> <li>• Meridiana bifilare : Jean-Pakhomoff (CCS)</li> <li>• Dittici al Museo di Cherbourg : Éric Mercier (CCS)</li> <li>• Analematica di Eleto : Christian Lecointre</li> <li>• Ex Osservatorio Astronomico in Egitto : Jean Scordia (CCS)</li> <li>• Gruppo "Consigli per la conservazione del patrimonio gnomonico" : Bernard Cura (CCS)</li> <li>• Meridiana di Claude Gahon (CCS) : "Or Oc"</li> <li>• Meridiana di Claude Gahon (CCS) : "Soleil bleu"</li> <li>• Meridiana di Claude Gahon (CCS) : "Aster"</li> <li>• Meridiana di Claude Gahon (CCS) : "Rayon de Soleil"</li> </ul> </li> <li>♣ Lettere/e-mail gnomoniche : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posizione del Sole ed effemeridi : Jean-Claude Berçu (CCS)</li> <li>• Meridiana di Saint-Paul de Fenouillet : Jean Scordia (CCS)</li> <li>• Ciondolo al Museo di Nyons : Jérôme Bonnin (CCS), Jean Scordia (CCS)</li> <li>• Aggiornamenti dell'app per smartphone : César Busto (CCS)</li> <li>• Condivisione delle conoscenze : Christophe Marion (CCS)</li> <li>• La meridiana del Petit Palais sta morendo : Michel Lambalieu (CCS)</li> <li>• Falsi del falso : Éric Mercier (CCS), Fathi Jarray (Univ. di Tunisi)</li> <li>• Il "Villaggio Gallico" e il suo quadrante : Jean-Paul Cornec (CCS)</li> <li>• Il quaderno di cosmologia di S. Debarbat : Marc Sauzéat (CCS)</li> <li>• Contratto di lavoro a cottimo : Didier Benoit (CCS)</li> </ul> </li> <li>♣ Ultimi libri : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orologio solare di Grenoble (Ch. Becquaert)</li> <li>• Atlante storico del cielo (Les Arènes)</li> <li>• Urania Panormita (Maria Luisa Tuscano)</li> </ul> </li> <li>♣ Gnomonica del Mondo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riassunti delle ultime riviste o bollettini</li> </ul> </li> <li>♣ Soluzione della Parola Misteriosa di <i>Cadran Info</i> n°50.</li> <li>♣ Trovate la parola Misteriosa</li> <li>♣ Crediti fotografici</li> <li>♣ Indice</li> </ul> | <p><b>Contributo :</b><br/> <b>D. Benoit,</b><br/> <b>J.-C. Berçu,</b><br/> <b>J. Bonnin, J.C. Busto,</b><br/> <b>J.-P. Cornec, B. Cura,</b><br/> <b>C. Druon,</b><br/> <b>P. Gagnaire,</b><br/> <b>Cl. Gahon, F. Jarray,</b><br/> <b>M. Lambalieu,</b><br/> <b>J.C. Lecointre,</b><br/> <b>É. Mercier,</b><br/> <b>J. Pakhomoff,</b><br/> <b>Ph. Sauvageot,</b><br/> <b>M. Sauzéat,</b><br/> <b>J. Scordia.</b></p> | <p><b>203</b></p> |

In Versione digitale :

- Nel file "summary.pdf", collegamenti ipertestuali dai titoli ai file .pdf;
- Il simbolo  $\supseteq$  indica che l'articolo è integrato da uno studio dettagliato o da un software o altri documenti nella cartella "allegati".





---

# Les inconnus de Saint-Affrique

par DIDIER BENOÎT & PAUL GAGNAIRE

---

## MOTS CLEFS

Cadrans disparu; tracés multiples.

## RÉSUMÉ

Enquête et analyse d'un cadran solaires disparu à 6 tracés d'après une ancienne photographie conservée par le Muséum de Toulouse.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Première partie : l'enquête

L'enquête racontée ici nous a paru suffisamment singulière pour mériter un récit, même si elle comporte encore quelques zones d'ombre et si tout n'y est pas encore dit, car tout n'a pas encore été trouvé.

Tout a commencé par des recherches de Didier Benoît qui l'ont conduit jusqu'au Museum de Toulouse. Cet établissement est l'un des premiers à avoir archivé des photos, souvent sur plaques de verre, bien avant que les Monuments historiques ne fassent de même ; c'est ainsi un lieu de passage obligé pour toute restauration de cadrans solaires anciens. À cette occasion on lui a montré une photographie, ni datée, ni localisée, ni légendée, représentant un ensemble de six cadrans solaires ; la photo (Fig. 1 [page suivante](#)) avait été enregistrée, sous la référence MHNT.PHa.TIR.08.05. (Se reporter aux « *Crédits photographiques* » en fin de texte).

La voici déjà ici :

« Vous trouverez en PJ la photographie au format HD que nous vous autorisons à diffuser avec obligation d'y joindre le crédit : @Museum de Toulouse.  
Ainsi que le numéro d'inventaire : MHNT.PHa.TIR.08.05. »

On peut penser que cette photo est la plus ancienne connue, où le cadran solaire a été l'unique objet pour l'œil du photographe. Les photos du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle où l'on découvre des cadrans solaires ont été prises pour le support qui en est orné, par exemple, à la cathédrale d'Albi, (photo 1882), avec *Castor et Pollux* sur le Baldaquin qui les supporte. Les informations offertes par la photo, pour tenter de la localiser et de la dater, se bornaient à :

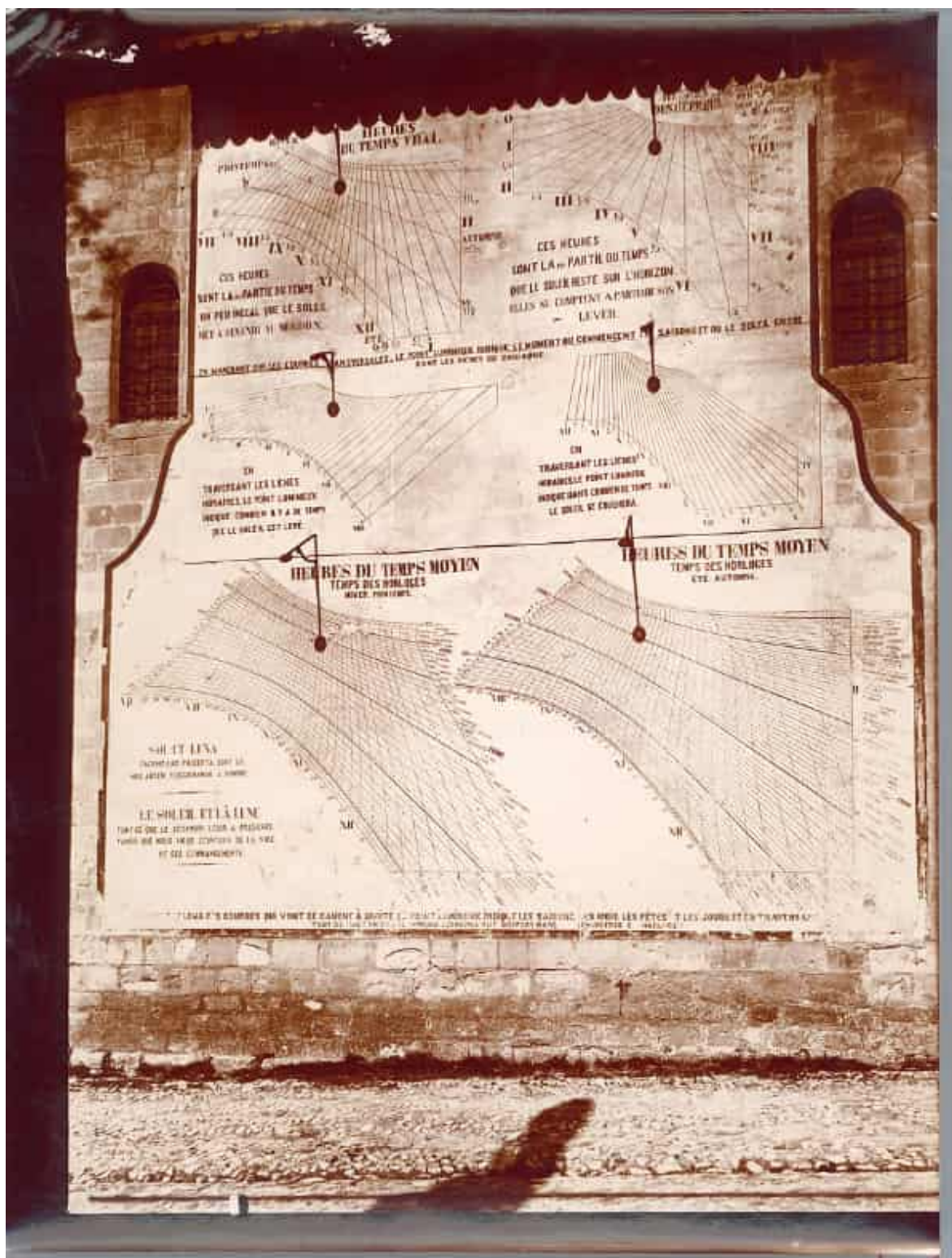


FIG. 1 – N° d'inventaire : MHNT.PHa.TIR.08.05. Crédit photographique : @Museum de Toulouse.

1. imposer une date-butoir amont, 1730, puisque les cadrans présentent la courbe de l'équation du temps en des séries de deux demi-huit.

2. suggérer que le mur porteur était celui d'une église, en raison de la présence de deux grandes ouvertures en plein cintre, de part et d'autre des cadrans supérieurs. Ce mur devait décliner fortement au Sud-Est ; au moins 45°/50°.
3. faire privilégier la ville de Saint-Affrique (Aveyron) dont le début du nom semble bien avoir été écrit en haut, à droite, au-dessus du cadran d'heures temporaires, appelées « Heures des Hébreux ».

C'est donc par l'église de Saint-Affrique que nous avons commencé notre enquête. La première étape fut sans appel : l'église actuelle, Notre-Dame de la Miséricorde, construite de 1894 à 1905, ne présente pas ces cadrans. Mais, avant elle, s'étaient élevées, au même emplacement et sous le même vocable, quatre autres églises ; la quatrième retenait particulièrement l'attention, car elle avait duré de 1620 à 1894 et son orientation convenait aux cadrans. L'actuelle, cinquième, avait totalement fait disparaître la quatrième, à l'exception d'une statue en bois doré du XV<sup>e</sup> siècle.

Voici des images qui s'harmonisent avec cette hypothèse.

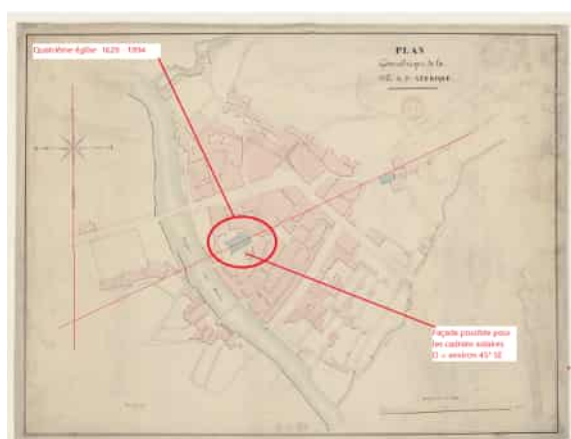


(a) La quatrième église de la ville construite au 17<sup>e</sup>



(b) Plan cadastral de la ville de Saint-Affrique dressé en 1810. Ici le centre-ville, le pont vieux, le pont neuf (Archives municipales).

**FIG. 2** – Sur l'image de droite, remarquer le Nord à gauche (flèche rouge) lorsque l'image est bien positionnée.



**FIG. 3** – Quatrième église : 1620-1894.

La date-butoir aval de la photographie est alors évidente : 1894, avec le début de la démolition de la quatrième église, ou peu après, pendant les travaux de démolition. Un extrait du document reçu

C'est alors qu'un message du Cercle généalogique de l'Aveyron (voir *Annexes* en fin d'article) validait l'hypothèse. Il citait un texte de V.A. Malte-Brun de 1880 décrivant Saint-Affrique en 1880 dont voici le passage capital pour notre enquête :

« (...) Cette ville possède un hôpital, un palais de justice, une église, édifice irrégulier et bizarre, qui présente, extérieurement, des cadrans astronomiques très compliqués et un temple protestant (...) ».

La date-butoir aval de la photographie est alors évidente : 1894, avec le début de la démolition de la quatrième église, ou peu après, pendant les travaux de démolition. Un extrait du document reçu

du Cercle généalogique de l'Aveyron, transformé en fichier PDF, est consultable à la fin de cette note. Le PDF complet est à la disposition du lecteur.

L'estampe (Fig. 4) montre cette église vue par son côté Sud-Est; ses quatre travées auraient pu contenir les cadrans, mais la dernière, bien dégagée, nous semble la plus propice.



FIG. 4 – Vue générale avec la quatrième église vue par son côté Sud-Est

Puis en Fig. 5 l'agrandissement de sa zone autour de l'église.

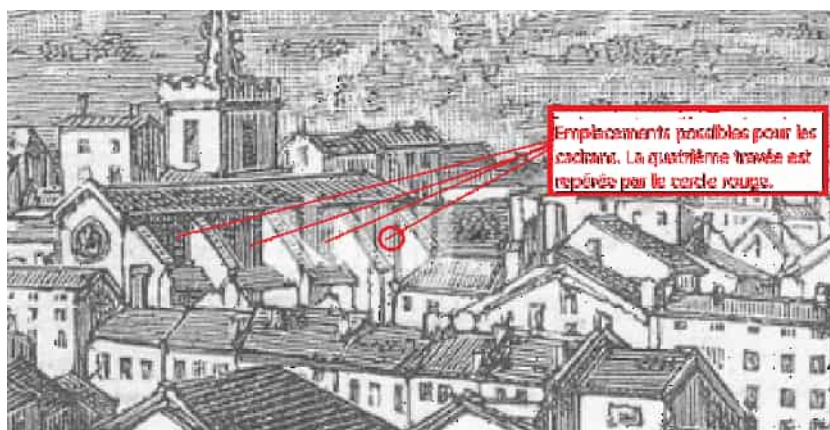


FIG. 5 – Agrandissement de la zone autour de l'église.

Et un zoom sur la quatrième église avec repérage de la quatrième travée SE, localisations possibles des cadrans (Fig. 6 [page ci-contre](#)).

**Conclusion provisoire.** Maintenant que la réponse est trouvée, il faudrait que nos recherches aillent dans deux directions :

- i) Trouver des images (photos, estampes, cartes postales ...) où les cadrans seraient discernables sur l'église.

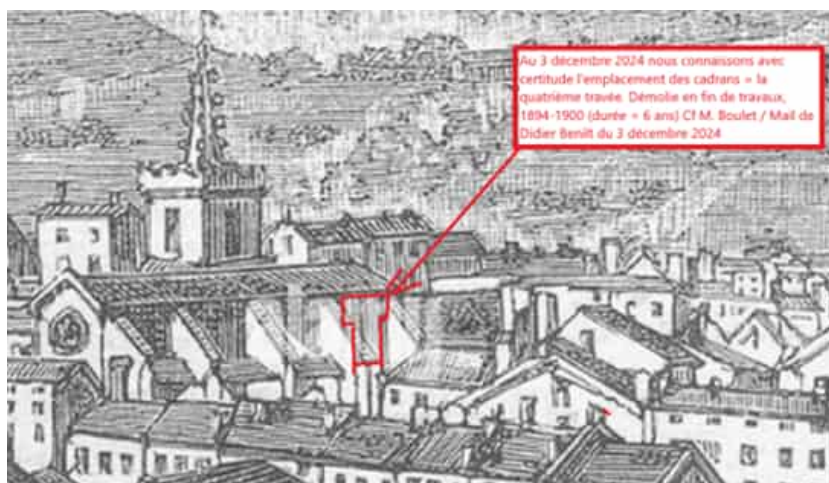


FIG. 6 – Repérage de 4<sup>e</sup> travée Sud-Est.

- ii) Trouver des textes qui en parleraient, depuis la simple description pour touristes, jusqu'à l'étude gnomonique. Mieux encore si celle-là avait été rédigée par leur auteur.

Déjà, nous avons eu connaissance de deux textes :

- un de 1893 d'un auteur anglais, Edward Harrison Barker (1851-1919) « *Récits de voyages en Aquitaine* » également cité dans les annexes.
- un autre de 1899, d'un auteur français, Adolphe Joanne, tiré du livre l'Aveyron aux éditions du bastion, « Dictionnaire des communes de l'Aveyron ».



FIG. 7 – Texte de 1893 d'Edward Harrison Barker.

## 2 Deuxième partie : rapide regard sur les cadrans

Cadran aux six tables, inconnu.

Première approche des cadrans.

Origine : Museum de Toulouse, le 4 novembre 2024.

- Source : Collections *Museum de Toulouse*.
- Référence : MHNT\_PHa\_TIR\_08\_05.
- Contact : Madame Julia Vila, chargée de recherches documentaires et des collections de miscellanées. Museum d'Histoire naturelle. Direction de la culture scientifique, technique et industrielle. Toulouse-Métropole, 35 Allée Jules Guesde, 31000-TOULOUSE.  
Tél : 05 31 22 92 14 // Mail : [collections.museum@toulouse-metropole.fr](mailto:collections.museum@toulouse-metropole.fr)

Voici deux captures de la photo MHNT\_PHa\_TIR\_08\_065 présentée dans la première partie avec les mots « HEBREUX » et « St-Affrique » encadrés (Fig. 8(a) & 8(b)).

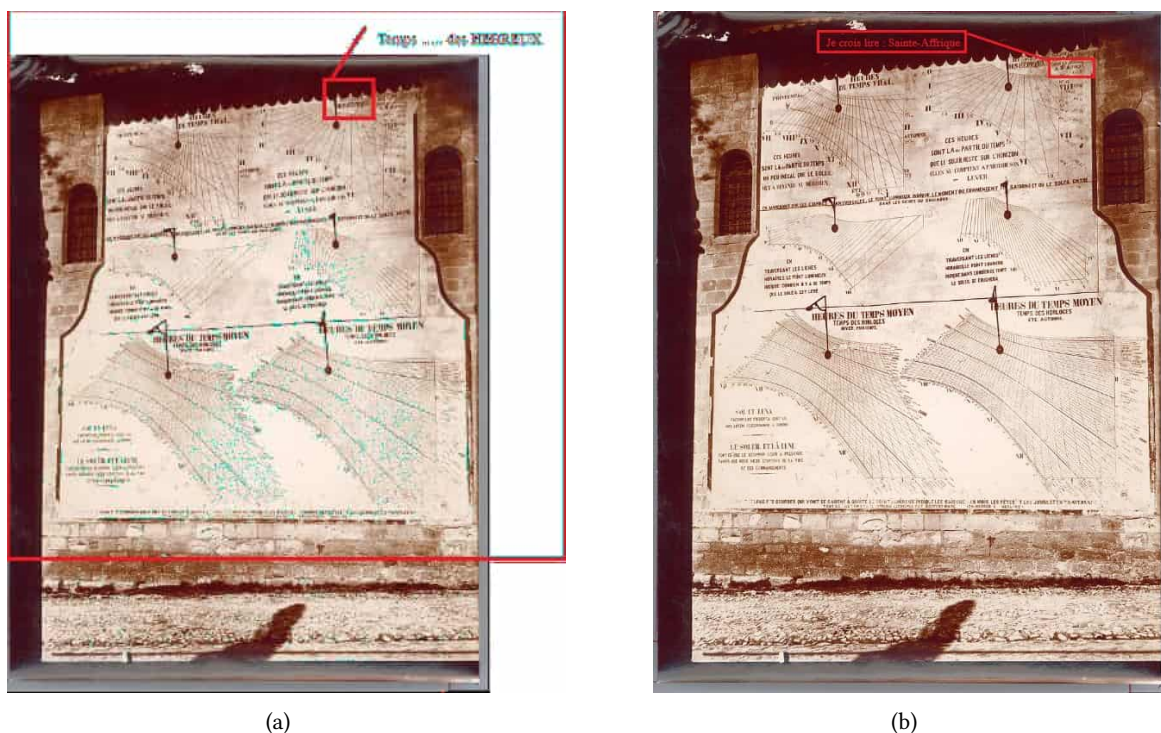


FIG. 8 – N° d'inventaire : MHNT.PHa.TIR.08.05. *Crédit photographique* : @Museum de Toulouse.

Et voici une autre capture (Fig. 9 page suivante) avec lecture automatique car la dernière inscription a été surchargée. Source Google Lens.

Le mur porteur des six cadrans semble appartenir à une église. Il décline vers le Sud-Est d'environ 45° à 50°.

Chacune des six tables est équipée d'un style, avec courte jambe d'appui, terminé par un œilleton. 1°)

1. Table 1, en haut à gauche : heures du temps vrai, de VII à XII à II. Heures rondes, demies et quarts d'heure. Les 7 arcs de déclinaison. Inscription « Ces heures sont la partie du temps, un peu inégal, que le Soleil met à revenir au méridien ». Donc avec équation du temps, ce qui signifie : plus récent que 1730 (Grandjean de Fouchy).
2. Table 2, en haut à droite : heures temporaires (antiques, inégales, judaïques, Bibliques), appelées « Heures des Hébreux ». Lecture de « St-Affrique ». Heures et demie-heures, numérotées de 0 à VI (sexe) à VIII. Arcs de déclinaison (18 ?). Inscriptions « Ces heures sont la partie du temps que le Soleil reste sur l'horizon. Elles se comptent à partir de son lever ».

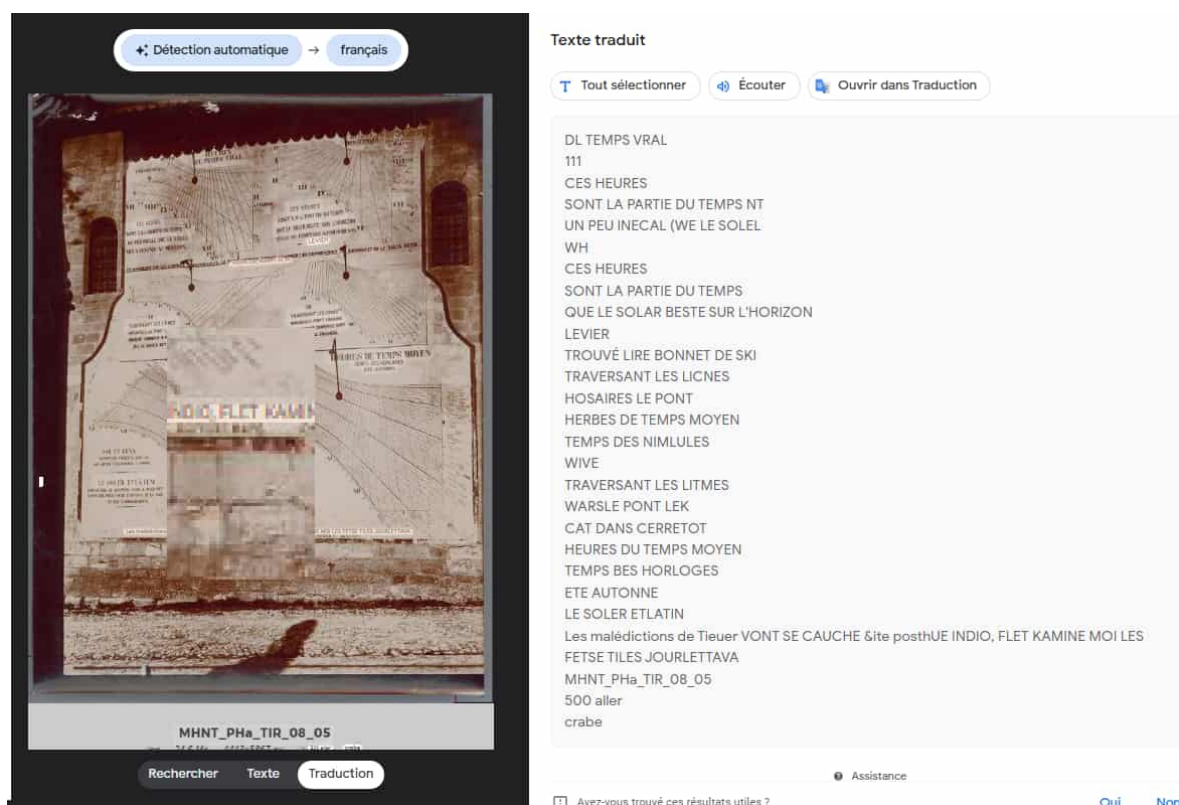


FIG. 9

3. Inscription séparant les deux tables du haut des deux tables intermédiaires : « *En marchant sur les courbes transversales, le point lumineux indique le moment où commencent les saisons et où le Soleil entre dans les signes du zodiaque* ». Évidemment, ces précisions ne peuvent concerner que les deux tables supérieures, puisque les deux tables intermédiaires ne comportent pas d'arcs de déclinaison.
4. Tables 3 et 4, intermédiaires, à gauche et à droite : heures babyloniennes et heures italiques (inversées). Les babyloniennes sont numérotées de I à VIII et les italiques de XII à IV.  
Inscriptions :  
Babyloniennes = « En traversant les lignes horaires, le point lumineux montre combien il y a de temps que le Soleil est levé ».  
Italiques = « En traversant les lignes horaires, le point lumineux montre dans combien de temps le Soleil se couchera ».
5. Tables 5 et 6, inférieures, à gauche et à droite : heures du temps moyen par des demi-huit. (Equation du temps = plus récent que 1730). Inscriptions : à gauche « Temps des horloges, hiver et printemps » ; à droite « Temps des horloges, été et automne ». Les heures sont numérotées de VII à XII à I sur chaque table. On compte (?) 6 courbes par heure, soit une toutes les 10 minutes. Les arcs de déclinaison sont les 7 usuels. Les points où ces arcs atteignent les bornes basses et dextres des courbes d'heures, repèrent des inscriptions encore illisibles qui pourraient être des noms de fêtes ou de saints. Le passage d'Edward Harrison Barker (1851-1919), en annexe, semble valider cette hypothèse en parlant des « âmes qui ont comparu devant le Tribunal de Dieu ».

6. Inscriptions dans l'angle inférieur gauche : « SOL ET LUNA FACIUNT ... » puis indéchiffrable. « LE SOLEIL ET LA LUNE, font ce que le Seigneur leur a prescrit, tandis que nous nous écartons de la voie de ses commandements ». = traduction du latin en français.
7. Inscriptions tout en bas des tables et semblant ne concerner que les deux tables inférieures et non l'ensemble de la composition gnomonique :
  - Sur la première ligne, on lit : « ... les courbes qui vont de gauche à droite, le point lumineux indique les saisons, les mois, les fêtes, les jours et, en traversant ... »
  - Sur la seconde ligne, on lit : « ... temps de ... »

**NB :** la recherche par Google-Lens a présenté une photographie (voir précédemment), non sourcée, sur laquelle la première ligne de cette inscription a été surchargée. Le résultat qui mêle les deux textes, donne, pour première ligne :

« Les malédictions de Tieur VONT DE GAUCHE une pour UE HOC FLET KAMINE les mois les fêtes et les jours ET TEVA ».

### Crédits photographiques : "©" Muséum de Toulouse

L'unique photo à partir de laquelle toute cette recherche a été conduite et tout cet article composé, provient du Muséum de Toulouse où elle est conservée sous le N° d'inventaire MHNT.PHa.TIR.08\_05.

Cette référence apparaît sous chaque photo. En Fig. 1 [page 22](#) telle qu'elle a été mise à notre disposition sous forme de cliché au format HD.

## 3 ANNEXES : Citation des auteurs mentionnés

### 3.1 Citation de Edward Harrison Barker

Récits de voyages en Aquitaine (« *Wanderings by southern waters : Eastern Aquitaine* ») d'Edward Harrison Barker réédités en 1983 : un récit plein d'humour...

« Il était tard quand j'arrivai à Saint-Affrique, et je crois qu'aucun vagabond n'arriva cette nuit-là plus fatigué que moi, car j'avais marché presque toute la journée sous un soleil brûlant. Mais bien que je me sois couché comme un cheval blasé, j'étais trop fiévreux pour dormir. Pour couronner le tout, il y avait un coq dans la cour, juste sous ma fenêtre, et cette créature diabolique considérait comme son devoir de chanter toutes les deux ou trois minutes après le coup de minuit. Comme je me suis alors mis dans les sentiments d'un homme que je connaissais qui, sous une provocation similaire, s'était levé de son lit et, prenant un couteau à découper dans la cuisine, avait tranquillement et adroitement coupé la tête du coq avant que l'oiseau étonné n'ait eu le temps de protester. Après avoir arrêté le chant et s'être assuré qu'il ne recommencerait pas, il retourna au lit et dormit du sommeil de l'innocent. Le lendemain matin, je sortis de bonne heure pour regarder les extraordinaires cadrans astronomiques de l'église paroissiale, qui couvraient une grande partie de la surface des murs extérieurs. Toutes les lignes droites, courbes et chiffres, ainsi que les inscriptions en latin, doivent avoir pour effet de convaincre la majorité des habitants que leur ignorance est désespérée. Un tel déploiement de science doit être comme un symbolisme de sorcier pour le peuple. Les

cadrans sont extrêmement curieux, et il y a des calculs vraiment étonnants, comme par exemple un tableau indiquant le nombre d'âmes qui ont comparu devant le Tribunal de Dieu. Près d'un grand cadran solaire sont ces mots solennels : *Sol et luna faciunt quae precepta sunt eis nos auterri pergrimamur a Domino*. L'église elle-même est l'une des constructions les plus fantastiquement laides qu'on puisse imaginer : tous les tours possibles de style et de goût semblent y avoir été joués. C'est un mélange de gothique lourd, d'italien et de l'abside est tordue... »

### 3.2 Extrait de la communication du Cercle généalogique de l'Aveyron

Il y avait autrefois à Saint Affrique un château fort. Bâtit sur un rocher inaccessible du côté du sud, il était protégé des trois autres côtés par d'épaisses et hautes murailles. Cependant, quoique fortifiée, Saint Affrique, au XIV<sup>e</sup> siècle n'était encore qu'une petite ville. Mais, pendant les guerres de religion, ayant été prise par les huguenots, ceux-ci réparèrent et augmentèrent ses fortifications, et elle devint une de leur place forte.

Assiégée par le prince de Condé, en 1628, elle résista, grâce à la valeur de ses habitants, secondés par les troupes que le duc de Rohan envoya à leur secours. Après trois assauts successifs et un combat des plus meurtrier, où l'on vit les femmes et les filles défendre la brèche, Condé repoussé, se retira ; mais l'année suivante, la ville se vit forcée de se soumettre à Louis XIII, qui la fit démanteler.

Depuis ce temps, renonçant à la politique, elle a tourné toute son activité vers le commerce.

Saint Affrique est située entre deux montagnes, dans un vallon des plus agréables, couvert de vignes et de prairies. Ses rues sont belles et larges, mais la plupart de ses maisons sont mal bâties. Deux ponts, dont l'un est attribué aux Anglais, y ont été construits sur la Sorgues, qui la sépare de son ancien faubourg, formant aujourd'hui un des quartiers de la ville.



FIG. 10 – Le pont vieux

Il ne reste plus rien des anciennes fortifications de Saint Affrique, mais une jolie promenade, dont les extrémités aboutissent aux deux ponts, l'entoure ; « ceinture plus gaie, dit un géographe, que de sombres murailles et de vieilles tours ».

Cette ville possède un hôpital, un palais de justice, une église, édifice irrégulier et bizarre qui présente extérieurement des cadrans astronomiques très compliqués, et un temple protestant remarquable. Il y avait, avant 1789, un chapitre collégial et deux couvents, l'un des cordeliers et l'autre des religieuses de Notre-Dame. Un vaste collège, fondé par les jésuites, y est administré par une société particulière.

### 3.3 Couverture, et mention de Saint-affrique et de ses "grands cadrans astronomiques" (page 102)

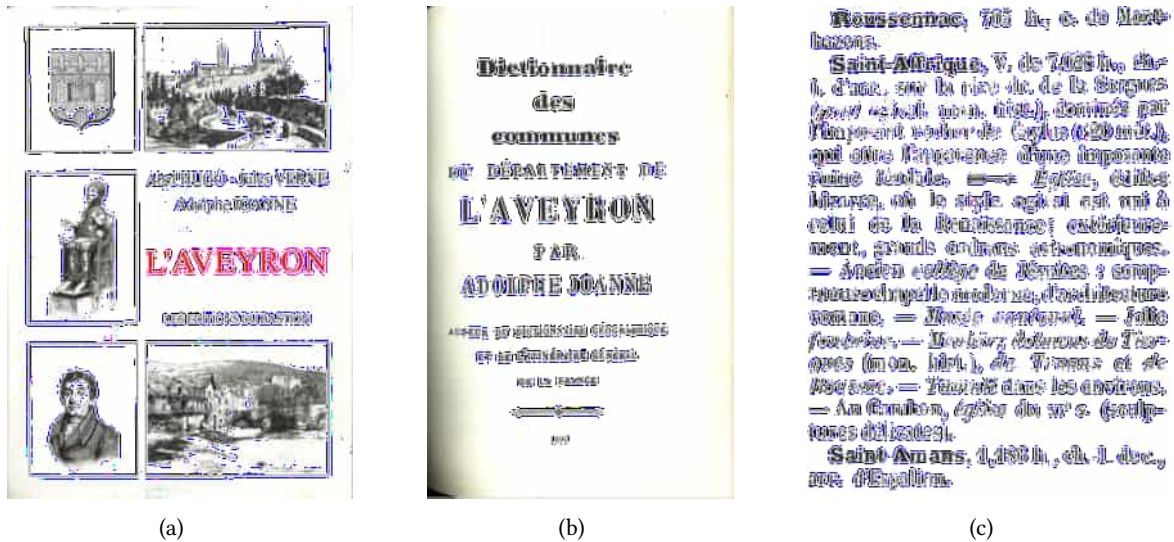


FIG. 11 – Extraits du « Dictionnaire des communes de l'Aveyron » d'Adolphe Joanne (éditions du Bastion).

#### En annexe de la version numérique :

Vous trouverez Le fichier :

- « Les\_inconnus\_de\_Saint-Affrique\_doc\_originale.pdf » est la formalisation originale de l'étude en 22 pages. Elle comporte en outre quelques photos en pleine page.

---

# Utilisations du « Mathematicall Jewell » de John Blagrave

par SÉBASTIEN BERRIOT

---

---

## MOTS CLEFS

Astrolabe ; Astrolabe universel ; John Blagrave.

---

## RÉSUMÉ

Dans *Cadran Info* n°49, nous avons imprimé et assemblé les différentes parties de l'instrument afin de fabriquer une maquette de l'astrolabe. Dans cet article, nous allons maintenant utiliser cet instrument pour résoudre quelques problèmes d'astronomie présentés par John Blagrave dans les livres 3 et 4 de son ouvrage.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Utilisations du « Mathematicall Jewell » de John Blabrave

Dans cet article, nous nous intéressons à la résolution de quelques problèmes d'astronomie relatifs au soleil en utilisant l'astrolabe de John Blagrave. Il s'agit de la deuxième partie d'une étude composée de cinq volets, dont voici le sommaire :

- I. Présentation des différentes parties de l'instrument.
- II. Résolution de problèmes relatifs au soleil.
- III. Quelques utilisations dans l'hémisphère Sud.
- IV. Quelques utilisations à des latitudes particulières.
- V. Résolution de problèmes relatifs aux étoiles.

Les parties I, III, IV et V sont fournies en annexe. Avant de lire le présent article, il est recommandé de commencer par la partie I, qui décrit en détail les différentes parties de l'instrument. La lecture des parties III, IV et V pourra ensuite être poursuivie selon l'intérêt du lecteur.

## 2 Résolution de problèmes relatifs au soleil

### 2.1 Problème n°1 : comment utiliser l'instrument pour mesurer la hauteur du soleil ou des étoiles ?

**Mesure de la hauteur du soleil** (Fig. 1 et Fig. 2).

Pour mesurer la hauteur du soleil, l'utilisateur doit maintenir l'astrolabe par l'anneau, bras tendu. Orienter l'alidade en direction du soleil, de façon que la lumière du soleil passe par le trou de la pinnule supérieure et ressorte par celui de la pinnule inférieure.

**On ne regarde pas le soleil à travers les pinnules, sous peine de brûlures irréversibles !**

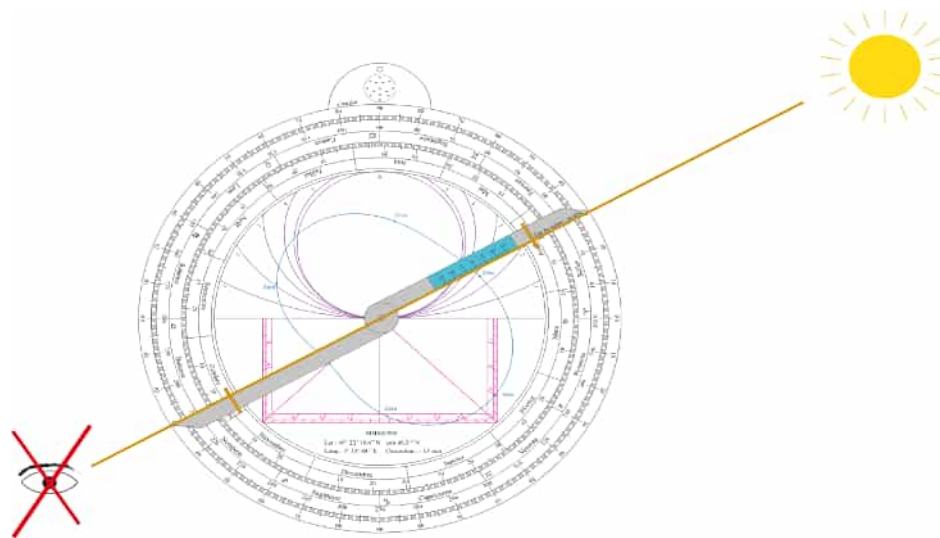


FIG. 1

La lecture de la hauteur mesurée se fait sur la 1<sup>re</sup> couronne graduée en degrés (Fig. 2).

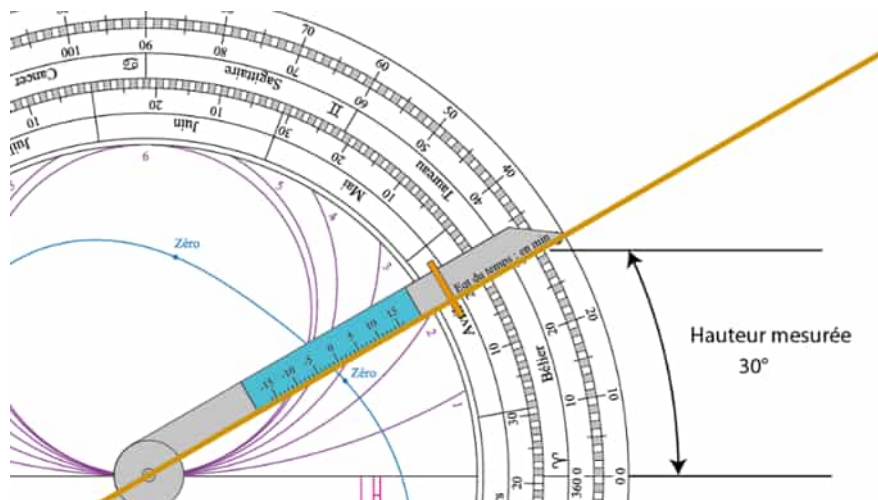


FIG. 2

### Mesure de la hauteur des étoiles (Fig. 3).

Pour mesurer la hauteur d'une étoile, l'utilisateur doit viser l'étoile par les trous des pinnules de l'alidade.

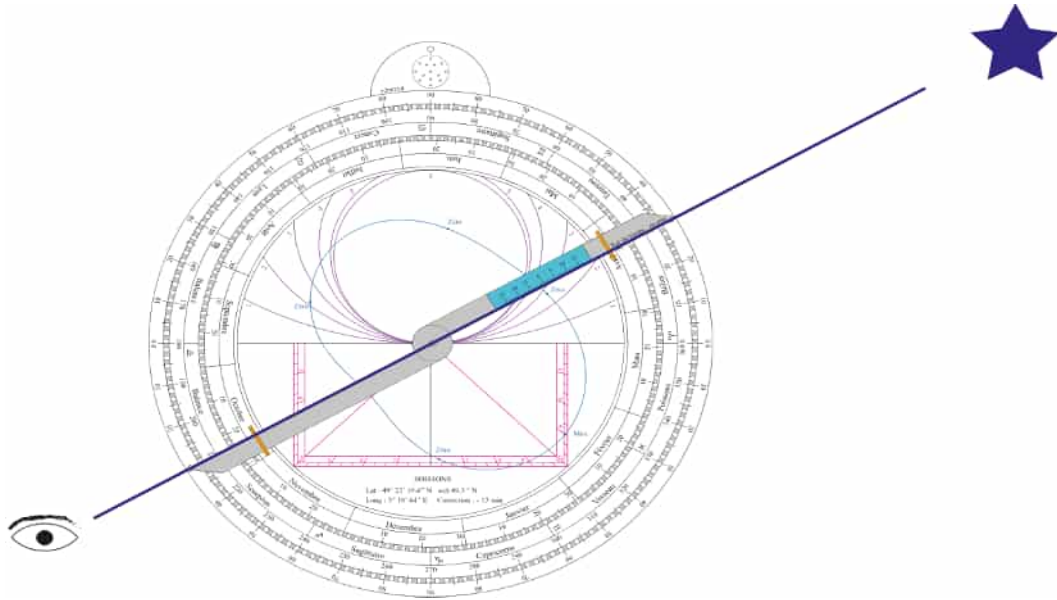


FIG. 3

## 2.2 Problème n°2 : connaissant la date, trouver la longitude éclipstique $\lambda_s$ du soleil

Pour déterminer la longitude éclipstique  $\lambda_s$  du soleil, on utilise le dos de l'astrolabe :  
Faire passer le biseau de l'alidade sur la date et lire la longitude sur la 2<sup>e</sup> couronne.

**Exemple 1 :** le 10 avril,  $\lambda_s = 20^\circ$  (Fig. 4).

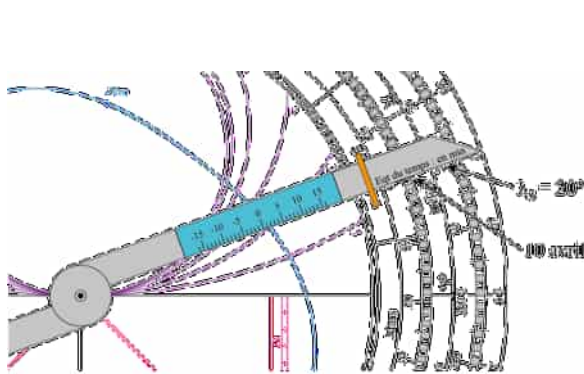


FIG. 4

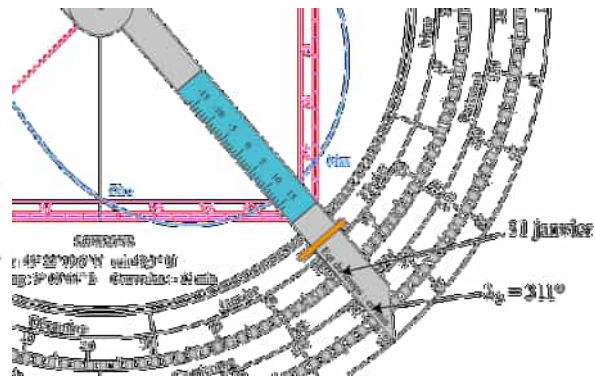


FIG. 5

**Exemple 2 :** le 31 janvier,  $\lambda_s = 311^\circ$  (Fig. 5).

### 2.3 Problème n°3 : connaissant la date, trouver la déclinaison $\delta_s$ et l'ascension droite $\alpha_s$ du soleil.

La déclinaison  $\delta_s$  et l'ascension droite  $\alpha_s$  du soleil se lisent sur la face avant de l'instrument, à partir de la longitude éclipstique  $\lambda_s$  déterminée dans le **problème n°2**.

Il y a deux méthodes.

#### 2.3.1 Méthode 1 : utilisation du tympan, du limbe et de l'ostenseur

**Exemple 1 :** le 10 avril (Fig. 6 et Fig. 7).

Repérer sur l'écliptique la longitude du soleil  $\lambda_s = 20^\circ$ , ainsi que le parallèle et le méridien passant par ce point.

Lecture de la déclinaison du soleil  $\delta_s$

Lire le degré du parallèle sur la troisième couronne du limbe de l'instrument. À cette date, on lit :  $\delta_s = +8^\circ$ .



FIG. 6

Lecture de l'ascension droite du soleil  $\alpha_s$

La lecture de l'ascension droite se fait entre le méridien central et le méridien passant par le point  $\lambda_s = 20^\circ$  de l'écliptique. On lit alors, sur l'ostenseur positionné horizontalement, le degré du méridien correspondant à une ascension droite  $\alpha_s = 18^\circ$ .

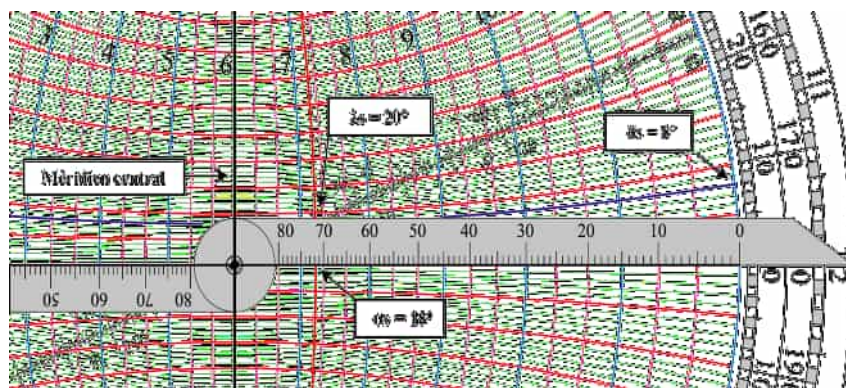


FIG. 7

**Sachant qu'un degré de méridien correspond à 4 min de temps**, on peut convertir l'ascension droite en heures et minutes.

$\alpha_s = 18^\circ$  correspond donc à  $\alpha_s = 72 \text{ min}$ , soit **1 h 12 min**.

**Remarque :** le repérage du parallèle est simple, car les parallèles sont gradués tous les  $1^\circ$ . En revanche, le repérage du méridien est moins aisé, car ils sont tracés tous les  $5^\circ$ . Il faudra donc procéder par interpolation et utiliser l'ostenseur en position horizontale pour obtenir une ascension droite aussi précise que possible en degrés.

Le 10 avril les coordonnées du soleil sont :  $\lambda_s = 20^\circ$ ,  $\delta_s = +8^\circ$ ,  $\alpha_s = 1 \text{ h } 12 \text{ min}$ .

**Exemple 2 :** le 31 janvier (Fig. 8).

Les coordonnées du soleil sont :  $\lambda_s = 311^\circ$ ,  $\delta_s = -18^\circ$ ,  $\alpha_s = 313^\circ$  soit **20 h 52 min**.

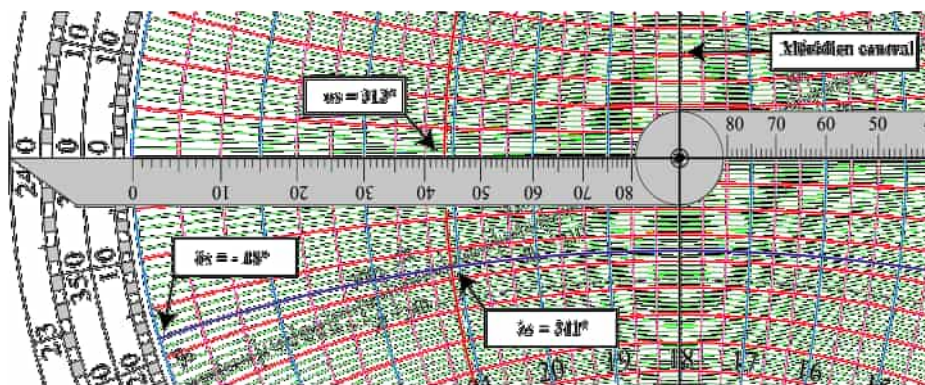


FIG. 8

### 2.3.2 Méthode 2 : utilisation de l'araignée et de l'ostenseur

**Exemple 1 :** le 10 avril (Fig. 9).

Repérer sur l'écliptique de l'araignée le point de longitude  $\lambda_s = 20^\circ$ , puis aligner le biseau de l'ostenseur avec ce point.

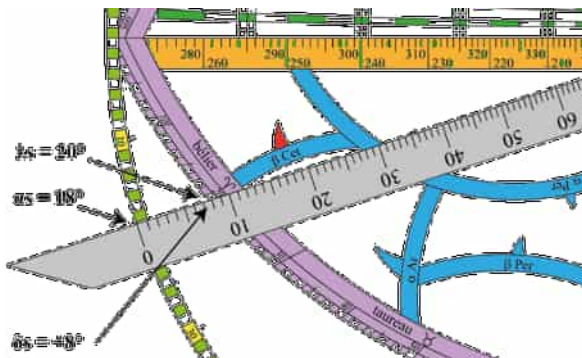


FIG. 9

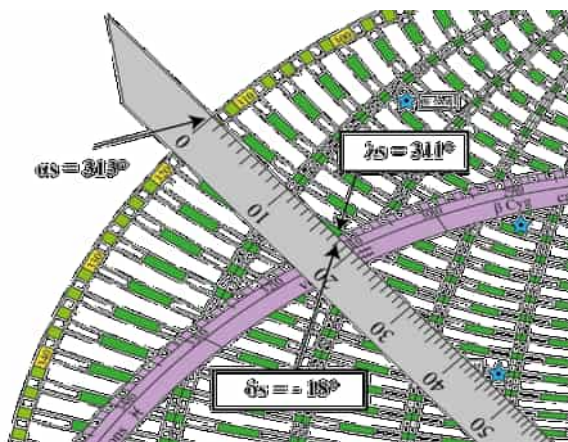


FIG. 10

Lecture de la déclinaison du soleil  $\delta_s$ .

Lire la valeur de la déclinaison du soleil sur les graduations de l'ostenseur, en respectant le signe.

Lecture de l'ascension droite du soleil  $\alpha_s$ .

Lire l'ascension droite sur la graduation externe de l'araignée, indiquée par le biseau de l'ostenseur.

On retrouve bien  $\delta_s = +8^\circ$  et  $\alpha_s = 18^\circ$ .

**Exemple 2 :** le 31 janvier (Fig. 10 page précédente), on trouve :  $\lambda_s = 311^\circ$ ,  $\delta_s = -18^\circ$ ,  $\alpha_s = 313^\circ$ .

## 2.4 Problème n°4 : connaissant la date et la latitude $\varphi$ , lire les heures de lever et du coucher du soleil. En déduire la durée du jour

**Exemple 1 :** le 11 mai à la latitude  $\varphi = 49^\circ$  N (Fig. 11 et Fig. 12 page suivante).

Les **problèmes n°2 et n°3** permettent de déterminer la déclinaison du soleil, et donc de repérer le parallèle décrit par le soleil.

Le 11 mai  $\lambda_s = 50^\circ$ ,  $\delta_s = +18^\circ$ .

On rappelle que le bord supérieur de la règle horizontale de l'araignée est appelé la ligne d'horizon. Pivoter l'araignée dans le sens horaire de manière que la règle horizontale indique, sur le limbe la graduation correspondant à la latitude de  $49^\circ$  N. **La latitude se lit entre l'axe vertical de l'astrolabe qui est la graduation  $0^\circ$  et le bord supérieur de la règle.** Autrement dit, l'araignée est pivotée dans le sens horaire d'un angle de  $90^\circ - 49^\circ$  soit  $41^\circ$  par rapport à l'horizontale.

Visualiser sur le tympan le point d'intersection C entre la ligne d'horizon de l'araignée et le parallèle de déclinaison  $+18^\circ$  décrit par le soleil en ce jour.

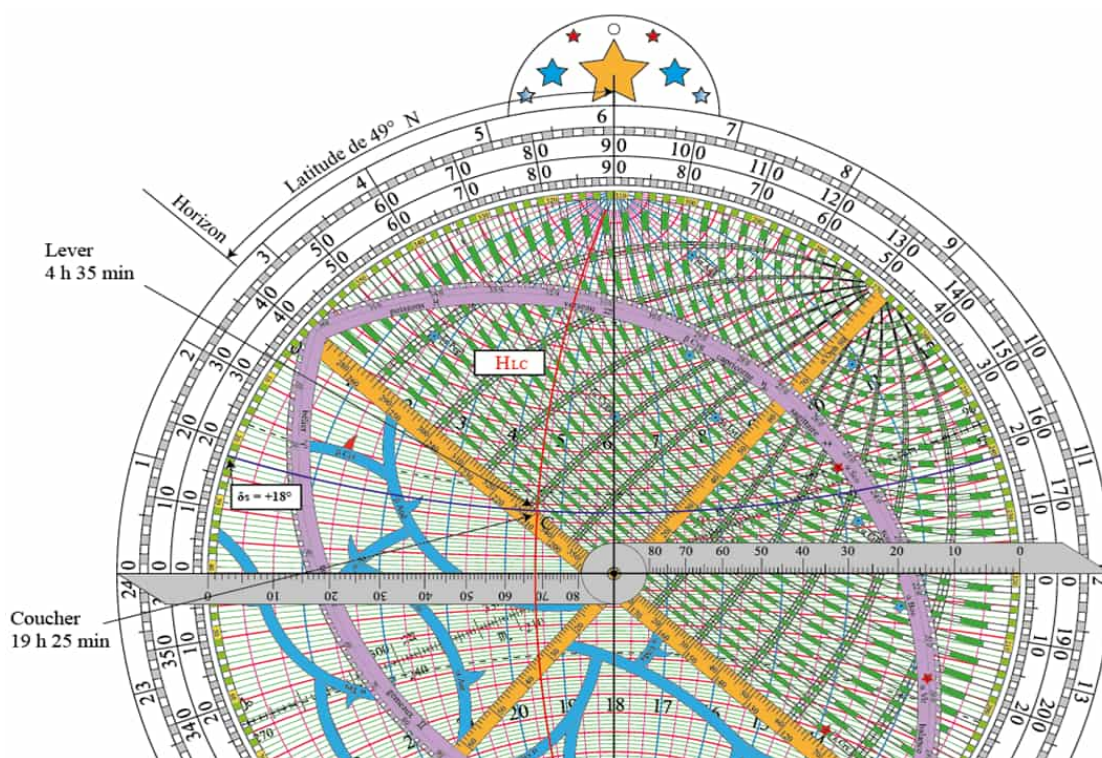


FIG. 11

### Heures solaires du lever et du coucher du soleil (Fig. 12)

Le cercle horaire  $H_{LC}$  passant par le point d'intersection indique les heures du lever et du coucher du soleil : **lever : 4 h 35 min,**  
**coucher : 19 h 25 min.**

### Durée du jour

La durée du jour n'est autre que la différence entre l'heure solaire du coucher et l'heure solaire du lever : 19 h 25 min – 4 h 35 min soit **14 h 50 min.**

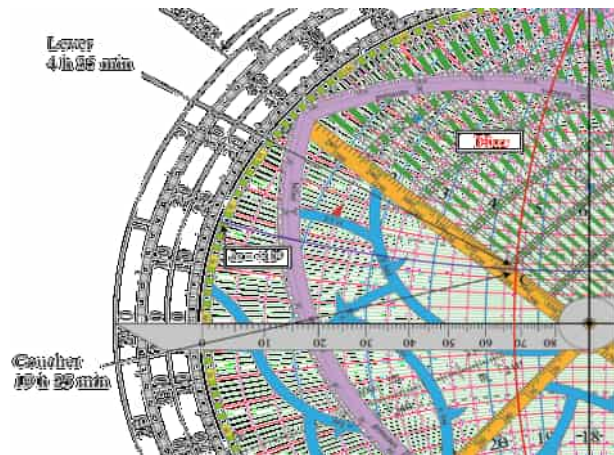


FIG. 12

**Exemple 2 :** le 25 octobre à la latitude  $\varphi = 30^\circ \text{N}$  (Fig. 13 et Fig. 14).

D'après les **problèmes n°2 et n°3**, pour ce jour  $\lambda_s = 211^\circ$ ,  $\delta_s = -12^\circ$ .

**Lever : 6 h 25 min      coucher : 17 h 35 min      durée du jour : 11 h 10 min.**

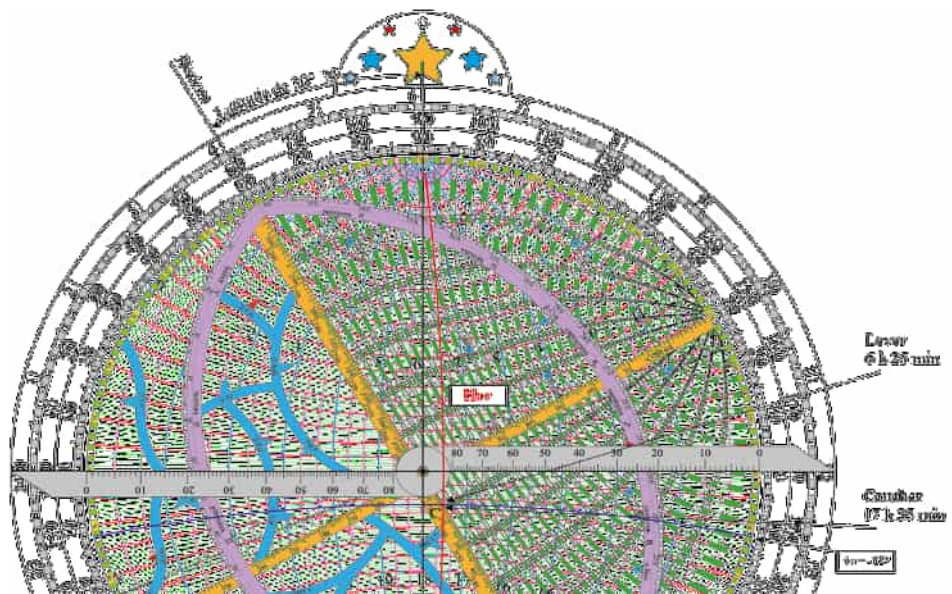


FIG. 13

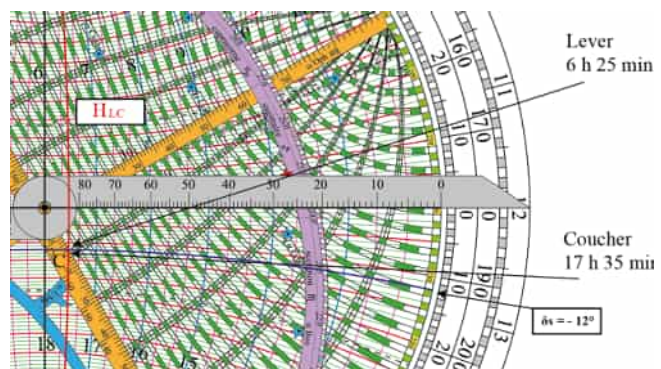


FIG. 14

## 2.5 Problème n°5 : connaissant la date, la latitude $\varphi$ , lire les azimuts de lever et du coucher du soleil

**Exemple 1 :** le 11 mai à la latitude  $\varphi = 49^\circ \text{ N}$  (Fig. 15).

Pour cela, l'astrolabe doit être réglé comme dans le **problème n°4**.

La lecture des azimuts de lever et de coucher du soleil se fait sur la ligne d'horizon de l'araignée, entre le méridien sud et le point C. Autrement dit, il s'agit de la longueur  $C'C$ .

On lit alors : **azimut au lever** :  $-118^\circ$       **azimut au coucher** :  $+118^\circ$ .



FIG. 15



FIG. 16

**Exemple 2 :** le 25 octobre à la latitude  $\varphi = 30^\circ \text{ N}$  (Fig. 16).

**Azimut au lever** :  $-76^\circ$       **Azimut au coucher** :  $+76^\circ$ .

## 2.6 Problème n°6 : connaissant la date, la latitude et la hauteur du soleil, déterminer l'heure solaire et l'azimut du soleil

**Exemple 1 :** le 13 août à la latitude de  $\varphi = 40^\circ \text{ N}$  on a mesuré une hauteur  $h = 50^\circ$  du soleil avant son passage au méridien (Fig. 17 et Fig. 18 page suivante).

Pour ce jour, les coordonnées du soleil sont :  $\lambda_s = 140^\circ$ ,  $\delta_s \approx +15^\circ$ .

Repérer sur le tympan le parallèle de déclinaison  $+15^\circ$ .

Régler l'astrolabe à la latitude  $40^\circ \text{ N}$  et repérer sur l'araignée le parallèle de hauteur  $h = 50^\circ$ .

### Lecture de l'heure solaire

La lecture de l'heure solaire se fait en repérant sur le tympan le méridien qui passe par le point d'intersection  $P$  entre le parallèle de déclinaison du tympan et le parallèle de hauteur de l'araignée. Sachant que la hauteur du soleil est mesurée avant le passage du soleil au méridien on lit alors  **$H \approx 9 \text{ h } 35 \text{ min}$** .

### Lecture de l'azimut

On visualise le méridien du rete passant par le point d'intersection  $P$ . L'azimut du soleil se lit sur la règle centrale du rete entre  $C'$  et  $C$ . Sachant que la hauteur du soleil est mesurée avant le passage du soleil au méridien on lit alors  **$A \approx -61^\circ$** .

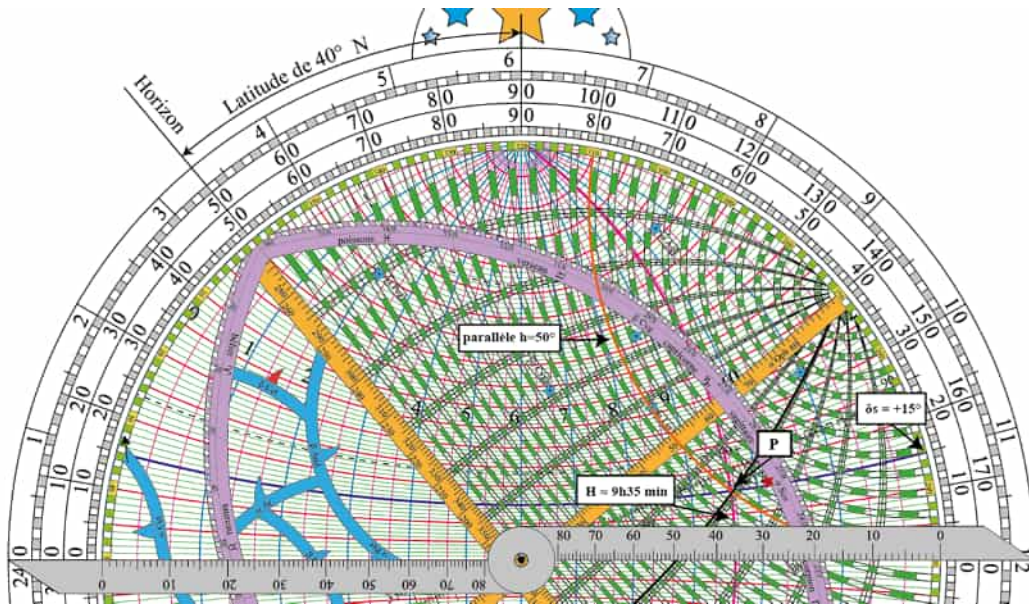


FIG. 17

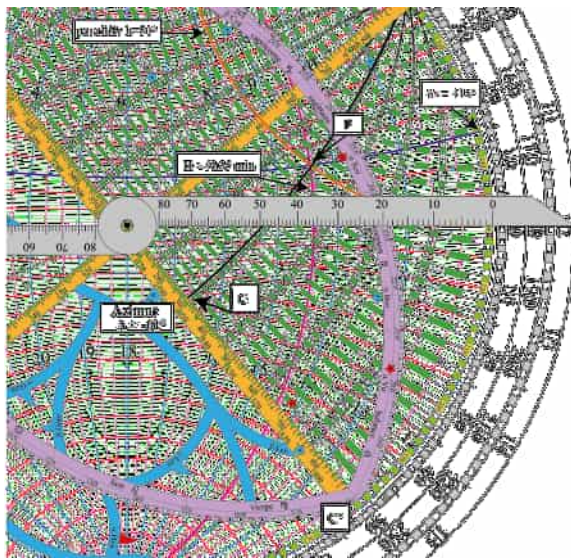


FIG. 18



FIG. 19

**Exemple 2 :** le 25 octobre à la latitude  $\varphi = 30^\circ \text{ N}$  on a mesuré une hauteur  $h = 39^\circ$  du soleil après son passage au méridien. (Fig. 19)

Pour ce jour, les coordonnées du soleil  $\lambda_s = 211^\circ$ ,  $\delta_s = -12^\circ$ .

Procéder comme précédemment et lire alors :  $H \approx 14 \text{ h } 00 \text{ min}$  et  $A \approx +39^\circ$  puisque la mesure est faite après le passage du soleil au méridien.

## 2.7 Problème n°7 : connaissant la date, l'azimut et la hauteur du soleil, déterminer l'heure solaire, et la latitude du lieu

**Exemple :** le matin du 11 mai, les coordonnées horizontales du soleil ont été mesurées du côté **sud-est** : Hauteur :  $h \approx 34^\circ$ , Azimut :  $A \approx -96^\circ$  (Fig. 20, Fig. 21 et Fig. 22).

Pour ce jour, lire à l'astrolabe :  $\lambda_s = 50^\circ$ ,  $\delta_s = +18^\circ$ .

Visualiser, sur le tympan de l'astrolabe, le parallèle de déclinaison  $+18^\circ$ , et, sur l'araignée, le point d'intersection  $P$  entre le parallèle de hauteur  $34^\circ$  et le méridien d'azimut  $96^\circ$  (Fig. 20).

Remarque : dans cet exemple, les graduations de la règle horizontale de l'araignée sont masquées par la partie centrale de l'ostenseur. Ce dernier, a été retiré afin de faciliter la lecture de l'azimut.

Pivoter l'araignée dans le sens horaire jusqu'à ce que le point  $P$  coupe le parallèle de déclinaison  $+18^\circ$  sur le tympan (Fig. 21).

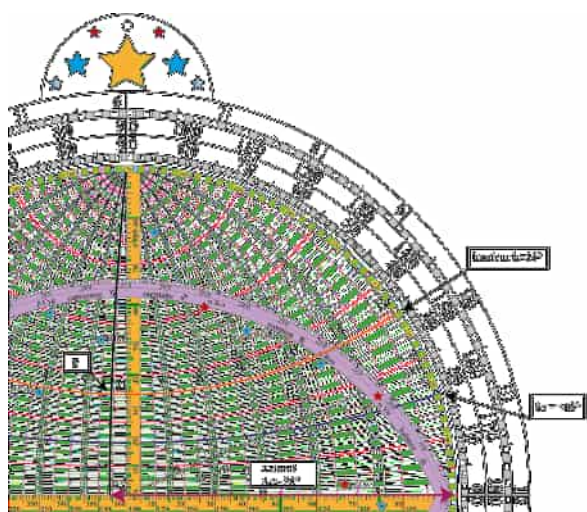


FIG. 20



FIG. 21

### Lecture de l'heure solaire :

La lecture de l'heure solaire se fait en visualisant le méridien passant par le point d'intersection  $P$ . On lit  $H = 8 \text{ h } 00$  (Fig. 22).

### Lecture de la latitude :

La latitude se lit sur la couronne 1 du limbe entre l'axe vertical de l'astrolabe qui correspond à la graduation  $0^\circ$  et le bord supérieur de la règle de l'araignée. On lit  $\varphi = 25^\circ \text{ N}$  (Fig. 22).

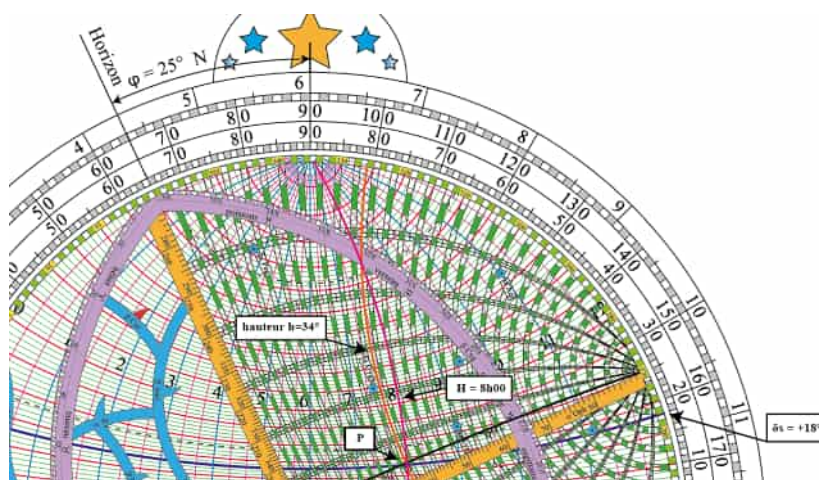


FIG. 22

## 2.8 Problème n°8 : connaissant la déclinaison du soleil $\delta_s$ et la hauteur méridienne, trouver la latitude du lieu $\varphi$ et inversement

### 2.8.1 Détermination de la latitude du lieu $\varphi$

**Exemple :** le 11 mai (Fig. 23 et Fig. 24).

À cette date, on rappelle que  $\lambda_s = 50$ ,  $\delta_s = +18^\circ$ .

Mesurer la hauteur méridienne en utilisant la méthode décrite au **problème n°1**. À cette date, la hauteur méridienne est de  $59^\circ$ .

Repérer sur le tympan le parallèle de déclinaison  $+18^\circ$  et sur l'araignée le parallèle de hauteur  $59^\circ$ .

Pivoter l'araignée dans le sens horaire afin que le parallèle de hauteur visualisé précédemment coïncide avec le parallèle de déclinaison  $+18^\circ$ .

Lire la latitude :  $\varphi = 49^\circ$ .

FIG. 23

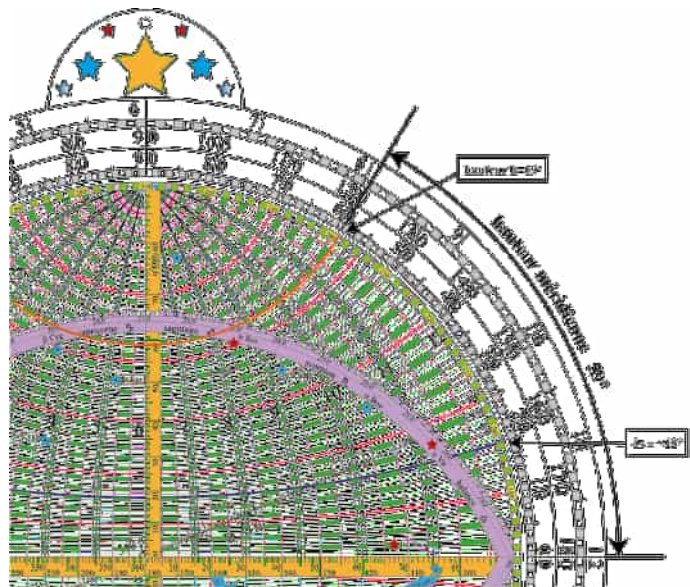
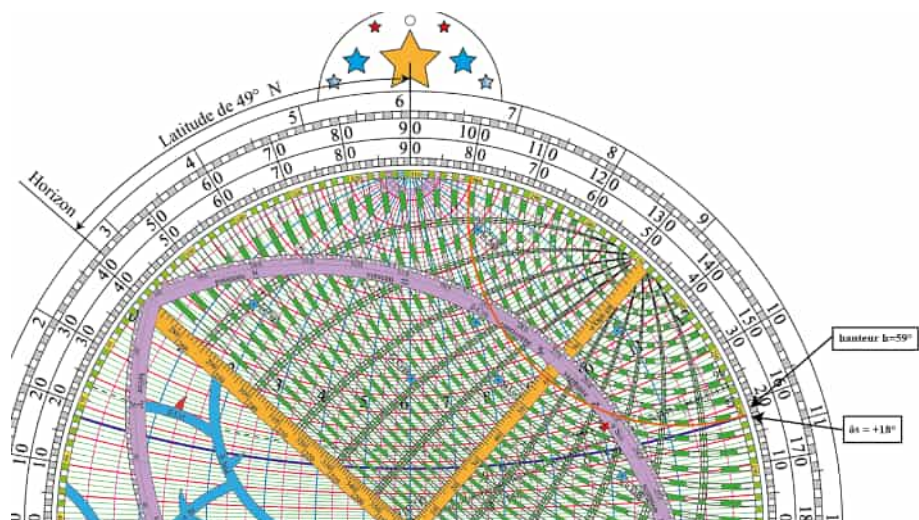


FIG. 24



### 2.8.2 Détermination de la déclinaison du soleil $\delta_s$ connaissant $\varphi$

**Exemple :** à la latitude  $\varphi = 35^\circ$  et la hauteur méridienne est de  $45^\circ$  un jour en Automne (Fig. 25 et Fig. 26).

Repérer sur l'araignée le parallèle de hauteur  $45^\circ$  qui correspond à la hauteur méridienne mesurée un jour d'hiver, puis régler l'astrolabe à la latitude  $\varphi = 35^\circ$ .

Visualiser sur le tympan le parallèle de déclinaison qui est en contact avec le parallèle de hauteur de  $45^\circ$ .

Lire la déclinaison :  $\delta_s = -10^\circ$ . Cette déclinaison du soleil est celle du 20 Octobre.



FIG. 25

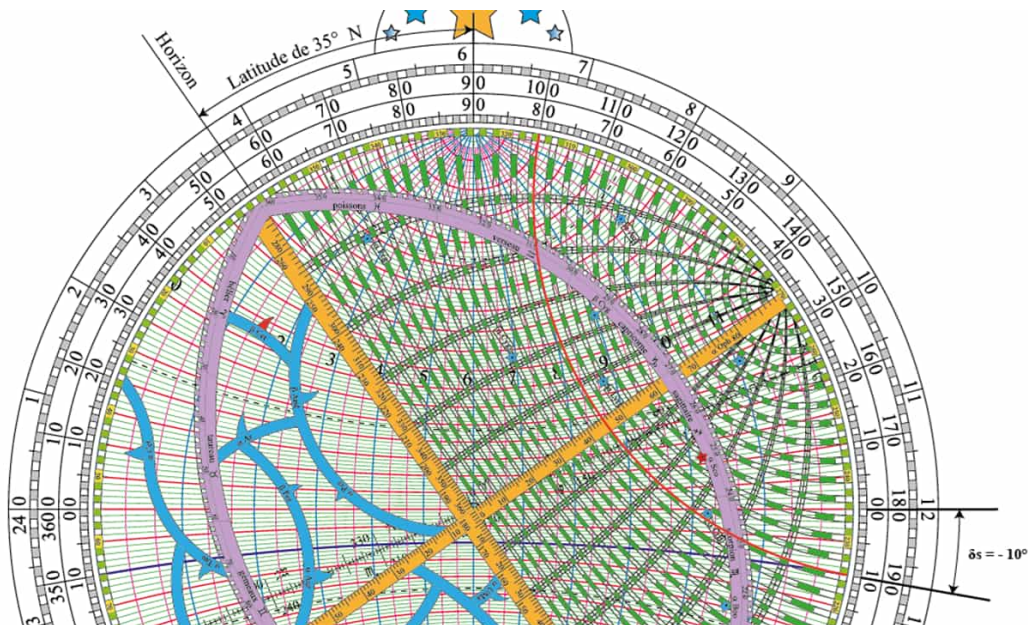


FIG. 26

## 2.9 Problème n°9 : connaissant la latitude et la date, lire les heures des crépuscules civil, nautique et astronomique

On rappelle les hauteurs du soleil sous l'horizon pour les différents crépuscules :

**Civil : 6°, nautique : 12°, astronomique : 18°.**

Pour résoudre le problème, il faut dans un premier temps régler l'astrolabe sur la latitude du lieu en prenant de soin de positionner les lignes de hauteur de l'araignée sous l'horizon. Pour cela, **pivoter l'araignée dans le sens anti-horaire d'un angle de  $(180^\circ - \text{colatitude})$** .

**Exemple :** le 15 avril à la latitude de 49° N.

Régler l'astrolabe en effectuant une rotation de l'araignée d'un angle de  $(180^\circ - 41^\circ = 139^\circ)$  dans le sens anti-horaire (Fig. 27).

Repérer sur l'araignée les lignes de hauteur de 6°, 12° et 18° sous l'horizon ainsi que le parallèle de déclinaison +10° sur le tympan. (Fig. 27, Fig. 28 et Fig. 29).

Pour lire l'heure de chaque crépuscule, il suffit de visualiser le méridien du tympan passant par le point d'intersection *I*, situé entre le parallèle de déclinaison +10° et le parallèle du crépuscule. Sur ce méridien, on pourra lire l'heure du crépuscule du matin ainsi que celle du soir.

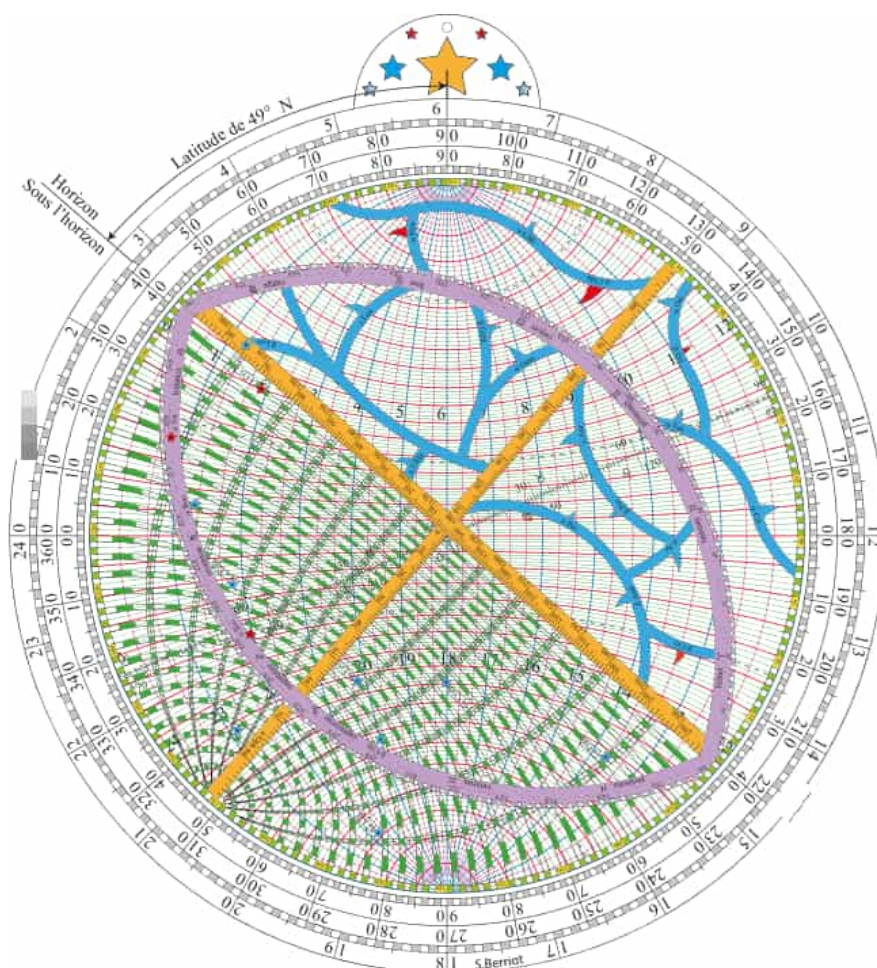


FIG. 27



FIG. 28 – Crépuscule civil : Matin : 4 h 35min Après-midi : 19 h 25.

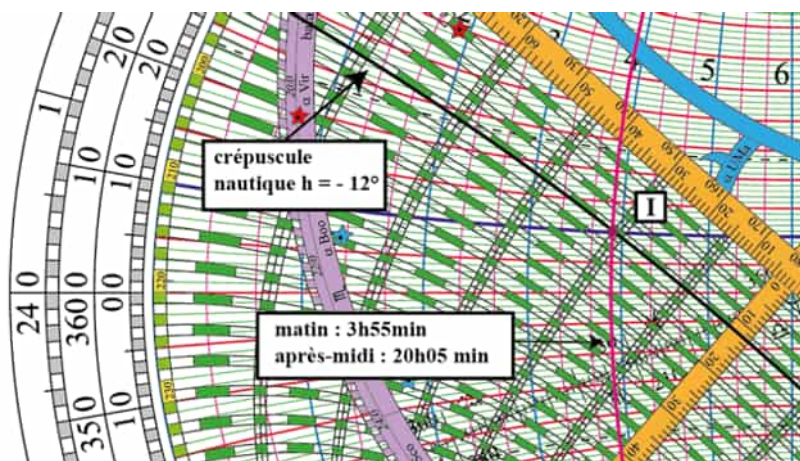


FIG. 29 – Crépuscule nautique : Matin : 3 h 55min Après-midi : 20 h 05.

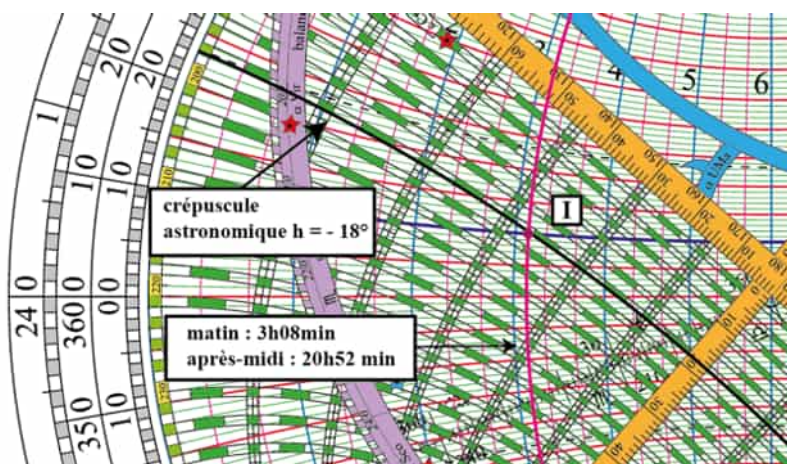


FIG. 30 – Crépuscule astronomique : Matin : 3 h 08min Après-midi : 20 h 52.

## 2.10 Problème n°10 : connaissant la latitude du lieu et la date, trouver les amplitudes orientale et occidentale du soleil

### Définitions

**Amplitude orientale (ortive) :** c'est l'arc mesuré sur l'horizon entre la direction de l'Est et celle de la position occupée par un astre à son lever. Elle est orientale-méridionale pour un astre se levant vers le Sud, ou orientale-septentrionale si le lever se fait vers le Nord.

**Amplitude occidentale (occase) :** c'est l'arc mesuré sur l'horizon entre la direction de l'Ouest et celle de la position occupée par un astre à son coucher. Elle est occidentale-méridionale pour un astre se couchant vers le sud, ou occidentale-septentrionale si le coucher se fait vers le nord.

Si le lever est septentrional, le coucher le sera également, de même si le lever est méridional le coucher le sera également.

- Si  $\delta > 0$ , l'amplitude est septentrionale, et si  $\delta < 0$ , l'amplitude est méridionale.
- Si  $\delta > 0$  l'amplitude ortive est négative et l'amplitude occase est positive.
- Si  $\delta < 0$  l'amplitude ortive est positive et l'amplitude occase est négative.

**Exemple 1 :** Lecture des amplitudes à la latitude  $\varphi = 49^\circ \text{ N}$ , le 11 mai (Fig. 31).

Le 11 mai, la déclinaison est  $\delta = +18^\circ$ . Nous sommes donc dans le cas où  $\delta > 0$ .

L'amplitude se lit sur la ligne d'horizon, depuis le centre de l'astrolabe jusqu'au point d'intersection entre l'arc de déclinaison  $\delta$  et la ligne d'horizon de l'araignée.

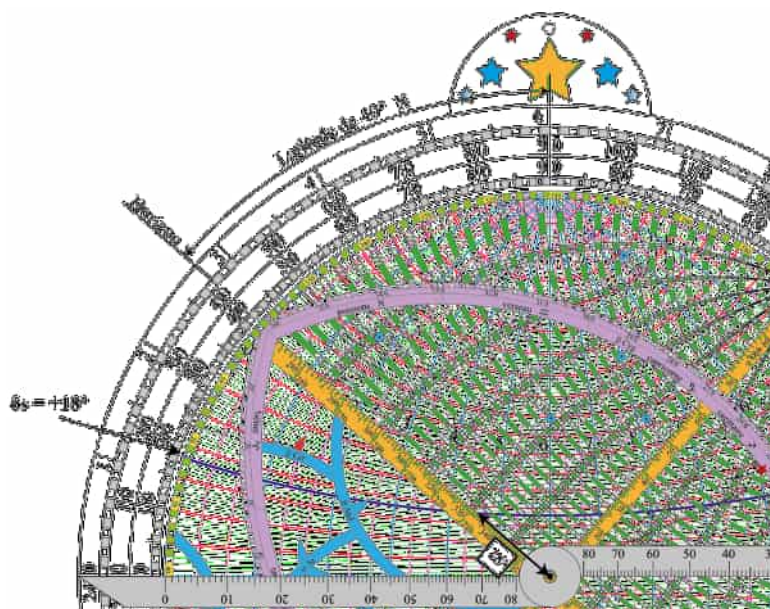


FIG. 31

Le 11 mai,  $\delta > 0$  donc l'amplitude est septentrionale. En effet, le soleil se lève au nord-est et se couche au nord-ouest.

**L'amplitude ortive (nord-est) est de  $-28^\circ$  et l'amplitude occase (nord-ouest) est de  $+28^\circ$ .**

**Remarque :** Lorsque l'astrolabe est réglé sur la latitude et que le parallèle de déclinaison est repéré, on peut également lire les azimuts de lever et de coucher de l'astre à partir du méridien de midi. Dans notre exemple :  $A_{\text{lever}} = -118^\circ$ ,  $A_{\text{coucher}} = 118^\circ$ .

**Exemple 2 :** Lecture des amplitudes à la latitude  $\varphi = 49^\circ \text{ N}$ , le jour du solstice d'hiver (Fig. 32).

Le 21 décembre, la déclinaison est  $\delta = -23^\circ 26'$ . Nous sommes donc dans le cas où  $\delta < 0$ .

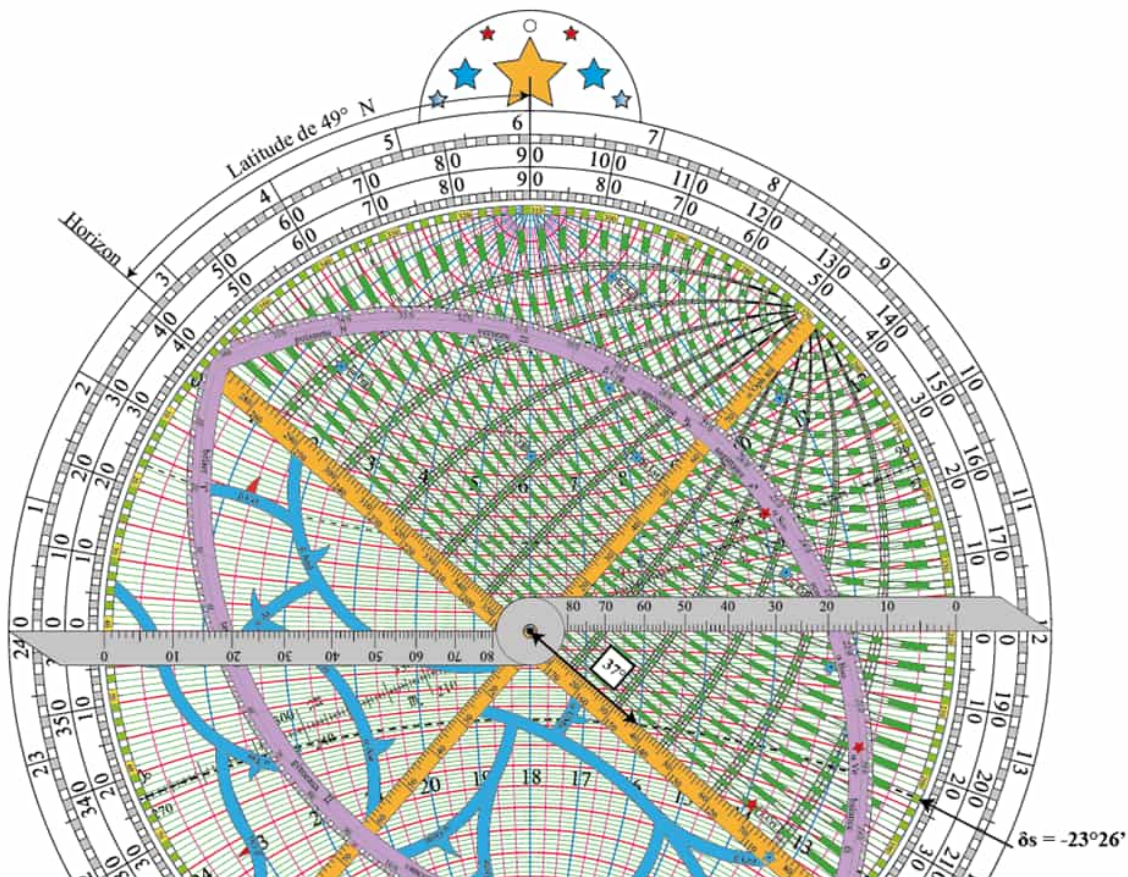


FIG. 32

Le 21 décembre  $\delta < 0$ , donc l'amplitude est méridionale. En effet, le soleil se lève au sud-est et se couche au sud-ouest.

**L'amplitude ortive (sud-est) est de  $+37^\circ$  et l'amplitude occase (sud-ouest) est de  $-37^\circ$ .**

Les azimuts de lever et de coucher du soleil sont donc :  $A_{\text{lever}} = -53^\circ$   $A_{\text{coucher}} = +53^\circ$ .

## 2.11 Problème n°11 : connaissant la date et les amplitudes du soleil, trouver la latitude du lieu

C'est le problème inverse du problème n°10.

**Exemple :** le 23 juillet, l'amplitude au lever du soleil (amplitude ortive) est de  $-23,5$  (Nord-Est), lire la latitude du lieu (Fig. 33 et Fig. 34 page ci-contre).

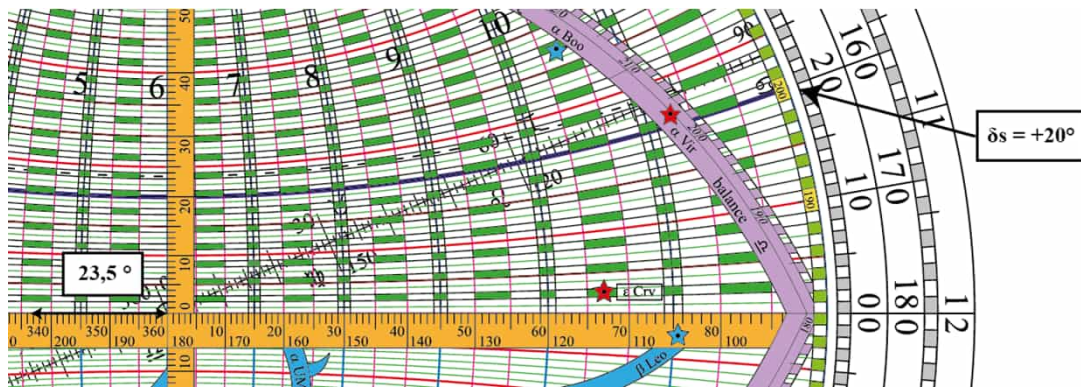


FIG. 33

Le 23 juillet la déclinaison du soleil est  $\delta_s = +20^\circ$ , donc visualiser sur le tympan le parallèle correspondant à  $+20^\circ$ .

Sur la ligne d'horizon de l'araignée, repérer la graduation 23;5 du côté nord (vers la gauche).

Pour lire la latitude, pivoter l'araignée dans le sens horaire jusqu'à l'intersection de la graduation 23;5 avec le parallèle de déclinaison  $+20^\circ$ .

On lit  $\varphi = 30^\circ \text{ N}$ .



FIG. 34

## 2.12 Problème n°12 : connaissant l'heure solaire, déterminer les heures babyloniennes, italiques et inégales

### Définitions

**Heures babyloniennes** : c'est le nombre d'heures écoulées depuis le lever du soleil.

**Heures italiques** : c'est le nombre d'heures écoulées depuis le coucher du soleil.

**Heures inégales** : il y a les *heures inégales de jour* et les *heures inégales de nuit*.  
De jour comme de nuit elles sont au nombre de 12.

**Heure inégale de jour** : c'est un douzième de l'arc diurne soit un douzième du temps écoulé entre le lever et le coucher du soleil.

Durée d'une heure inégale de jour =  $\frac{\text{heure du coucher} - \text{heure du lever}}{12}$ .

**Heure inégale de nuit** : c'est un douzième de l'arc nocturne soit un douzième du temps écoulé entre le coucher et le lever du soleil.

Durée d'une heure inégale de nuit =  $\frac{\text{heure du lever} - \text{heure du coucher}}{12}$ .

**Remarque 1** : la somme de la durée d'une heure inégale de jour et de la durée d'une heure inégale de nuit est égale à 2 h.

**Remarque 2** : l'heure inégale de jour est différente de l'heure inégale de nuit sauf aux équinoxes.

### Lecture des différentes heures avec l'instrument.

D'après les définitions données ci-dessus, il suffit de connaître à la date et à la latitude données :

- L'heure du lever et l'heure du coucher. Voir le **problème n°4**.
- L'heure solaire déterminer à partir de la hauteur du soleil. Voir le **problème n°6**.

La lecture de ces heures ne se fait pas directement avec l'instrument mais par quelques calculs présentés comme ci-dessous.

**Exemple** : Le 11 mai, à la latitude  $\varphi = 49^\circ \text{N}$ .

D'après l'exemple 1 du **problème n°4** :

Heure du lever : 4 h 35 min    heure du coucher : 19 h 25 min    durée du jour : 14 h 50 min.

On choisira pour l'heure solaire de jour mesurée grâce à la hauteur du soleil : 13 h 00 min.

On choisira pour l'heure solaire de nuit : 23 h 30 min.

- **Heure babylonique** = heure solaire – heure du lever.  
= 13 h 00 min – 4 h 35 min = **8 h 25 min.**
- **Heure italique** = heure solaire + heure du lever.  
= 13 h 00 min + 4 h 35 min = **17 h 35 min.**

- **Heure inégale de jour :**

*Durée de l'heure inégale de jour :* on applique la formule de la définition en exprimant les heures en degré, par souci de simplicité dans les calculs.

$$\text{Durée d'une heure inégale de jour} = \frac{\text{heure du coucher} - \text{heure du lever}}{12} = \frac{291,25 - 68,75}{12} = 18,542$$

$$= 18,542 \quad \text{soit } 1,236 \text{ h } (\approx 1 \text{ h } 14 \text{ min}).$$

*L'heure inégale de jour à 13 h 00 solaire est alors :*

$$\text{Heure inégale de jour} = \frac{\text{heure solaire} - \text{heure du lever}}{\text{Durée d'une heure inégale de jour}} = \frac{13 \text{ h } 00 - 4 \text{ h } 35}{1,236 \text{ h}} = 6,8 \text{ h soit } \mathbf{6 \text{ h } 48 \text{ min.}}$$

- **Heure inégale de nuit :**

*Durée de l'heure inégale de nuit* = 2 h 00 – durée d'une heure inégale de jour = 0,764 h (0 h 46 min).

*L'heure inégale de nuit à 23 h 30 min est alors :*

$$\text{Heure inégale de nuit} = \frac{\text{heure solaire} - \text{heure du coucher}}{\text{Durée d'une heure inégale de nuit}} = \frac{23 \text{ h } 30 - 19 \text{ h } 25}{0,764 \text{ h}} = 5,34 \text{ h}$$

soit **5 h 20 min.**

## 2.13 Problème n°13 : connaître l'heure légale à partir de l'heure solaire mesurée à l'instrument

On applique la même règle qu'avec un cadran solaire :

Heure de la montre = heure solaire + équation du temps + correction de longitude + (1 h en hiver ou 2 h en été)

L'équation du temps a été ajoutée au dos de l'astrolabe et s'utilise comme on va le voir dans l'exemple ci-dessous.

**Exemple :** le 11 mai à Evreux ( $\varphi = 49^\circ \text{ N}$  et  $\lambda = 1^\circ 9' 5'' \text{ E}$ ), déterminer l'heure légale du lever du soleil.

D'après le **problème n°4** l'heure solaire du lever du soleil est **4 h 35 min.**

### Correction de l'équation du temps :

Lire au dos de l'astrolabe l'équation du temps pour le 11 mai. Pour cela, régler l'alidade sur la date du jour, puis repérer la graduation de l'équation du temps à l'intersection avec la courbe bleue. On lit : **−4 min** (Fig. 35).

### Correction en longitude. :

$\lambda = 1^\circ 9' 5'' \text{ E}$  soit  $-4 \text{ min } 36 \text{ s} \approx$   
**−5 min.**

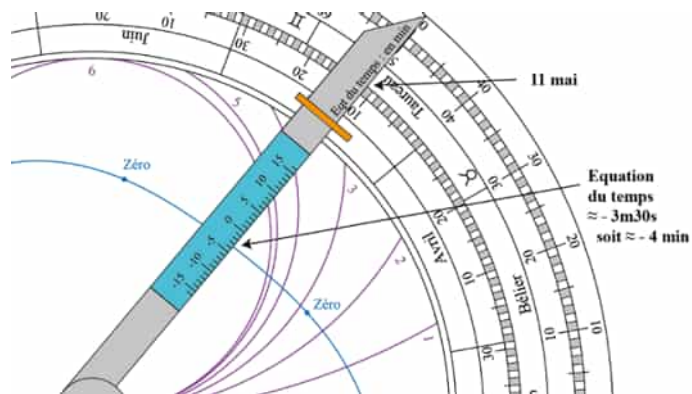


FIG. 35

### Heure de la montre.

Heure de la montre = 4 h 35 min − 4 min − 5 min + 2 h (heure d'été) = **6 h 26 min.**

**En annexe de la version numérique :**

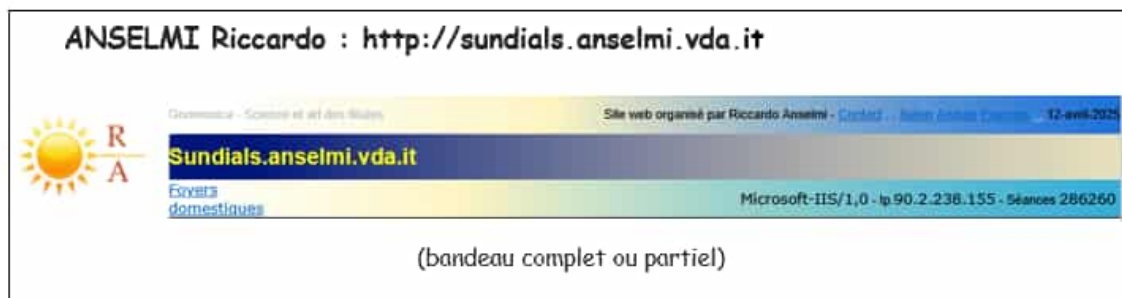
Vous trouverez les parties I, III, IV et V suivantes :

-  « [I\\_Presentation\\_des\\_differentes\\_parties.pdf](#) » — Présentation des différentes parties de l'instrument.
-  « [III\\_Utilisation\\_hemisphère\\_sud.pdf](#) » — Quelques utilisations dans l'hémisphère Sud.
-  « [IV\\_latitudes\\_particulieres.pdf](#) » — Quelques utilisations à des latitudes particulières.
-  « [V\\_Usages\\_avec\\_les\\_etoiles.pdf](#) » — Résolution de problèmes relatifs aux étoiles.



*de A à Z ...*

*(...) le site web amateur ou professionnel des membres de la CCS consacré à la gnomonique ou abordant ce domaine*



# Histoire du cadran solaire de l'église Saint-Pierre de Flers-Bourg à Villeneuve d'Ascq

par CHRISTIAN DRUON

## MOTS CLEFS

Cadran du XVIII<sup>e</sup> siècle; écriture inversée; style polaire.

## RÉSUMÉ

Cet article présente l'histoire d'un cadran solaire sur le mur d'une église du XVI<sup>e</sup> siècle. Il était gravé sur des pierres très friables et a failli disparaître. C'est une personne habitant près de l'église qui m'a informé de son existence en 2012. J'ai alors engagé des démarches auprès de la mairie et des responsables du patrimoine pour demander de sauver cet élément participant au patrimoine de l'église. Les anciennes pierres ayant été remplacées par des neuves, Jérôme Bonnin a recréé un cadran dont la présentation est fidèle à celle de l'ancien. Après plus de onze années d'attente le patrimoine gnomonique de l'église de Flers-Bourg était enfin sauvé.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



**FIG. 1** – Département du Nord (Villeneuve d'Ascq à l'est de Lille).

Il y a une douzaine d'années, lorsque j'ai commencé à m'intéresser aux cadrans solaires, j'ai recherché dans ma commune, Villeneuve d'Ascq, les bâtiments susceptibles de posséder un cadran solaire. Cette commune est située à l'est de Lille comme le montre la Fig. 1.

Villeneuve d'Ascq est une ville nouvelle de 62 000 habitants créée en 1970 suite à la fusion de 3 communes : Ascq, Annappes et Flers-lez-Lille qui comporte 2 quartiers (Flers-Sart et Flers-Bourg). Le nom de Villeneuve d'Ascq a été choisi en mémoire du massacre qui a eu lieu à Ascq durant la Seconde Guerre mondiale par des troupes de la Waffen SS. C'est uniquement dans le quartier de Flers-Bourg que j'ai découvert la présence de 2 cadrans. Suite à une étude, ils ont été inventoriés dans la base de la Commission des Cadrans Solaires (CCS) :

- le premier, très usé, porte le N°59009004-01,
- le second dont il ne reste que des traces porte le N°59009001-01.

Le premier est situé dans la cour du château de Flers-Bourg. Cet édifice est maintenant l'Office de Tourisme de Villeneuve d'Ascq. Les lignes horaires de ce cadran ont presque complètement disparu comme le montre la Fig. 2.



FIG. 2 – Château de Flers – Office de Tourisme et son cadran.

Ce cadran mériterait d'être restauré mais c'est le second, situé sur l'église de Flers-Bourg, qui fait l'objet de cet article.

## 1 Église Saint-Pierre de Flers-Bourg

L'église de Flers-Bourg (Fig. 3), depuis quelques années, est en cours de restauration. Le cadran était sur la face sud-est et il avait quasiment disparu. À la même place, sur des pierres neuves, un cadran identique à l'ancien vient d'être restitué. C'est l'histoire de cette restitution qui est présentée ici.

L'église est inscrite aux Monuments Historiques (MH), son porche est classé aux MH. Le périmètre englobant le château et l'église est protégé MH. Dans un document d'archive, il est indiqué que des fouilles faites dans le chœur de l'église montrent que l'édifice avait un chevet plat dans une construction antérieure au XIII<sup>e</sup> siècle. L'église actuelle fut construite au début du XVI<sup>e</sup> siècle, en pierre de craie du pays avec soubassement de grès. Dans ce document, on note aussi :

« Au XVII<sup>e</sup> siècle, il existait une horloge dans le clocher. Dans les comptes de 1606 on note une dépense pour une aiguille et une somme allouée pour l'huile à graisser l'horloge. Il y avait également sur une des faces du clocher un cadran solaire qui fut livré en 1638. »



FIG. 3 – Église Saint-Pierre de Flers-Bourg avant restauration.

**Commentaire :** Ce cadran n'existe plus et il n'est fait aucune mention d'un cadran sur un pignon de l'église.

## 2 Découverte des traces du cadran en 2012

Autant le cadran du château était visible, autant il m'était impossible de trouver les restes d'un cadran sur l'église. Ce fut en parlant de cadrans solaires autour de moi, qu'un jour une personne, madame Claudine Ghesquière m'a dit qu'elle voyait des lignes et des chiffres depuis sa fenêtre ! Sa maison est située en face du mur sud-est de l'église (Fig. 4).



**FIG. 4** – Maison aux volets bleus de madame C. Ghesquière, face à l'église.



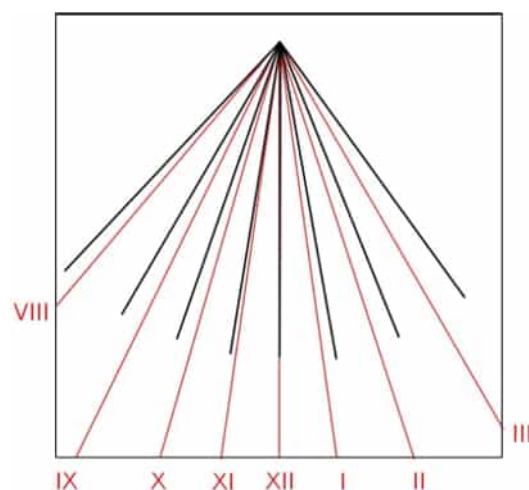
**FIG. 5** – Zone où se trouvaient les traces du cadran solaire.

Madame Ghesquière a pu me montrer la zone où se situaient les traces du cadran (Fig. 5).

Le cadran était situé sur le mur sud-est du pignon de la sacristie. La meilleure photo des traces de ce cadran est montrée en Fig. 6. Elle a été prise en soirée de façon à observer la gravure avec davantage de contraste.



**FIG. 6** – Traces (lignes et chiffres romains) du cadran de l'église.



**FIG. 7** – Première analyse des lignes horaires du cadran.

À partir de cette photo prise en 2012 depuis la route, de la latitude du lieu et de l'angle de déclinaison du mur, j'ai pu effectuer une première simulation des lignes horaires en considérant que le style était de type polaire. La Fig. 7 montre le tracé correspondant.

Compte tenu du fait que la photo a été prise depuis la route, il peut y avoir une erreur de parallaxe mais il apparaît quand même que le cadran était faux.

### 3 Historique des démarches entre 2012 et 2014

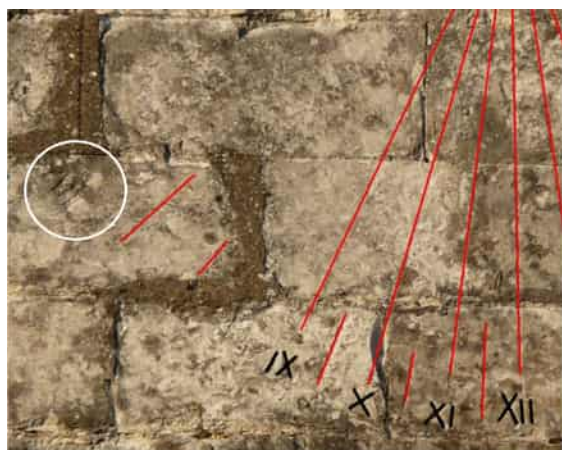
En décembre 2012, je contacte le maire pour lui faire part de la présence des traces d'un cadran solaire sur l'église et je lui remets un premier dossier. J'insiste sur le fait qu'il s'agit d'un patrimoine qui est en train de se dégrader. Le maire se dit très sensible au patrimoine en général et me propose de contacter les responsables patrimoine de l'Office du Tourisme.

Lors d'une réunion de la CCS, j'informe l'assemblée et en particulier Jérôme Bonnin (JB) de cette situation. En juillet 2013, nous participons (JB et moi-même), à une réunion à l'OT avec les responsables du patrimoine. Une décision est prise pour effectuer un relevé des traces et constituer un dossier. La Fig. 8 montre JB sur une nacelle en train de faire ses relevés.

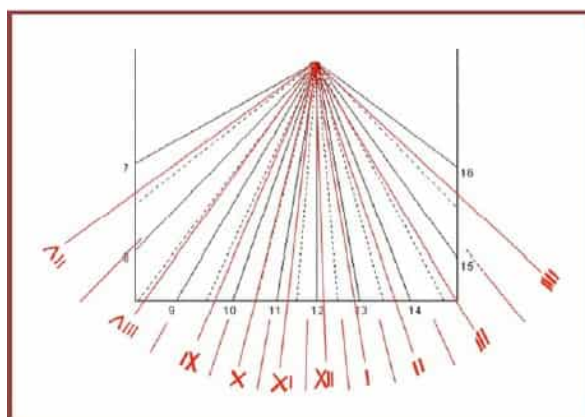


**FIG. 8** – J. Bonnin sur une nacelle en train de faire les relevés.

En janvier 2014, JB écrit un rapport sur le relevé précis des traces et sur l'état des pierres où sont gravés les lignes et chiffres. Depuis la nacelle, l'observation des traces montre que certains chiffres romains sont présentés avec une lecture inversée. Ainsi la Fig. 9 montre que la notation est écrite avec un V inversé.



**FIG. 9** – Certains chiffres romains sont écrits en lecture inversée comme ici pour 7 h.



**FIG. 10** – Simulation du tracé des lignes horaires.

Muni du relevé précis des traces, JB a pu faire une simulation du tracé des lignes horaires. La Fig. 10 page ci-contre donne le résultat.

### **Remarques sur le cadran et sur l'état du mur.**

- Cadran situé à 5 m de hauteur
- Inscrit dans une zone :  $H = 93$  cm ;  $L = 150$  cm max.
- Style absent
- Lignes horaires peu visibles : 10 lignes de 7 h à 16 h
- Cadran faux
- Chiffres romains pour les heures :
  - 16 h écrit : IIII
  - 7 h et 8 h écrits avec le V inversé
- Datation difficile :
  - présentation semblable à celles du XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles
  - cadran réalisé probablement avant le XVIII<sup>e</sup> siècle
- Remarques concernant le mur :
  - les pierres sont extrêmement dégradées
  - les réparations anciennes ont été faites avec du ciment ce qui n'est pas compatible avec la pierre calcaire. Il aurait fallu utiliser de la chaux.

**Commentaire :** Compte tenu de ces remarques, une restauration sur ce mur de pignon n'est pas envisageable.

## **4 Historique des démarches entre 2017 et 2024**

- Septembre 2017 : la CCS me fournit un document signé par Philippe Sauvageot et Michel Lambalieu qui insiste sur le patrimoine que constituent ces traces de cadran et propose JB pour une intervention dans le cas où une restauration serait envisagée. Je transmets au maire un dossier accompagné de ce document.
- Nous ne recevons aucune nouvelle de ce dossier puis il y a eu la période de la Covid 19...
- Fin 2021, je contacte le maître d'œuvre, direction du patrimoine bâti, qui me répond que les travaux de restauration de l'église vont commencer et que la restauration du cadran est bien prévue.
- Courant 2022, on voit les travaux évoluer avec le remplacement de presque toutes les pierres dont celles du pignon du cadran.
- Octobre 2024 : message de JB me disant qu'il est chargé de la restitution du cadran. Les délais sont assez courts. Il effectue sur les pierres neuves, le dessin, la gravure et la mise en couleur des lignes horaires et la pose d'un style en 3 jours du 14 au 16 octobre 2024.

## 5 Restitution du cadran en octobre 2024

Le 16 octobre 2024 en fin d'après-midi le cadran était terminé et on pouvait faire les premières photos. Malheureusement le cadran se trouvait en partie caché par les échafaudages posés pour la restauration du mur du pignon et de la toiture. La Fig. 11 montre le cadran depuis la route et sur la Fig. 12 les cadraniers posent devant le cadran terminé.



FIG. 11 – Le cadran derrière les échafaudages.



FIG. 12 – Les cadraniers posent devant le cadran terminé.

La Fig. 13 montre le cadran avec son style.

La Fig. 14, prise le 24 novembre 2024 à 12 h 35 min (12 h solaire) montre la justesse du cadran.



FIG. 13 – Le cadran et son style.



FIG. 14 – Photo du cadran prise le 24-11-2024 à 12 h 35 min (12 h solaire).

Enfin, la photo 15 page suivante prise depuis la plateforme de l'échafaudage montre le cadran de près. On distingue de façon plus nette les couleurs des traits et la justesse de ce cadran.

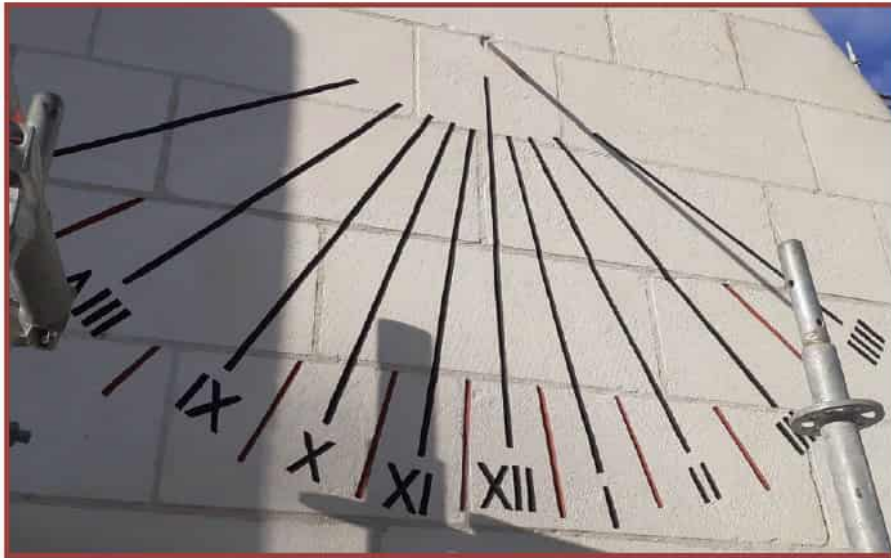


FIG. 15 – Photo prise le 16-10-2024 à 17 h 20 min (15 h 47 min solaire).

## 6 Caractéristiques du cadran

- Latitude du lieu : 50°64
- Angle de déclinaison du mur : 7°3 vers l'est
- Style simple de 40 cm en fer forgé
- Longueur de la méridienne : 80 cm
- Lignes horaires : noir ivoire
- Traits pour les demi-heures : ocre rouge
- Indications des heures en chiffres romains

**Remarque :** Il ne s'agit pas d'une restauration puisque des pierres neuves ont remplacé celles où était gravé le cadran. J. Bonnin a effectué une restitution. La présentation est identique à celle de l'ancien cadran. On remarque notamment sur les photos, l'écriture particulière des heures du matin : Le V inversé pour 7 h et 8 h.

Cette écriture aurait été parfois utilisée. Elle pourrait représenter « une lecture vue du ciel » ou encore « la lecture des anges ».

Finalement, après plus de 11 ans d'attente, le patrimoine gnomonique de l'église de Flers-Bourg est sauvé!



---

## Restauration du cadran de l'abbaye de Cadouin (24 480)

par JACQUES GARCIA

---

### MOTS CLEFS

Restauration ; technique.

### RÉSUMÉ

Description technique, étape par étape de la restauration du cadran solaire dans le cloître de l'abbaye de Cadouin (24).

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Cet article est issu du « rapport des travaux d'entretien et réparations du cadran solaire oriental situé sur la façade Est du cloître de l'abbaye de 24 480 Cadouin » (figure 1) adressé par « l'Amicale Gnomonique Aquitaine Pyrénées » (AGAP) à la « Direction de l'archéologie et du patrimoine Dordogne Périgord ». Il est à lire dans sa forme originale en *Annexe*.



FIG. 1

## 1 Présentation

Le cadran solaire de l'abbaye de Cadouin (Latitude  $\varphi = 44^{\circ}48'41''\text{N.}$ , Longitude  $\lambda = 0^{\circ}52'25''\text{E.}$ ) que nous devons restaurer est situé sur le côté Est du cloître, à environ 6 mètres du sol, il a comme dimensions 2 m×2 m. Il est de type « Oriental ».

Le cadran est réalisé selon la tradition, sur un corps d'enduit à la chaux avec une fine couche de finition à la chaux et sable fin (figure 2). Il est peint, la couche de peinture apparente, la plus intense, est due à sa dernière restauration ? On devine la teinte d'origine (badigeon chaux) sur la zone encore en place. Son aspect d'ensemble est modérément dégradé.

Son tracé mathématique et géométrique gravé reste en partie visible, ainsi qu'une partie du tracé du cadre pourtour.

Le style en fer forgé, en forme de serpent est en place, mais instable. Une forte dégradation du corps d'enduit est constatée autour et sous le style ainsi qu'une fissure et décollement probable d'une partie de la table. Le cadran solaire date probablement de la moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle.

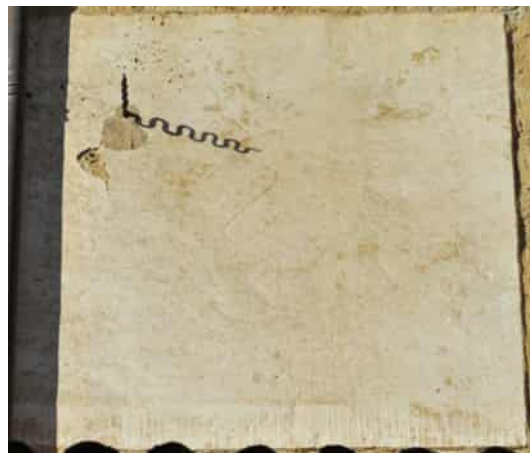
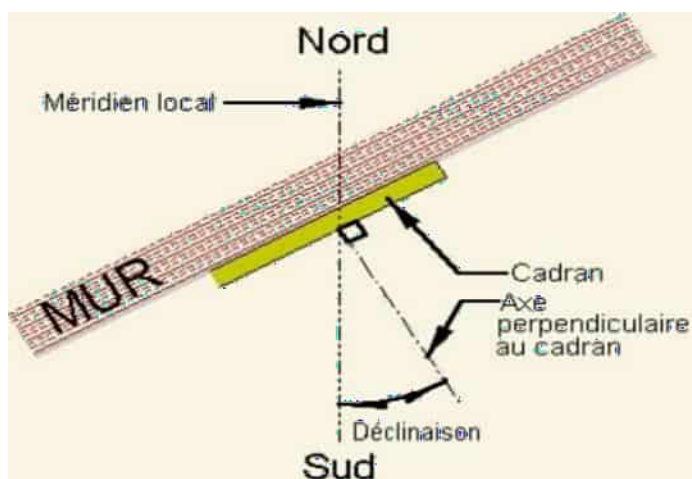


FIG. 2

## 2 Relevés

Les modalités de mise en place et détails sur le chantier (zone travaux / balisage / plan de prévention et analyses des risques), étant faites, l'échafaudage a été monté.

Depuis celui-ci, il a été réalisé la prise des mesures nécessaires au calcul de la « déclinaison gnomonique » du mur servant de table au cadran solaire (angle entre la normale (perpendiculaire) d'un mur et la ligne des pôles géographiques (et non magnétique) Nord / Sud (figure 3(a)). La technique utilisée a été le rapporteur d'angles (figure 4).



(a)



(b)

FIG. 3

Les mesures ont été traitées avec un logiciel développé par la AGAP reprenant les formules habituelles pour une mesure de ce type. La moyenne des 4 prises indique une déclinaison gnomonique de 89°73. Il en résulte que le mur regarde l'Est avec un écart de moins de 0°3 par rapport aux pôles géographiques (ce qui est remarquable par rapport à l'implantation du bâtiment). Un relevé des lignes horaires existantes pour étude et vérification du tracé a été également effectué.

### 3 Travaux de nettoyage/préparation de la table

Le brossage s'est fait à l'aide d'une brosse douce, avec aspiration des poussières. Le nettoyage avec une brosse douce et pulvérisation d'eau déminéralisée et d'Ammonium Quaternaire SARPAP.

Une pulvérisation d'une solution 1/1 d'eau déminéralisée et d'éthanol 99.9 dénaturé a été utilisée pour recherche de « fantômes » : pigments (autres que la peinture chaux d'origine), devises, écoinçons, fleurons... Cette recherche laisse apparaître les lignes horaires gravées ainsi qu'une partie de leur tracé géométrique (photo [2 page précédente](#))<sup>1</sup>.

Les chiffres arabes de 10 h et 11 h sont en place d'une façon désordonnée (photo [2 page précédente](#)).

Un cercle (symbolisant le soleil) apparaît également autour du style (photo [3\(a\) page précédente](#)).

En bas à droite du cadre traces de compas, de point de départ du tracé du cadre ainsi que de la ligne des Équinoxes (photo [3\(b\) page précédente](#)).

Impacts de balles autour du style métallique (qui a dû être pris pour cible lors de la révolution de 1789 ? ou la guerre 39/45 ?), (photo [4](#)). Pas d'autres « fantômes ».



FIG. 4 – Avant traitement.



FIG. 5 – Après traitement.

Une intervention sur fissure (figures [4](#) et [5](#)) avec injection pour combler le décollement a été faite par :

- injection d'une solution d'eau déminéralisé et d'alcool absolu 1/1 ;
- injection d'un coulis à base de 3 volumes de sable fin 0.8 pour 1 volume de chaux hydraulique naturelle, 5% de liant acrylique type *acryl 33*, de l'eau déminéralisée.

<sup>1</sup>Les « photos » mentionnées sont à retrouver dans le rapport.

Le surfacage des parties endommagées de la table nécessitant une réparation, ainsi qu'une partie des impacts de balles ont été faites avec du mortier à base de chaux aérienne naturelle pure, du sable (0,8 m), des charges minérales, des adjuvants et des pigments spécifiques (S<sup>t</sup> Astier Paris Déco). Nous proposons de conserver visibles une partie des impacts de balles (vestiges historiques). La fixation du style métallique est réalisée par scellement chimique, finition au mortier à base de chaux aérienne, sable, charge minérale et adjuvant. Nous conservons pour analyses des échantillons d'Arricio et d'Intonaco prélevés pour étude éventuelle (datation, recherche de pigments...), ainsi que des vestiges de coins en bois ayant servi au calage du style métallique.

## 4 Peinture

Les travaux de préparation des peintures de la table (peintures minérales au silicate de potassium Keim ; pigments naturels sans solvant sans ajout de *Cov*) se font par :

- Brossage de la table, aspiration poussières.
- Application à la brosse d'une couche d'impression Fixatif Soldalit KEIM (séchage 6 h).
- Application à la brosse large d'une couche de base Soldalit KEIM Blanc (séchage 12 h).
- Application à la brosse large d'une couche de finition Soldalit KEIM teinte *ref. 9157* nuancier *Exclusiv* (séchage 24 h).

Exécution selon le procédé représenté sur la figure 6.

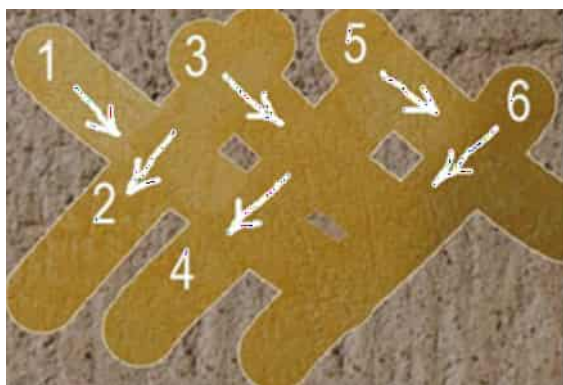


FIG. 6



FIG. 7 – Tracé et patines.

Le tracé du cadre extérieur du cadran 2000×2000 mm est réalisé à partir du point de référence que le cadranier avait utilisé à l'époque et visible en partie basse à droite du cadran.

- Tracé du cadre intérieur largeur 30 mm.
- Tracés des lignes horaires selon les marques géométriques d'origines (les écarts sur lignes 9/10/11 h sont conservés).
- Tracés des lignes des Solstices été & hiver et de la ligne des équinoxes.
- Tracés des chiffres Heures (police XVIII, style BASKERVILLE en accord avec Mme Florie Allard conservatrice des M. H. Bordeaux)

Le Jeudi 2 Juin 2022 la visite sur site de M<sup>me</sup> Barbara Sibille (responsable du patrimoine Dordogne Périgord) valide les tracés et les patines (figure 7).

Mise en peinture (figures 9 & 10) :

- des lignes heures : teinte *Keim monochrome 9002* détremmée par fixatif 1/1,
- de la ligne Solstice d'hiver : teinte *Keim monochrome 9009* détremmée par fixatif 1/1,
- de la ligne Equinoxes : teinte *Keim monochrome 9005* détremmée par fixatif 1/1,
- de la ligne Solstice d'été : teinte *Keim monochrome 9003* détremmée par fixatif 1/1
- des chiffres heures : teinte *Keim monochrome 9008* détremmée par fixatif 1/1.

Peinture de protection anti rouille du style métallique avec « SFICOR CLRS Fer », effet marron F 0L 75.

Après séchage de 12 h, ponçage fin de la table avec aspiration des poussières.

Une patine de vieillissement est ensuite déposée afin d'atténuer la luminance et « l'aspect récent des travaux » ; application à la brosse large.

Pour la « base » : « Soldalit blanc » en dilution avec fixatif 1/15. Le nuançage est obtenu par ajout de *monochrome 9002*.

Après séchage 12 h, ponçage fin de la table, aspiration des poussières ; puis application à la brosse d'une couche de protection « Fixatif Soldalit KEIM ».

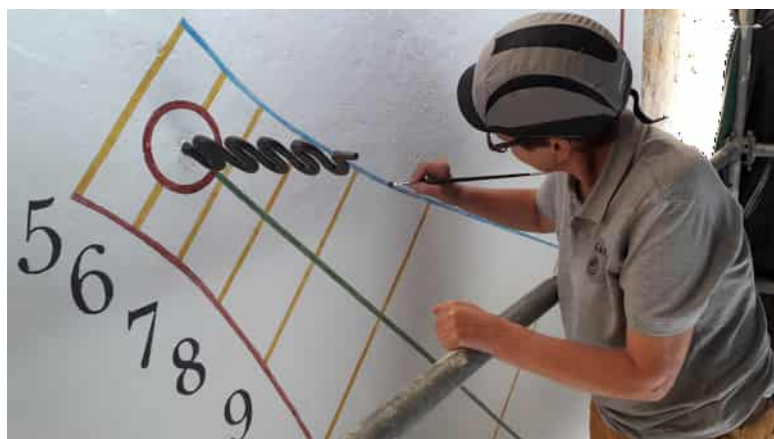


FIG. 8

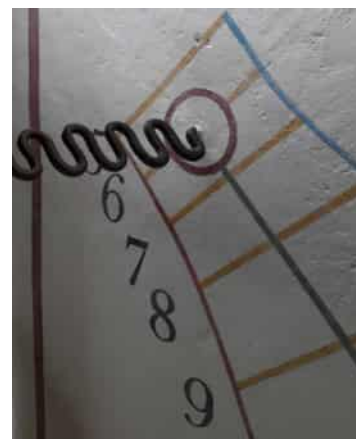


FIG. 9

## 5 Pour finir

Le mardi 7 Juin 2022, visite de fin de chantier avec la « CD24-SDP » Vincent Marabout /Line Becker et pour "l'AGAP" Jacques Garcia. La signature du Procès Verbal de réception finale est notée « sans réserves ».

Le démontage de l'échafaudage est prévu le lendemain. Le Jeudi 16 Juin 2022, J. Garcia prend des photos (figure 10 [page ci-contre](#)) pour contrôler le fonctionnement du cadran (figure 11 [page suivante](#)).

Nous pouvons constater que la projection de l'ombre du style est légèrement en retard par rapport aux calculs qui tiennent compte des paramètres suivants : Équation du temps / Différence de Longitude / Heure Eté (figure 12 [page ci-contre](#)).

L'étude gnomonique moderne (lignes rouges) sur le cadran confirme une très légère dérive de certaines lignes horaires par rapport aux vestiges du tracé géométrique (lignes ocres).

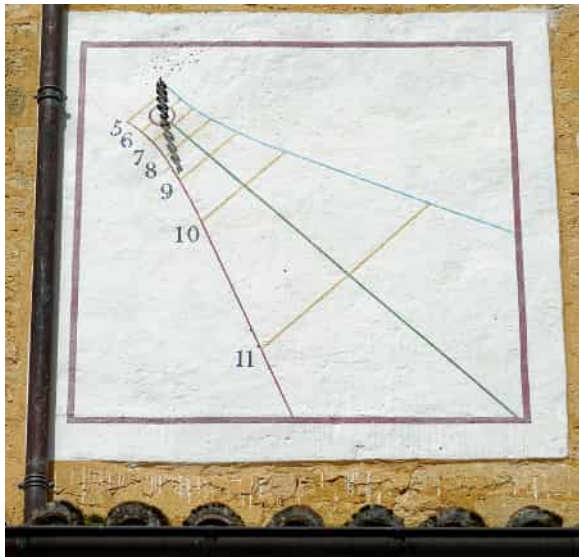


FIG. 10 – Photo prise le 16 juin 2022 à 10 h 58 à la montre (il devrait être 9 heures solaire local).

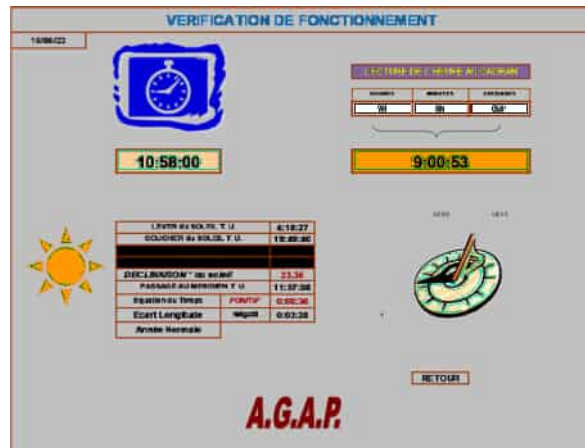


FIG. 11 – Vérification.

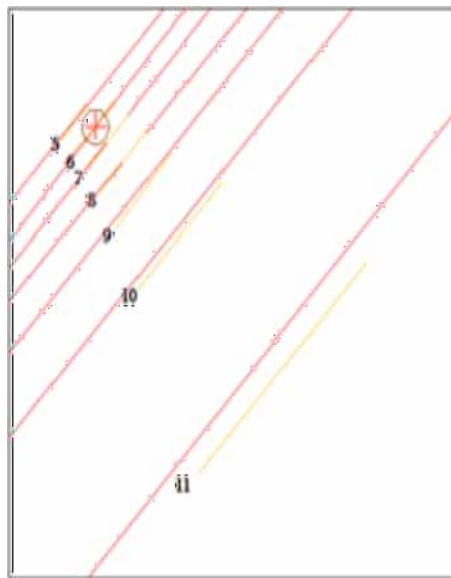


FIG. 12 – Écart d'environ 4 minutes pour 9, 10, 11 heures, entre le tracé d'origine (lignes ocre sur figure 10) et calculs théoriques (lignes rouges).

### En annexe de la version numérique :

Vous trouverez Le fichier :

- « [Rapport Chantier rev 1 SAF.pdf](#) » complète cet article par ses photos, son planing des travaux et autres détails.

---

# Détermination de la déclinaison gnomonique par la mesure de la direction de l'ombre d'une sphère

par GÉRARD HORY

---

---

## MOTS CLEFS

Balle de ping-pong; rondelle métallique; niveau à bulle.

---

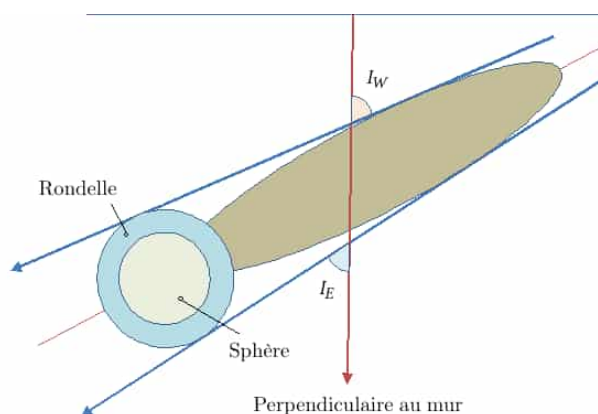
## RÉSUMÉ

Méthode de la planchette sans les aléas du fil à plomb.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Principe

L'ombre elliptique d'une boule portée sur un plan horizontal par une rondelle permet la mesure de la déclinaison gnomonique des tables de cadrans verticaux ou presque verticaux.



**FIG. 1** – Principe de mesure de la déclinaison gnomonique par l'ombre elliptique d'une sphère posée sur un plan horizontal.

Comme l'indique la figure 1, les tangentes à la rondelle et à l'ombre de la sphère forment avec la perpendiculaire au cadran deux angles  $I_W$  et  $I_E$ . La moyenne de ces derniers est égale à l'angle  $I$  que fait l'axe de l'ellipse avec la normale au cadran. Cet axe matérialise l'azimut du soleil.

Le diamètre extérieur de la rondelle est soit :

- Supérieur à celui de la sphère. Dans ce cas la précision est améliorée.
- Égal. Les tangentes sont alors parallèles à l'azimut.
- Inférieur. La précision est un peu amoindrie. Mais l'on peut tracer un cercle du diamètre de la sphère, y centrer la sphère et tirer des tangentes parallèles à l'azimut.

Quand la hauteur du soleil est basse l'ellipse très allongée a des contours moins nets. La zone de pénombre est « diluée » par la diffraction ; mais en pointant symétriquement de chaque côté de l'ellipse dans ces zones de pénombre inversées, la précision atteinte est excellente.

Une feuille A4 ou A3 dotée de deux sphères permettra de raccourcir la séance d'observation. Des sphères pleines vissées à travers leurs rondelles constituent une structure d'observation très maniable et précise.

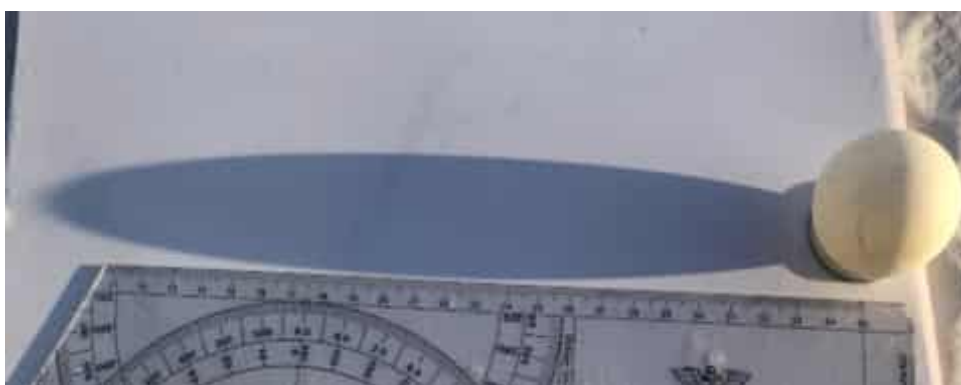


FIG. 2 – Exemple de sphère fixée sur une planchette horizontale.

## 2 Matériel requis

Balles de ping-pong, de billard ou de golf ; les balles de golf présentent en surface des petites dépressions mais le contour de l'ellipse reste net. La sphéricité des balles de qualité est garantie.

Rondelles métalliques percées, de diamètre inférieur ou supérieur à celui de la sphère utilisée. Vérifier si besoin la symétrie des dimensions au pied-à-coulisse. L'épaisseur des rondelles et le rayon de la lumière choisis doivent éviter que la sphère ne touche le plan horizontal.

Deux petites règles graduées, équerre, rapporteur ou règle de Cras.

Compas à pointes sèches à longues branches et évidemment niveau à bulle ou nivelle.

## 3 Formulaire

L'azimut  $A$  du soleil, arc jaune, est compté depuis le méridien Sud positivement vers l'Ouest et négativement vers l'Est.

La déclinaison gnomonique  $D$ , arc vert, est de la même manière, depuis le Sud, positive à l'ouest et négative à l'est.

L'angle  $I$ , arc rouge, est compté, depuis la perpendiculaire au cadran, positif vers l'Ouest et négatif vers l'Est.

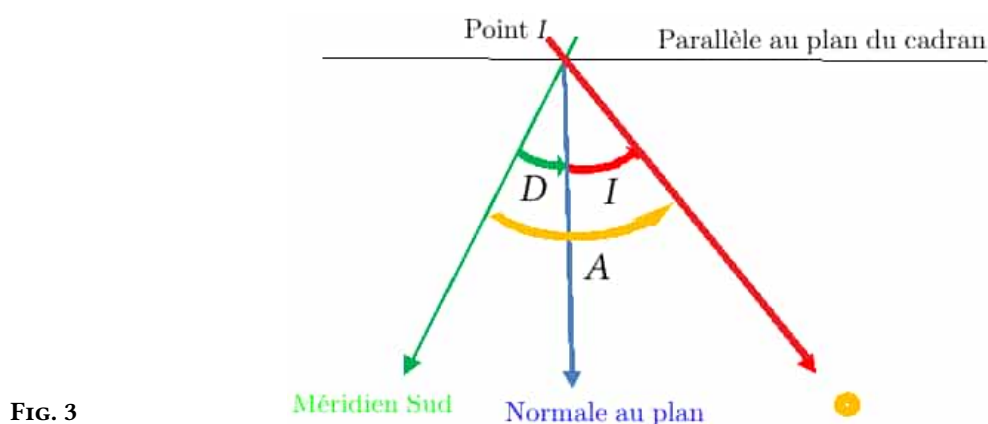


FIG. 3

Tous ces angles orientés sont donc, comme la longitude géographique, positifs dans le sens horaire et il vient, selon cette convention de signe, la formule algébrique suivante :

$$D = A - I \quad (1)$$

Sur la figure 3 :

$$A = -63^\circ \quad I = -36^\circ \quad \text{soit : } D = -63^\circ + 36^\circ = -27^\circ$$

### 3.1 Calcul de l'angle horaire du soleil

#### 3.1.1 Emploi de l'équation du temps

L'heure d'hiver est égale à  $TU + 1$ , l'heure d'été à  $TU + 2$ .

L'angle horaire local  $AHg$  est compté de  $0^\circ$  à  $360^\circ$ . Compté de  $0^\circ$  à  $180^\circ$  et de  $0^\circ$  à  $-180^\circ$  il est noté  $H$  selon les astronomes.

L'équation du temps, en minutes de temps moyen, est divisée par quatre pour l'exprimer en degrés.

$$H = TU \times 15 - 180^\circ - E/4 - G$$

#### 3.1.2 Par la différence du temps sidéral local et de l'ascension droite

$$H = Tsid0 - G - ARV$$

### 3.2 Calcul de la hauteur

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

$H$  compté de  $0^\circ$  à  $180^\circ$  et  $0^\circ$  à  $-180^\circ$  depuis le Sud.

### 3.3 Calcul de l'azimut

$$\sin Z = -\frac{\sin AH \cos \delta}{\cos h}$$

$$\cos Z = \frac{\sin \delta - \sin h \sin \varphi}{\cos h \cos \varphi}$$

$AH$  étant compté de  $0^\circ$  à  $360^\circ$  dans le sens horaire depuis le sud du méridien.

$Z$  étant l'azimut « nautique » ou « géographique » compté de  $0^\circ$  à  $360^\circ$  depuis le Nord.

L'azimut « astronomique »,  $A$ , est compté depuis le sud de  $0^\circ$  à  $180^\circ$  vers l'Ouest et de  $0^\circ$  à  $-180^\circ$  vers l'Est.

$$A = Z - 180^\circ$$

### 3.4 Tracé des tangentes

Il vaut mieux ne pas tracer directement les tangentes lors de l'observation. À l'aide des deux petites règles on dégrossit le lieu de « tangemment » et l'on pique avec le compas à pointe sèche la double épaisseur de papier rapidement des deux côtés de l'ellipse. Baliser éventuellement les points piqués avec un feutre très clair. Le procédé nécessite des hauteurs entre 20 et 10 degrés, donc l'azimut varie très lentement à ces instants, la moyenne des tops suffira. Les enregistrement audio ou vidéo sur les smartphones que l'on déclenchera à l'avance à la minute ronde donnent une précision horaire de la seconde, même pour un seul observateur. Les tangentes seront tracées à tête reposée avant la mesure ou le calcul des angles.



FIG. 4



FIG. 5

### Mesure ou calcul des angles $I$

La mesure au moyen d'un grand rapporteur ou d'une règle CRAS atteint la précision du dixième de degré pour de bons yeux.

Quant au calcul de  $I$ , pour la précision des mesures, l'usage du compas à pointe sèche est recommandé. Caler le compas sur un écartement de 40 mm par exemple. Pointer le point d'intersection avec une branche et marquer les  $L = 40$  mm sur les deux droites. Faire pivoter le compas sur le dernier point et mesurer le côté intermédiaire par le nouvel écartement  $e$ .

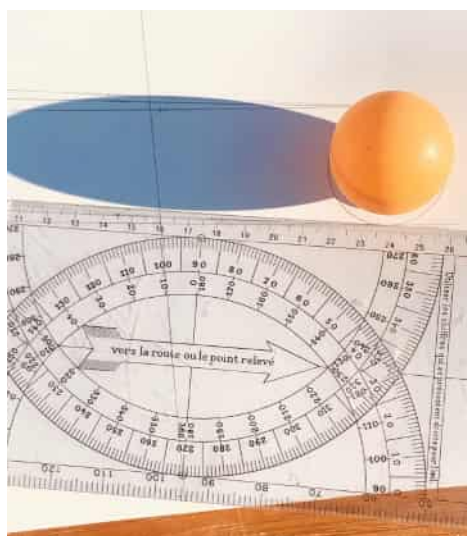


FIG. 6

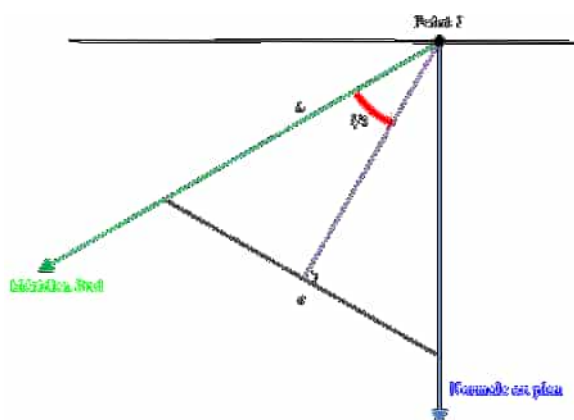


FIG. 7

## 4 Exemples numériques

TABLE 1  
Calcul de la déclinaison gnomonique

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| $e = 30 \text{ mm}$        | $L = 40 \text{ mm}$ |
| $I/2 =$                    | 22,024 312 8        |
| $I =$                      | 44,048 625 7        |
| Ecart moyen ( $\sigma$ ) = | 0,075 387 5         |
| moyenne ( $\bar{D}$ ) =    | -9,278 112 5        |

|                                |                                           |  |
|--------------------------------|-------------------------------------------|--|
| Date = 2.11.2024               |                                           |  |
| Heure TU+1= 15 h 40 m 13 s     | Heure TU= 14 h 40 m 13 s                  |  |
| $\varphi = 43,448\ 7$          | $G = -6,804\ 9$                           |  |
| $AR_v = 14\ h\ 33\ m\ 0,21\ s$ | équat. $T = -16,447\ 4\ min$              |  |
| T. sid. G0 = 17 h 29 m 40,17 s | Décli. Astr. = $-15^{\circ}\ 1'\ 27'',96$ |  |
| $H_e = 50,971\ 4$              | $AH_g = 50,970\ 916\ 7$                   |  |
| $H_a = 50,970\ 916\ 7$         | $h = 15,263\ 851\ 3$                      |  |
| $A = 51,050\ 966\ 7$           | $Z_v = 231,050\ 967$                      |  |
| $I_e = 54,838\ 207\ 1$         | $I = 60,451\ 966\ 7$                      |  |
| $I_w = 66,065\ 726\ 3$         | $D_{\text{obsv.}} = -9,401$               |  |

TABLE 2  
Exemple 1

|                                |                                            |  |
|--------------------------------|--------------------------------------------|--|
| Date = 2.11.2024               |                                            |  |
| Heure TU+1= 09 h 12 m 04 s     | Heure TU= 08 h 12 m 04 s                   |  |
| $\varphi = 43,448\ 7$          | $G = -6,804\ 9$                            |  |
| $AR_v = 14\ h\ 31\ m\ 56,5\ s$ | équat. $T = -16,446\ 4\ min$               |  |
| T. sid. G0 = 11 h 00 m 27,41 s | Décli. Astr. = $-14^{\circ}\ 56'\ 23'',82$ |  |
| $H_e = -46,066\ 308\ 3$        | $AH_g = 313,933\ 167$                      |  |
| $H_a = -46,066\ 833\ 3$        | $h = 18,022\ 111\ 6$                       |  |
| $A = -47,029\ 571\ 7$          | $Z_v = 132,970\ 428$                       |  |
| $I_e = -44,508\ 917\ 9$        | $I = -37,723\ 571\ 7$                      |  |
| $I_w = -30,938\ 225\ 5$        | $D_{\text{obsv.}} = -9,306$                |  |

TABLE 3  
Exemple 2

|                                 |                                          |  |
|---------------------------------|------------------------------------------|--|
| Date = 7.7.2024                 |                                          |  |
| Heure TU+1= 19 h 10 m 13 s      | Heure TU= 17 h 10 m 13 s                 |  |
| $\varphi = 43,448\ 7$           | $G = -6,804\ 9$                          |  |
| $AR_v = 07\ h\ 09\ m\ 42,38\ s$ | équat. $T = -5,069\ 5\ min$              |  |
| T. sid. G0 = 12 h 14 m 51,28 s  | Décli. Astr. = $-22^\circ\ 28'\ 19'',01$ |  |
| $H_e = 83,091\ 983\ 3$          | $AH_g = 83,091\ 691\ 7$                  |  |
| $H_a = 83,091\ 691\ 7$          | $h = 20,093\ 560\ 4$                     |  |
| $A = 102,362\ 173$              | $Z_v = 282,362\ 173$                     |  |
| $I_e = 104,038\ 769$            | $I = 111,513\ 173$                       |  |
| $I_w = 118,987\ 577$            | $D_{obsv.} = -9,151$                     |  |

TABLE 4  
Exemple 3

|                                 |                                          |  |
|---------------------------------|------------------------------------------|--|
| Date = 7.7.2024                 |                                          |  |
| Heure TU+1= 08 h 08 m 41 s      | Heure TU= 06 h 8 m 41 s                  |  |
| $\varphi = 43,448\ 7$           | $G = -6,804\ 9$                          |  |
| $AR_v = 07\ h\ 07\ m\ 49,36\ s$ | équat. $T = -4,996\ 8\ min$              |  |
| T. sid. G0 = 01 h 11 m 30,61 s  | Décli. Astr. = $-23^\circ\ 31'\ 24'',45$ |  |
| $H_e = -82,273\ 225$            | $AH_g = 277,726\ 533$                    |  |
| $H_a = -82,273\ 466\ 7$         | $h = 20,707\ 304\ 4$                     |  |
| $A = -101,888\ 097$             | $Z_v = 78,111\ 902\ 7$                   |  |
| $I_e = -100,253\ 781$           | $I = -92,633\ 647\ 3$                    |  |
| $I_w = -85,013\ 513\ 8$         | $D_{obsv.} = -9,25445$                   |  |

TABLE 5  
Exemple 4



---

# Étude comparative de deux « jambes de sauterelle » (cadran de hauteur portable syrien du XII<sup>e</sup> siècle)

par FATHI JARRAY & ÉRIC MERCIER

---

## MOTS CLEFS

cadran solaire portable ;  
cadran solaire de hauteur ;  
cadran solaire arabo-  
musulman ; XII<sup>e</sup> siècle ;  
Syrie ; *sâq al-jarâda* ; cadran  
solaire faux.

## RÉSUMÉ

Un cadran de hauteur portable syrien du XII<sup>e</sup> siècle est apparu en 2022 lors d'une vente aux enchères, il constitue le second exemplaire connu d'un type nommé « jambe de sauterelle » (*sâq al-jarâda*). Après avoir présenté quelques généralités sur ce type de cadran, nous examinons le nouvel exemplaire à la lumière (1) d'une comparaison avec l'unique exemplaire précédemment connu, (2) de données historiques, (3) de la littérature gnomonique arabo-musulmane médiévale, (4) de considérations sur son tracé gnomonique et (5) d'une analyse épigraphique. Ces analyses mettent en évidence des anomalies notables sur cet instrument.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Introduction

De nombreux types de cadrans solaires portables sont décrits dans les manuscrits gnomoniques médiévaux arabo-musulmans (par exemple : *al-Khwarizmi* au IX<sup>e</sup> siècle, cf. Charette & Schmidl 2004 ; *al-Biruni* au XI<sup>e</sup> siècle, cf. Kennedy 1976 ; *al-Marrākuṣī* au XIII<sup>e</sup> siècle, cf. Sédillot 1834 ; *al-Raqqām* au XIII<sup>e</sup> siècle, cf. Carandell 1988 ; *Najm al-Din al-Misriī* au XIV<sup>e</sup> siècle, cf. Charette 2003 ...). Mais beaucoup de ces cadrans n'ont pas d'équivalents sous la forme d'instruments réels conservés dans des collections. Cette grande rareté correspond probablement, et au moins en partie, à des problèmes de conservation liés à leur taille réduite<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Très récemment King et Charette (2024) ont, par exemple, signalé l'existence d'un exemplaire d'un cadran de hauteur qui n'était jusqu'alors connu que par sa description dans l'ouvrage de al-Marrākuṣī (Sédillot 1834).

L'apparition récente, dans une vente aux enchères<sup>2</sup>, d'un cadran portable syrien du XII<sup>e</sup> siècle, connu sous le nom de *sâq al-jarâda* (*jambe de sauterelle*), constitue en soi un événement<sup>3</sup>, d'autant plus qu'il est plus vieux, de quelques années, que l'unique exemplaire de *sâq al-jarâda* précédemment connu. Ce nouvel exemplaire (Fig. 1, faces NL1 & NL2) est signé par *Abu'l Faraj Isa* et dédié à *al-Malik al-Adil Abu Muzaffar Imad al-Din Zangi* (mort en 1146), célèbre émir ayant régné sur Alep et qui s'illustrât pendant les croisades.

L'unique exemplaire précédemment connu de *sâq al-jarâda* (*jambe de sauterelle*) fait partie des collections de la BNF depuis 1895 (Fig. 1 faces BNF1 & BNF2; Casanova 1923, King 1993, et Tuner et al 2018<sup>4</sup>). Il est daté de 559 h. (1163/64). Il est signé par le même artisan (*Abu'l Faraj Isa*) et est dédié à *Nur al-Din Zangi*; second fils de l'émir précédent. Ce *Nur al-Din Zangi* régna notamment sur Alep (à partir de 1146) et Damas (à partir de 1154).



**FIG. 1** – Les deux faces des cadrans envisagés ici : celui, antérieur à 1146, mis en vente à Hattemerbroek (NL) en 2022 (NL1 & NL2); et celui, daté de 1163/64, de la BNF (BNF1 & BNF2). Les photos ont été ramenées à la même échelle. Les faces NL1 & BNF1 accueillent notamment la dédicace voir table 1 page ci-contre.

<sup>2</sup>24 mai 2022, Hattemerbroek (NL), lot 136. Remis en vente le 14 Décembre 2022, Hattemerbroek (NL), lot 105, par la même maison de vente; puis le 16 Mai 2024 (lot 304) avec une estimation réduite de moitié.

<sup>3</sup>Nous remercions très sincèrement Hervé Guillemet (CCS-SAF) qui a très aimablement attiré notre attention sur cet instrument.

<sup>4</sup>Il est également illustré dans le catalogue de l'exposition «l'Islam dans les collections nationales, Paris 1997»; le commentaire y est d'une rare indigence.

**TABLE 1**  
**Épigraphie des faces illustrées à la figure 1 (d'après les TEI) et essai de traduction**

| NL1-Face dédicace                                   | NL2-Face latitude                                       | BNF1-Face dédicace                                                                            | BNF2-Face latitude                                     |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| الملك العادل                                        |                                                         | الملك العادل نور<br>الدين محمود زنگي                                                          |                                                        |
| Pour le seigneur<br>al-Adil                         |                                                         | (pour) le Seigneur <i>Nūr al-Dīn</i><br><i>Maḥmūd ibn Zengī</i>                               |                                                        |
| ابو المظفر عماد<br>الدين                            |                                                         | لمعرفة الساعات<br>الزمانية و أوقات<br>الصلوات<br>(كذا = الصلوات)                              |                                                        |
| <i>Abu Muzaffar</i><br><i>Imad al-Din</i>           |                                                         | pour déterminer les heures de<br>temps (inégaux) et les heures<br>de prière                   |                                                        |
| لمعرفة الساعات<br>الزمانية                          | معرفة اساعات<br>(كذا =<br>الساعات)<br>الزمانية لعرض الج | لعرض ابو صنعته<br>أبي الفرج عيسى<br>تلميذ القسم                                               | معرفة الساعات<br>الزمانية لعرض الج                     |
| pour déterminer<br>les heures de<br>temps (inégaux) | Détermine les<br>heures du temps<br>(inégaux) pour 33°  | pour la latitude 36°. Fait par<br><i>Abū-l-Faraj 'Īsā</i> , disciple de<br><i>Abū-l-Qāsim</i> | Détermine les<br>heures du temps<br>(inégaux) pour 33° |
| صنعه أبو الفرج<br>عيسى                              |                                                         | بن هبة الله<br>الاصطرابي (كذا = الأسترابي)<br>سنة ثد                                          |                                                        |
| Fait par<br><i>Abū-l-Faraj 'Īsā</i>                 |                                                         | b. <i>Hibatu-l-Allah al-Asturlābī</i><br>en l'année TH N D (=559 H)                           |                                                        |

Ces deux instruments sont l'objet de fiches dans les Thésaurus de l'Épigraphie Islamique<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>Thésaurus d'Épigraphie Islamique (TEI), fiches n°56199 & 7944, consultées le 14-02-2025. <https://www.epigraphie-islamique.uliege.be/Thesaurus/User/MainSearch.aspx>.

## 2 La «jambe de sauterelle»

La fabrication et le principe d'utilisation de la jambe de sauterelle sont décrits par *d'al-Marrâkushî* au XIII<sup>e</sup> siècle (Sédillot 1834, p. 440 et suiv.) et *Najm al-Din al-Misri* au XIV<sup>e</sup> (Charette 2003, p. 145 et suiv.). La figure 2 illustre son utilisation : premièrement ; il faut insérer le gnomon, dont la longueur est spécifique à l'instrument, dans un des trous *ad hoc* de l'instrument ; le choix se faisant en fonction de la date (signe du zodiaque). Puis, il faut diriger le gnomon dans la direction du Soleil, tout en maintenant l'instrument en position verticale. Enfin, il suffit de lire l'heure inégale à l'intersection de l'ombre du gnomon avec les lignes horaires.

Comme le soulignent déjà les auteurs médiévaux, cet instrument est très similaire, sur le plan scientifique, au cadran cylindre<sup>6</sup> ; la réalisation en est plus facile, mais l'utilisation plus contraignante. La figure 3 illustre le dessin du manuscrit d'*al-Marrâkushî* (XIII<sup>e</sup> siècle), la restitution minimaliste qu'en a fait Sédillot (1834), et le résultat d'un calcul moderne. On notera, que l'échelle horizontale est conventionnelle et résulte uniquement du choix de la largeur des signes. L'échelle verticale, quant à elle, dépend de la longueur du gnomon et de la latitude du lieu.

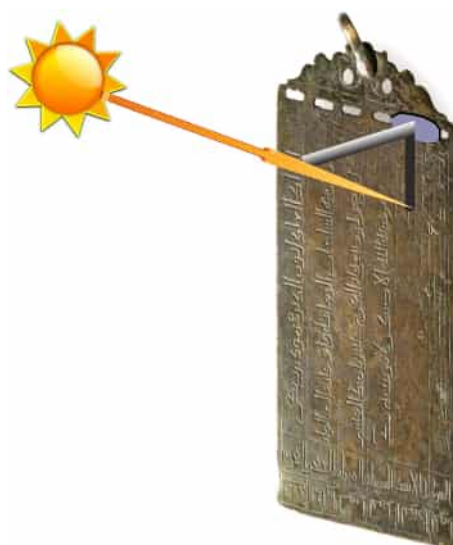


FIG. 2 – Schéma illustrant la mise en station et la lecture de l'heure sur une «jambe de sauterelle».

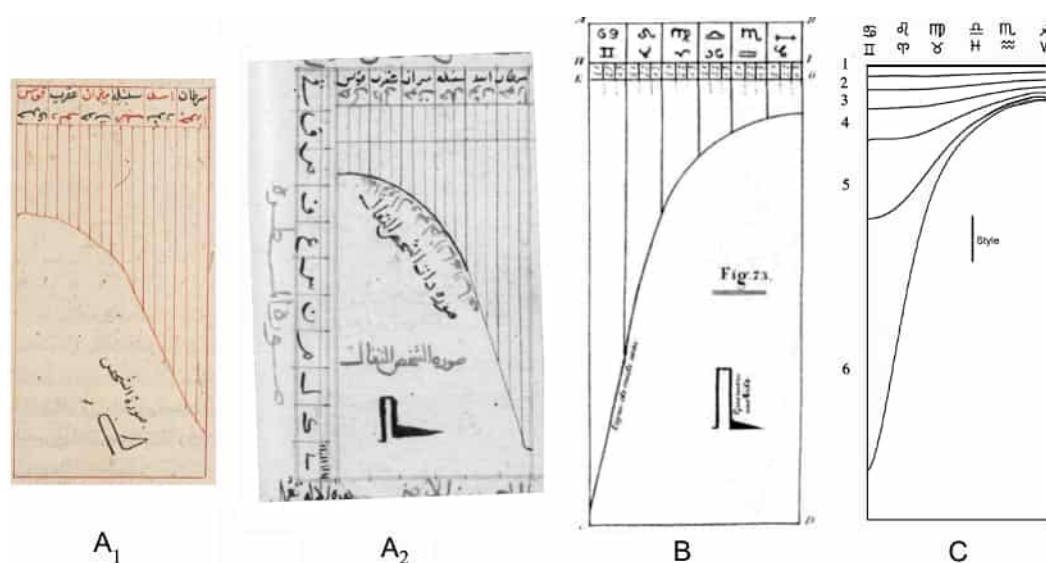


FIG. 3 – Quatre illustrations de «jambe de sauterelle». A : Figures originales d'*al-Marrâkushî* pour 30° de latitude (A1 = fol. 75r, Br. Libr. Or 5831 / A2= fol. 119 v., BNF Arabe 1147 ancienne côte = Arabe 2507 nouvelle côte). B : Adaptation du dessin précédent par Sédillot (1834, Fig. 73). C : Résultat d'un calcul moderne pour 30° de latitude. On gardera à l'esprit que les heures inégales correspondent à des intervalles de temps, alors que les heures égales indiquent un instant de la journée. De ce fait, la première heure inégale débute au lever du Soleil (il n'y a pas d'heure « zéro »), et son passage au méridien a lieu à la fin de la 6<sup>e</sup> heure, et donc au début de la 7<sup>e</sup>.

<sup>6</sup>Connu en France comme « Cadran de berger », voir Savoie (2012).

Par ailleurs, il semble qu'*al-Marrākushī* fut le premier à utiliser le terme de « jambe de sauterelle » pour désigner ce genre d'instrument (Charette 2003). Ce nom, surprenant, a donné lieu à diverses explications. Sédillot (1834, p. 440) fait le lien avec un outil de maçon du XIX<sup>e</sup> siècle qui est appelé « sauterelle ». Charette (2003, p. 146) a souligné combien cette hypothèse était artificielle et en propose une autre liée à la forme des lignes horaires, et spécialement l'espace entre les 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> heures. Plus récemment, le rédacteur anonyme de la notice des catalogues des ventes de 2022 à Hattemerbroek (NL) évoque rapidement, sans référence, et dans un but de valorisation commerciale évidente, une vieille légende parlant d'un cadeau d'une fourmi au roi Salomon. Nous avons trouvé une étude de 2020 signée par A. V. Moiseeva de l'« *Institute of Oriental Manuscripts of the Russian Academy of Sciences* », qui détaille cette légende perse. Elle évoque l'histoire d'une fourmi qui se rendit à la cour du roi Salomon avec un cadeau très modeste : une jambe de sauterelle, cadeau qui fut accepté par le roi. Selon l'auteur de l'étude :

« ... cette légende ... est tellement ancrée dans la tradition poétique de langue persane qu'elle a formé une métaphore stable : une jambe de sauterelle (ou un cadeau de fourmi) est une très petite faveur ou un cadeau superflu qui a néanmoins demandé beaucoup d'efforts pour être préparé » ;

et il ajoute :

« En poésie, l'histoire d'une fourmi donnant à Salomon une jambe de sauterelle peut être utilisée dans le contexte de l'expression de l'humilité de l'auteur, lorsqu'il présente sa modeste œuvre littéraire à son mécène ».

Si l'on transpose cette dernière remarque de la poésie au domaine des instruments scientifiques, on peut parfaitement admettre que le cadeau d'*Abû-l-Faraj 'Îsâ* à un émir constitue une « jambe de sauterelle ». Mais deux problèmes apparaissent alors :

1. Moiseeva (2020) se réfère à la littérature perse, cette légende était-elle arrivée en Égypte au XIII<sup>e</sup> siècle, lieu et époque où travaillait *al-Marrākushī* qui est l'auteur qui semble avoir introduit le terme ?
2. pourquoi cette dénomination est restée cantonnée à cet instrument particulier et ne s'applique pas aussi à d'autres instruments offerts à des puissants mécènes ? La question se pose, y compris, pour les astrolabes assez fréquemment signés par des artisans-gnomonistes faisant preuve d'une profonde humilité en se qualifiant de « le plus insignifiant / méprisable des étudiants/ des hommes » (*sic*) ou « le serviteur qui a besoin de son Seigneur » (*sic*) etc. ...).

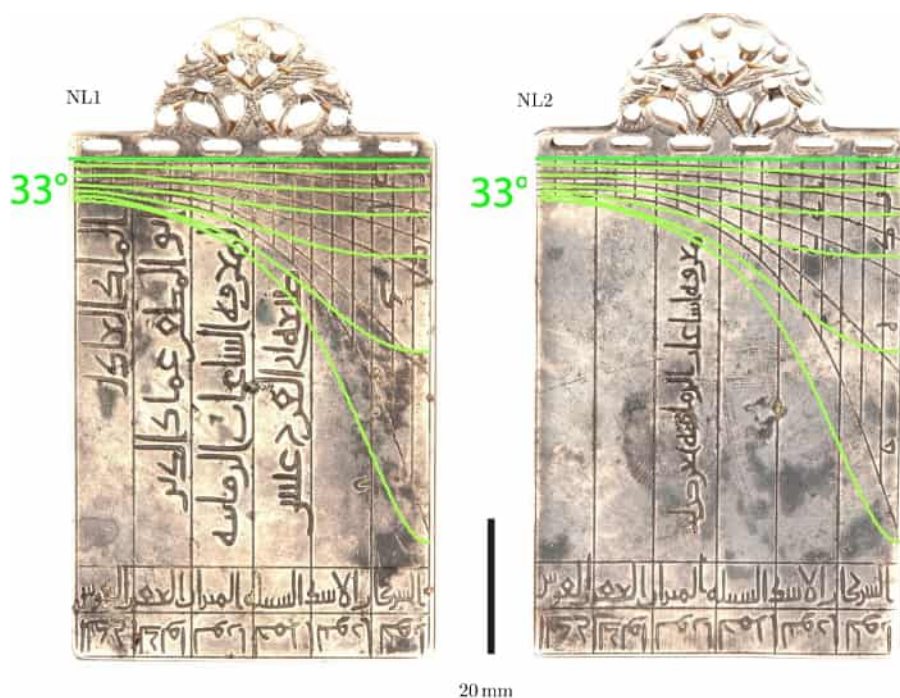
En l'absence de réponse à ces interrogations, la question de l'origine du terme « jambe de sauterelle » reste ouverte.

Dans ce qui va suivre, nous allons décrire ces deux instruments en commençant par le plus ancien, selon la dédicace.

### 3 La « jambe de sauterelle » proposée aux enchères en 2022 (NL)

Selon la dédicace, l'instrument de Hattemerbroek (NL) est dédié par *Abû-l-Faraj 'Îsâ* à l'émir *Adil Abu Muzaffar Imad al-Din Zangi* (mort en 1146). Les deux faces, très similaires sur le plan gnomonique, sont conçues pour la même latitude de 33° (latitude de Damas). Cette duplication est surprenante et à notre connaissance unique dans le corpus des instruments astronomiques arabomusulmans. Sur le plan historique le choix de 33° peut sembler surprenant dans la mesure où cet

émir ne régna jamais sur Damas, ni sur aucune localité à cette latitude. C'est son fils *Nur al-Din Zangi* qui en réalisa la conquête en 1154. Dès lors, pourquoi dédier un cadran solaire conçu pour une localité à un souverain qui n'a pas accès à celle-ci ?



**FIG. 4** – Superposition des faces de l'instrument de Hattemerbroek (NL) (même nomenclature que la Fig. 1) avec une modélisation pour 33° de latitude, calée sur une longueur de gnomon choisie de façon à ce que la longueur de l'ombre à midi, le jour du Solstice d'été, soit correcte.

Par ailleurs, le tracé des lignes horaires pose un certain nombre de problèmes : nous allons comparer ces tracés avec le résultat de modélisations calculées pour la latitude 33°. L'échelle horizontale (époque de l'année)<sup>7</sup> est, comme déjà signalé, conventionnelle. Pour l'échelle verticale un calage précis nécessiterait de connaître la longueur du gnomon de l'instrument. Cette information n'étant pas disponible (gnomon perdu), nous allons supposer que la longueur de l'ombre méridienne, au Solstice d'été (midi solaire / début de la 7<sup>e</sup> heure inégale) est correctement calculée<sup>8</sup> et donc correspond à celle du modèle à 33°. La figure 4 illustre le résultat de cette comparaison ; le résultat est très mauvais. Les heures qui ont pu être fournies par cet instrument étaient très approximatives (erreur parfois supérieure à 1 h inégale).

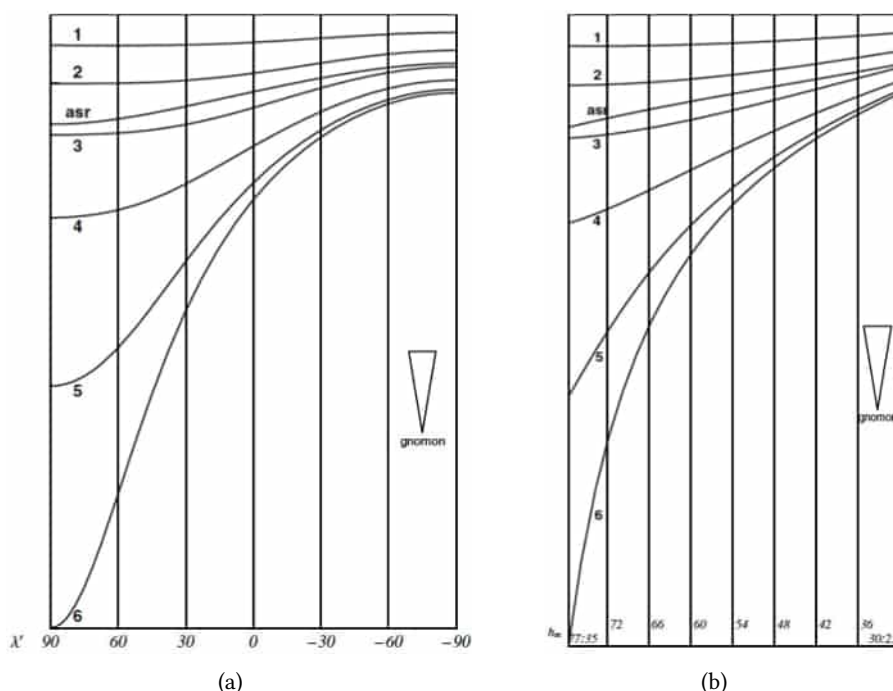
Pour tracer les cadrans solaires, les gnomonistes médiévaux du monde musulman utilisaient des tables qui fournissaient, en fonction du type de cadran à réaliser et selon l'heure et la période de l'année, la longueur de l'ombre recta ou versa, ou alors, sa longueur et son azimuth. Ces tables étaient généralement établies à partir de formules connues sous le vocable de « formules indiennes » (King 2014, v. 2, p. 111-198). Il s'agit de formules approchées qui donnent des résultats tout à fait corrects aux latitudes, relativement basses, du monde arabo-musulman. Pourtant les cadrans solaires de cette époque sont généralement très imprécis (voir par exemple King 1978, Almiron 2014, Mercier 2018 & 2019). Ceci est probablement dû à des altérations provoquées par une multitude de copies et recopies

<sup>7</sup>Dans ce paragraphe, horizontal et vertical se réfèrent à la position d'utilisation : Fig. 2 page 74.

<sup>8</sup>D'après *al-Marrākushī*, c'est en calculant la longueur de l'ombre méridienne au Solstice d'été que le gnomoniste peut fixer la longueur optimale du gnomon de façon à occuper au mieux l'espace disponible. On peut donc supposer que la détermination de ce paramètre, à la base de la réalisation de l'instrument, est correcte.

des tables manuscrites, et des tentatives de « bidouillage » pour compenser la non-disponibilité de table à la latitude souhaitée. Par ailleurs, des altérations liées au processus de copies et de recopies affectent également les dessins de cadrans qui ont pu être utilisés comme modèles directs d'instruments réels...

Dans le cas qui nous intéresse ici, une autre explication peut être envisagée. Dans les manuscrits anciens<sup>9</sup> qui traitent de la « Jambe de sauterelle », l'instrument est présenté sous deux versions qui diffèrent par le choix de l'échelle horizontale (époque de l'année). Celle-ci peut correspondre au temps (longitude écliptique ou échelle du zodiaque) ou à la déclinaison. Bien entendu, comme ces échelles ne présentent pas une relation linéaire entre-elles, le tracé des lignes horaires est différent dans les deux versions de l'instrument (Fig. 5). On remarquera que le second tracé de cette figure a une allure proche de celui de l'instrument étudié ici. Il est donc possible que le tracé ait été inspiré d'un tel manuscrit et que l'individu à l'origine du tracé, quel qu'il soit, n'avait pas compris la différence entre les deux versions. Cette incompréhension l'aurait conduit à réaliser un instrument « hybride » sans aucune consistance scientifique.



**FIG. 5** – Les deux versions de la « Jambe de sauterelle » qui diffèrent par leur échelle horizontale : Zodiaque ou déclinaison (exprimés dans cette figure extraite de Charrette 2003, p. 148, en longitude écliptique et hauteur méridienne).

Si le tracé des lignes horaires est déficient, celui du réseau vertical (exemples sur la Fig. 6 [page suivante](#)) est réalisé avec une très grande précision et une remarquable régularité. Mais, on constate que l'épigraphie s'adapte mal à cette régularité. Ainsi sur les échelles du Zodiaque situées à la base des faces, les noms des signes, qui ont des longueurs variables, débordent fréquemment des colonnes auxquelles ils se réfèrent. Nous reviendrons sur ce point en conclusion.

Inversement, l'épigraphie est caractérisée par de nombreuses imperfections :

<sup>9</sup>En réalité on ne connaît pas de manuscrits antérieurs au XIII<sup>e</sup> siècle traitant de la « Jambe de sauterelle ». L'explication proposée ici est donc à confirmer.



**FIG. 6** – Quelques détails et localisations de mesures, illustrant la bonne maîtrise et la régularité du tracé des lignes verticales de la face NL1.

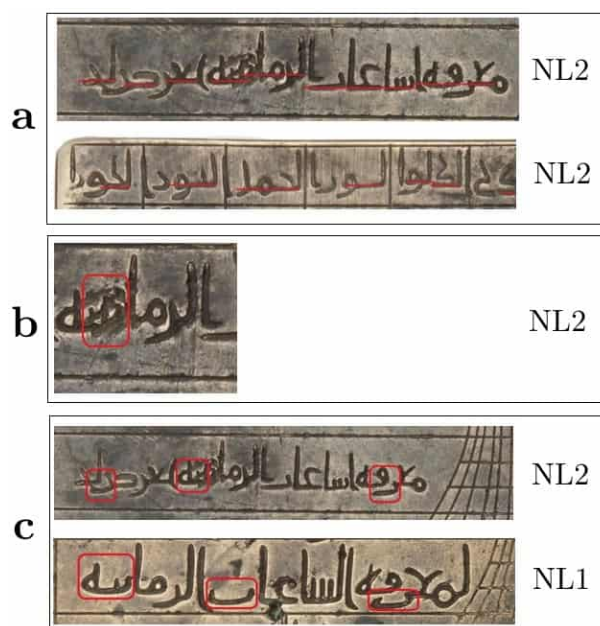
- la ligne de base n'est pas respectée (Fig. 7a)
- certains mots sont mal orthographiés :
  - \* Le mot *اساعات* : souffre d'une omission de *lâm alif* du mot arabe *al-sâ'ât* (les heures); on devrait lire : *الساعات*.
  - \* la lettre *yâ* a été ajoutée au mot *الزمانية* *al-zamâniyya* (temporaires); on devrait lire : *الزمانية*.
- on note un essai de correction d'un mot par le biffage de l'indentation en trop (Fig. 7b).

Par ailleurs, le style peut être qualifié de « souple » (Fig. 7c).

Notons enfin, la remarquable similitude de l'épigraphie, notamment des noms des signes du Zodiaque, sur les deux faces de l'instrument (Fig. 8).

#### 4 La « jambe de sauterelle » de la BNF (559 h [1163/64])

Cet instrument est donc dans les collections de la BNF depuis 1895. Il est dédié à *Nur al-Din Zangi* (1118-1174), c'est à dire le fils de *al-Adil Abu Muzaffar Imad al-Din Zangi*, l'émir auquel est dédié l'instrument précédent. Par ailleurs, le gnomoniste se revendique d'un maître : *Hibatu-l-Allah ibn Husayn al-Badi' al-Asturlâbî*, d'après Brieux et Maddison (2021, t.1 p. 277), il s'agit de *Hibat Allâh ibn al-Husayn al-Badi al Asturlâbî* (mort en 534 / 1140) qui fut « un des savants les plus illustres de l'Islam médiéval » (*sic*). Il est aussi connu comme *Badi' al-Zamân* (Prodige du Siècle/de l'époque).



**FIG. 7** – Illustration de quelques imperfections et caractéristiques de l'épigraphie de l'instrument de Hattemerbroek (NL).

a : non respect de la ligne de base ; b : exemple de tentative de correction par biffage d'une indentation ; c : illustration de la souplesse fautive de l'écriture.



**FIG. 8** – L'échelle du zodiaque sur les deux faces de l'instrument de Hattemerbroek (NL). On remarque l'extrême similitude de l'épigraphie des deux faces et son inadaptation au réseau de lignes, notamment aux lignes verticales qui mordent sur le nom des signes.

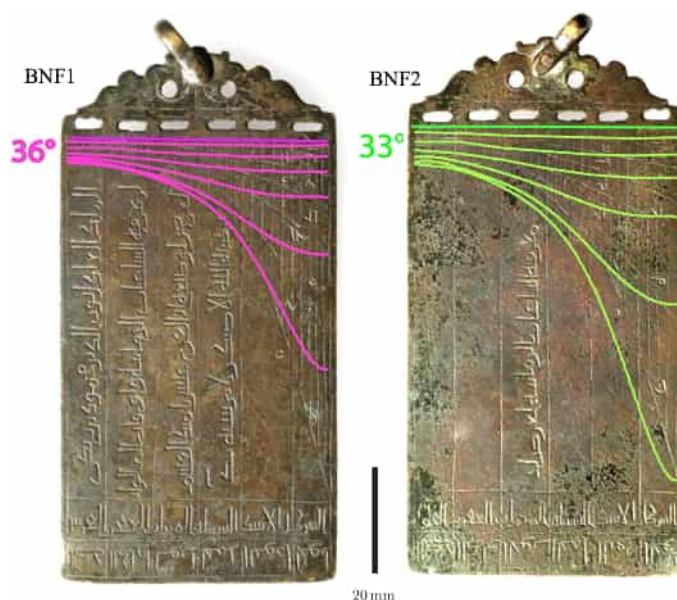
La dédicace précise que l'instrument est prévu pour être utilisé aux latitudes <sup>10</sup> de 36° (Fig. 1 page 72, BNF1) et 33° (Fig. 1, BNF2) (Casanova 1923, et Tuner et al 2018)<sup>11</sup>. Pourtant les lignes horaires de la face 36° sont remarquablement proches du tracé de l'instrument précédent (NL) et très similaire au

<sup>10</sup>Sur le plan historique, cette sélection se justifie par le fait que les principales villes gouvernées par *Nur al-Din Zangi*, Alep et de Damas, ont approximativement ces latitudes.

<sup>11</sup>Brieux & Maddison (2022, t. 1, p. 277), qui étaient tous les deux des experts incontestables de l'épigraphie des instruments scientifiques musulmans, ont lu 36° et 38° sur l'instrument de la BNF, et ce, en désaccord avec tous les autres auteurs.

tracé de la face 33°<sup>12</sup> (Fig. 9). On note notamment que les ombres méridiennes au Solstice d'été ont la même longueur alors que la différence devrait être très sensible <sup>13</sup> (dans le rapport d'environ 3 à 4) <sup>14</sup>. Cela ne peut s'expliquer que de deux façons :

- il existait des gnomons de longueurs différentes pour chacune des faces, ce qui paraît peu probable.
- l'affirmation de la double latitude est abusive.



**FIG. 9** – Superposition des faces de l'instrument de la BNF (même nomenclature que la Fig. 1 page 72) avec des modélisations à 33° et 36°, calées sur une longueur de gnomon unique choisie de façon à ce que l'ombre à midi, à 33° de latitude, le jour du Solstice d'été, soit correcte sur la face BNF1.

L'instrument de la BNF possède deux autres anomalies significatives :

- la face 36° (Fig. 1 page 72, BNF1) ne compte que 5 heures inégales <sup>15</sup>. Manifestement, il manque une ligne horaire, celle du début de la seconde heure (erreur signalée par Casanova 1923). -
- chaque signe est divisé par un réseau de lignes verticales en 5 intervalles sauf : (1) l'intervalle Scorpion / Verseau de la face BNF1 qui en a 6, et (2) l'intervalle Cancer / Gémeaux de la face BNF2 qui en a 4.

Dans le même ordre d'idée, on constate que de manière générale et contrairement au cas de l'instrument précédent (NL), le réseau de lignes verticales est très imparfait, voir approximatif. La figure 10, à comparer à la figure 6 page 78, illustre ce tracé approximatif des lignes verticales. On constate de fortes irrégularités dans l'écartement de ces lignes qui engendrent un parallélisme défectueux et des intervalles variables.

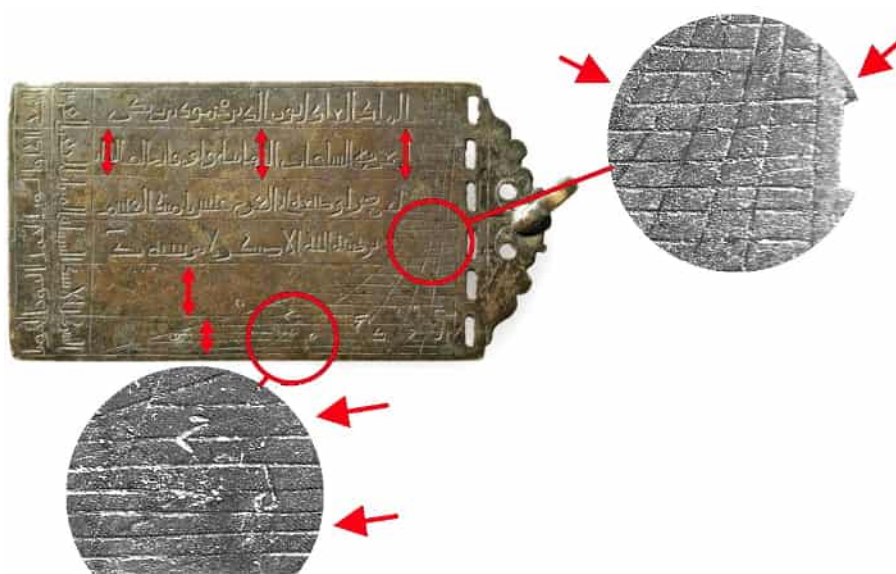
Casanova (1923) inventorie de nombreuses erreurs, imperfections et maladroites dans l'épigraphie de cet instrument. Nous n'y reviendrons pas, nous soulignerons juste que le style est beaucoup plus

<sup>12</sup>Mais non totalement superposable à l'inverse du cas des deux faces de l'instrument précédent.

<sup>13</sup>Très curieusement, cette particularité de l'instrument de la BNF n'est signalée par aucun des commentateurs précédents.

<sup>14</sup>L'ombre méridienne verticale au Solstice d'été est de 5,93 gnomons à la latitude 30°, et 4,79 gnomons à 36°.

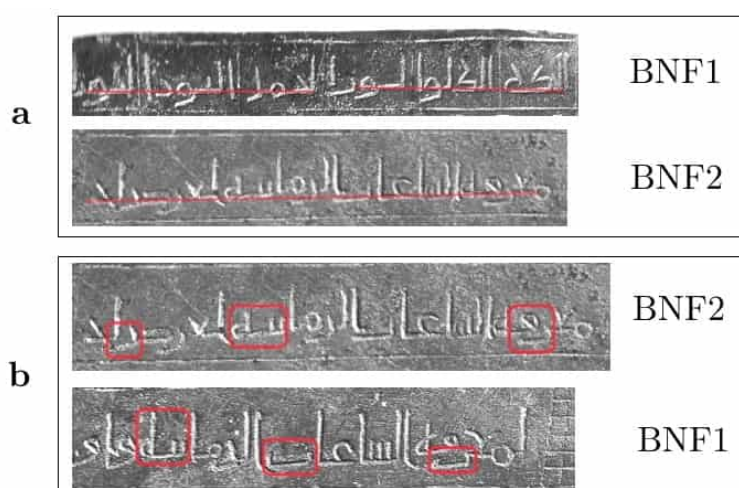
<sup>15</sup>C'est-à-dire 5 espaces entre les lignes horaires.



**FIG. 10** – Quelques détails et localisations de mesures, illustrant l'imperfection du tracé des lignes verticales de la face BNF1.

soigné que sur l'instrument précédent. On note notamment le respect de la ligne de base et l'orthogonalité du lettrage. Ces constatations sont surprenantes dans la mesure où, très généralement, c'est une évolution inverse qui est constatée ; c'est-à-dire de l'orthogonalité vers la souplesse de l'écriture ! Comme précédemment, on note des fautes d'orthographe :

- \* l'ajout d'un *alif* après la lettre *sâd* ; الصلوات on devrait avoir الصلوات : tel que le mot est cité dans le Coran.
- \* dans le mot : الاصطلاي , l'emploi de la lettre *sâd* à la place de la lettre *sîn*. Cette confusion résulte probablement de la similitude de prononciation et de phonétique des deux lettres. On devrait avoir : الاسطرلاي.



**FIG. 11** – Illustration de quelques caractéristiques de l'épigraphie de l'instrument de la BNF (à comparer avec la figure 7). a : bon respect de la ligne de base ; b : bon respect de l'orthogonalité de l'écriture.

Notons enfin que le cadran de la BNF revendique, dans la dédicace (Tabl. 1), avoir été conçu pour déterminer les heures inégales et les heures de prière. Or, aucune courbe supplémentaire ne peut

être reliée à cette dernière fonction. En fait, il est probable qu'au XII<sup>e</sup> siècle, en Syrie, les prières de la journée étaient simplement associées à des heures inégales<sup>16</sup>. Des définitions plus élaborées ont commencé à se répandre dans le monde musulman dès le X<sup>e</sup> siècle, mais elles ont mis du temps pour s'imposer.

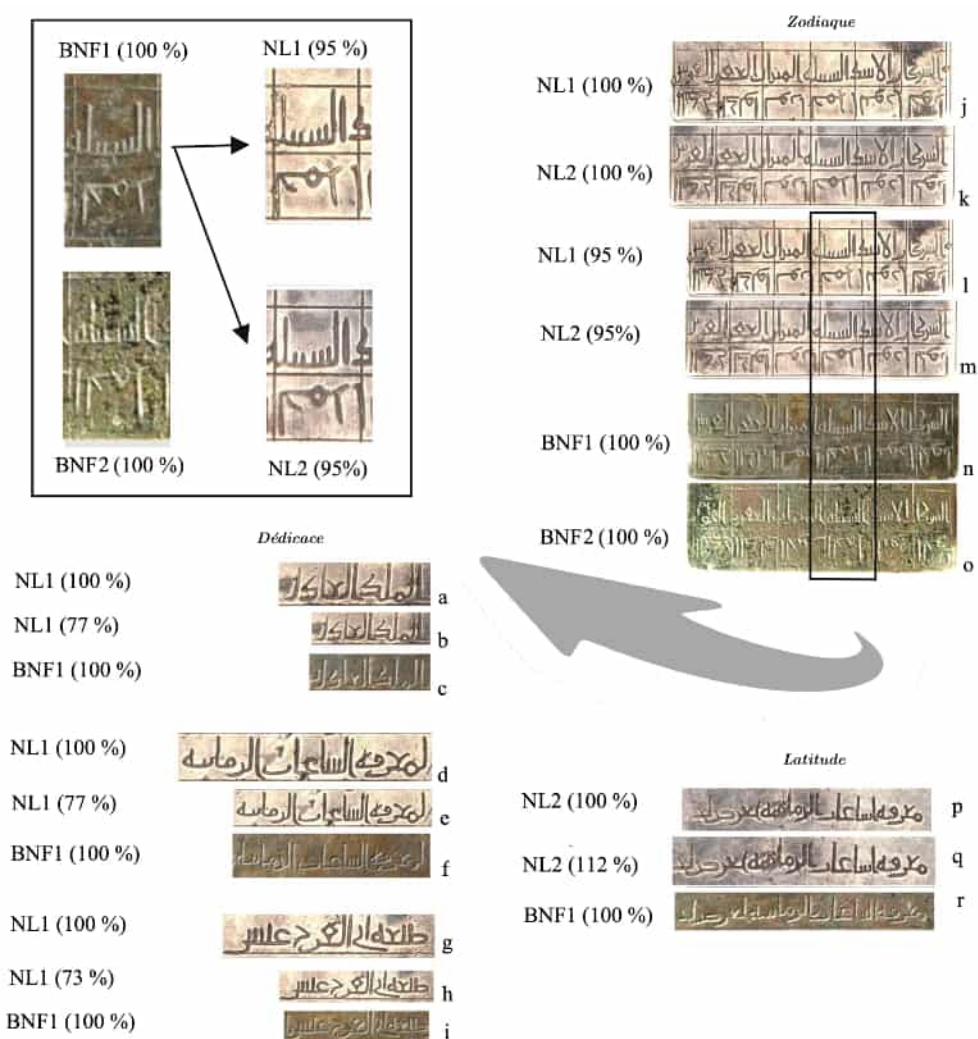
## 5 Discussion et conclusions

Le *premier point* à envisager est celui de la valeur scientifique de ces instruments. Le tracé des lignes horaires est gravement fautif. Cette particularité avait déjà été soulignée par Casanova (1923) au sujet de l'instrument de la BNF. Cet auteur en était arrivé à cette conclusion en comparant les tracés de l'instrument avec les données tabulées dans le traité d'*al-Marrâkushî* (Sédillot 1834). Cette conclusion est extrapolable à l'instrument de Hattemerbroek qui présente les mêmes tracés. Cette mauvaise qualité est surprenante, notamment si *Abû-l-Faraj 'Îsâ* (l'artisan) est effectivement l'élève de *Hibatu-l-Allah ibn Husayn al-Badî' al-Asturlâbî* (le maître dont il se revendique). Il est possible que cette revendication, qui apparaît 23 ans après la mort du maître, soit abusive. Il est aussi surprenant que des instruments aussi imparfaits aient été conçus pour être offerts aux souverains de l'époque. Généralement, ce genre de cadeau sont réalisés par des artisans particulièrement habiles et célèbres. Le *second point* concerne les heures de prières. Selon King (1993 & 2014) l'instrument de la BNF constitue un témoignage important dans l'histoire de la définition, et de l'acceptation tardive par la communauté musulmane, du mode de calcul astronomique de ces heures. Ce qui précède jette un doute sur la valeur de ce témoignage. Il est possible que l'allusion aux prières sur l'instrument de la BNF soit aussi abusif que la revendication de double latitude, et que la référence au maître *Hibatu-l-Allah ibn Husayn al-Badî' al-Asturlâbî*.

Le *troisième point* concerne les anomalies difficilement explicables que l'on peut relever sur l'instrument de Hattemerbroek (NL). Parmi ces anomalies, rappelons : (1) la référence à la latitude de 33° sur l'instrument dédié à un émir qui régnait sur un territoire nettement plus septentrional, (2) le fait que les deux faces présentent des similitudes troublantes, y compris dans le détail de l'épigraphie, et (3) la mauvaise adaptation de cette épigraphie au réseau de lignes verticales. La comparaison entre les deux instruments met en évidence d'autres anomalies. La première concerne le réseau de lignes verticales qui est remarquablement régulier sur l'instrument le plus ancien (NL) (Fig. 6 page 78) et se dégrade fortement sur l'instrument de la BNF (Fig. 9 page 80). Une seconde série d'anomalies concerne l'épigraphie.

Rappelons que l'évolution du style perceptible entre les deux instruments (notamment avec une augmentation de l'orthogonalité du lettrage) est atypique. Si l'on s'intéresse à l'épigraphie des échelles du zodiaque et si l'on compare les faces de l'instrument de la BNF, on constate des différences dans l'écriture du nom des signes correspondants (n & o; Fig. 12 page ci-contre). Nous avons vu (Fig. 8 page 79) que dans le cas de l'instrument de Hattemerbroek, les écritures sont remarquablement similaires (voir aussi j & k; Fig. 12). De plus, on constate que l'épigraphie de ces échelles est très semblable à celle de la face BNF1 (l & m; Fig. 12, voir exemple de détail dans l'encadré). Ce genre de constation peut être renouvelée sur tous les éléments de textes communs aux deux instruments (de a à i et de p à r) (Fig. 12). Nous sommes donc en présence d'inscriptions qui proviennent de deux instruments réalisés à 18 années d'écart (minimum) mais qui sont quasi-parfaitement superposables. Il nous semble impossible de proposer une explication à ces similitudes, que l'on peut qualifier d'« effet photocopie », en dehors d'une hypothèse impliquant que l'un des deux instruments a été

<sup>16</sup>C'est la conclusion à laquelle est arrivé King (2014, p. 585) en se référant, par exemple, à un texte d'*al-Siqilli*, auteur du XIII<sup>e</sup> siècle. Voir aussi King (1993).



**FIG. 12** – Comparaison entre des parties de l'épigraphie commune aux deux instruments. Les inscriptions des faces NL1 et NL2 sont ramenées à la même échelle que celle de l'ensemble des inscriptions des faces BNF. L'encadré illustre, sur l'exemple de la Vierge et du Bélier, la similitude de détail dans les écritures des signes du Zodiaque des faces BNF1, NL1 et NL2 alors que les inscriptions sur la face BNF2 diffèrent de celles-ci par de nombreux détails.

dessiné en utilisant des moyens modernes, à partir d'images de l'autre instrument. Cette hypothèse nous conduit à envisager qu'un des instruments a été confectionné il y a moins de deux siècles.

Dans cette étude, nous n'avons travaillé qu'à partir des photographies disponibles sur le web ou dans la bibliographie. Manifestement des analyses complémentaires réalisées sur les instruments eux-mêmes sont souhaitables. Néanmoins, le fait que, sur l'instrument de Hattemerbroek (NL) : (1) le réseau de lignes semble avoir été réalisé par un moyen mécanique, (2) que l'épigraphie est hésitante et caractérisée par la présence des repentis, (3) que l'épigraphie des échelles du Zodiaque sur les deux faces sont similaires et non ajustées au réseau de lignes verticales et (4) que la dédicace à *Imad al-Din Zangi* est historiquement aberrante, constituent probablement des indices pour envisager que c'est cet instrument qui est de fabrication récente. Cette hypothèse est par ailleurs cohérente avec la chronologie de l'apparition de ces instruments.

## Références

- [1] Almiron E. M. (2014) : *Legad gnomonico de al-Andalus*, Reloj Andalusi edt., 173 p.
- [2] Brioux A. & Maddison F. (2021, parution en 2022) : *Répertoire des facteurs d'astrolabes et de leurs œuvres en terres d'Islam*, Brepols, 2 vol.
- [3] Carandell J. (1988) : *Risala fi'ilm al-zilal de Muhammad ibn al-Raqqam al-Andalusi*. Edicion, traduccion y comentario por Joan Carandell. Barcelona, 323 p.
- [4] Casanova P. (1923) : « La montre du sultan Noûr Ad Dîn. 554 de l'Hégire = 1159-1160 » ; Syrie, *Revue d'Art Oriental et d'Archéologie* (Paris), pp. 282-299.
- [5] Charette F. (2003) : *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria : The Illustrated Treatise of Najm Al-Dîn al-Misrî* ; Brill, 581 p.
- [6] Charette F. & Schmidl P.G (2004) : *al-Khwarizmi and Practical Astronomy in Ninth-Century Baghdad. The Earliest Extant Corpus of Texts in Arabic on the Astrolabe and Other Portable Instruments*, *SCIAMVS*, 5, pp. 101-198.
- [7] Kennedy E. S. (1976) : *The Exhaustive Treatise of Shadows*, Volume I : Translation. 281 p. Volume II : *Commentary* : 222 p. University of Aleppo, Aleppo.
- [8] King D. A. (1978) : « Three sundials from Islamic Andalusia », *Journal for the History of Arabic Science*, 2, pp. 358-392.
- [9] King D.A. (1993) : *Cadran solaire vertical du type « Jambe de sauterelle »* in Catalogue exposition « Syrie, mémoire et civilisation, Paris 14 Sept. 1993-30 Avril 1994 » 487 p. ; pp. 436-437.
- [10] King D.A. (1993) : *Mikât* in « Encyclopaedia of Islam | II », volume 7, pp. 26-32.
- [11] King D. A. (2014) : *In synchrony with the heavens*, volume 1 : *The call of the Muezzin* ; Brill éd., 930 p. ; volume 2 : *Instruments of mass calculation*, Brill éd., 1066 p.
- [12] King D. A. & Charette F. (2024) : « A Universal Sundial Made for Sultan Mehmet II, in the Context of Astronomical Instrumentation in late-15th Century Istanbul », *Suhayl*, vol. 21, pp. 7-208.
- [13] Mercier É. (2018) : « La qualité scientifique des instruments gnomoniques maghrebo-andalous (XI-XIX<sup>e</sup> siècles) », *13<sup>e</sup> Colloque Maghrébin sur l'histoire des mathématiques arabes*, Tunis, pp. 213-233.
- [14] Mercier É. (2019) : « Les premiers siècles de la gnomonique arabo-musulmane », *Cadran-Info*, n°39, pp. 89-109.
- [15] Moiseeva A. V. (2020) : « Prophet Sulaymân in Classical Persian Poetry : Semantics and Structure of the Image. *Vestnik of Saint Petersburg University* ». *Asian and African Studies*, vol. 12, 3, pp. 398-414.
- [16] Savoie D. (2012) : « Pourquoi "cadran de berger" ? », *Cadran Info*, n°25, pp. 79-81.
- [17] Sedillot, J. J. (1834) : *Traité des instruments astronomiques des Arabes*. 2 Vols. Paris.
- [18] Turner A., Ackermann S. & Arslan T.Y., (2018) : *Mathematical Instruments in the Collections of the Bibliothèque Nationale de France*, BNF Éditions / Brepols, London / Turnhout.



---

# Cadran du Morbihan de 1686

par PIERRE LABAT-SÉGALEN<sup>1</sup>

---

## MOTS CLEFS

Cadran horizontal; Étude;  
Méthodes d'analyse gnomonique.

## RÉSUMÉ

Analyse d'un cadran horizontal daté 1686, trouvé en Bretagne. Il est typique des anciens cadrans. Bien tracé, il reste encore quelques mystères dans l'interprétation des riches décorations. Le style est-il vraiment d'origine ?

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Demande de M. Antoine Bourdé

«Je me permets de vous écrire au sujet d'un cadran solaire gravé sur ardoise que j'ai récupéré en brocante dans le Morbihan (56). Je suis amateur d'art populaire et les cadrans solaires en sont un très bon exemple. Je recherche la symbolique ; pour le pentagramme, je pense à l'harmonie et également tout simplement aux étoiles. En revanche, la fleur à l'envers (...) ? Merci pour votre aide ».

En figures 1(a) & 1(b) [page suivante](#) les éléments communiqués.

Une visite de Pierre Labat-Ségalen chez les propriétaires Mr et Mme Antoine Bourdé en août 2023, a permis de compléter la documentation reçue par un examen et des relevés directement sur l'instrument.

## 2 Description générale

Tout cadran est constitué d'une « table » sur laquelle sont réalisés les tracés et d'un « style », élément portant l'ombre. Ici, de part ses tracés horaires, il s'agit d'un cadran solaire « horizontal ».

---

<sup>1</sup>Ont contribué également à l'étude : J.P. Cornec – P. Gagnaire – P. Sauvageot – J. Scordia. Tous sont membres de la CCS.

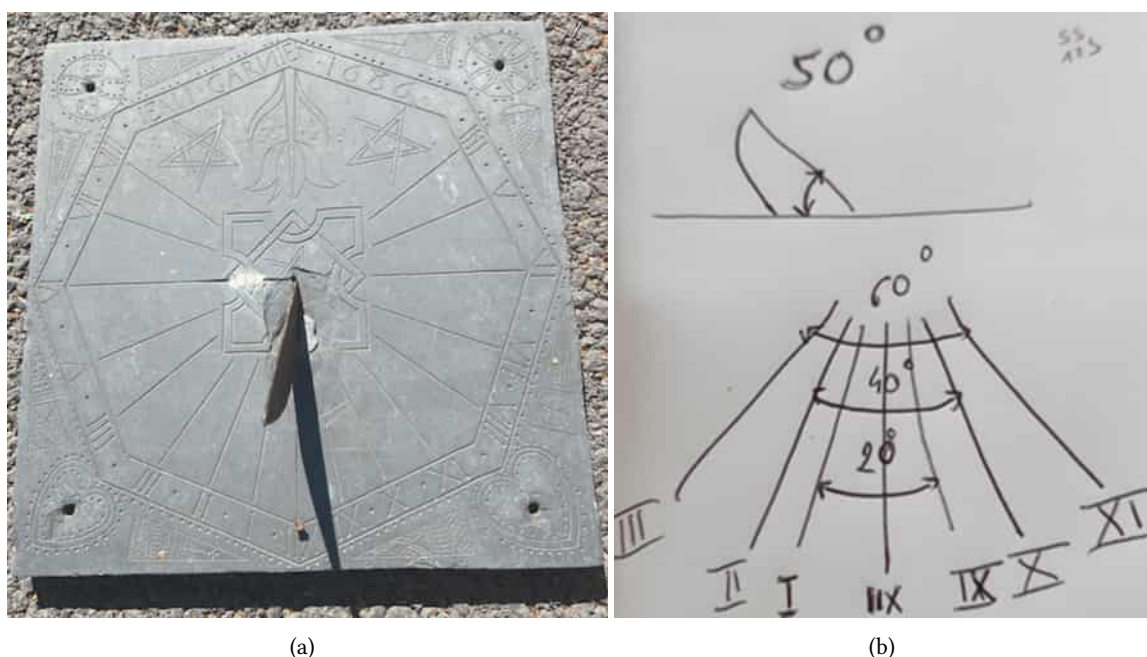


FIG. 1 – Photo &amp; dessin de M. Bourdé.

## 2.1 Table et style

La table est carrée de 320 mm pour une épaisseur de 14 mm. Sa masse est de 4 kg. Elle est en schiste ardoisier de bonne qualité. Le cadran lui-même est inclus dans un octogone.

Les tracés sont en creux. Les lignes horaires sont chiffrées dans un bandeau. Elles s'appuient sur un dessin de forme carrée au centre. Les demies sont pointées sous forme de trous borgnes que l'on retrouve sur l'ensemble du cadran.

Les chiffres sont romains de III h du matin à VIII h du soir. Un clou en fer apparaît au niveau de XII h.

L'angle du style avec la table est de  $48^{\circ}75'$  (cf. Fig. 2 page suivante). Le style est déformé, oxydé, désaxé et son implantation dans la table n'est pas correcte. Il est fixé au plomb et avec une clavette. Le plomb semble avoir été ajouté postérieurement à la fixation mécanique pour combler un trou accidentel sur la table. Le travail peut être qualifié de bricolage.

Au dos de la table (photo 2), un triangle rectangle avec un angle de  $48^{\circ}50'$  qui peut être celui du gabarit du style ?

## 2.2 Décor

- À l'intérieur de l'anneau, il est mentionné : « JEAN GARNIER », et la date de 1686.
- En extérieur un ensemble de dessins finement gravés, 2 fleurs et 2 cœurs.
- Une étoile à 5 branches au centre et deux autres positionnées de part et d'autre de la tulipe côté Sud. Au centre, un carré avec 4 arrondis concaves et un autre qui s'appuie sur sa pointe. Paul Gagnaire fait remarquer : « pourquoi l'étoile à 5 branches du centre de la composition a son alignement sur la droite VI – VI h, préféré à un alignement sur XII (Sud/Nord). Cela doit avoir une signification, mais laquelle ? ».



FIG. 2 – Le style.



FIG. 3 – Le décor.

- Côté Nord un cœur à chaque coin avec des petits trous à l'intérieur et à l'extérieur de l'enveloppe
- En périphérie de l'octogone 8, dessins (voir plus loin).
- Côté Sud deux cercles :
  - Celui du matin possède 8 branches internes avec un trou entre chaque branche. Ce trou est alterné en position, du plus près au plus éloigné du centre. En extérieur du cercle 6 fois 3 trous et 1 fois 2 trous.
  - Celui côté soir : dans un cercle 4 pétales (?). À l'intérieur de chaque pétale un nombre variable de trous de 7 à 9. À l'extérieur du cercle 6 fois 3 trous et un fois 2 trous.
- En périphérie extérieure du tracé octogonal une série discontinue de 4 trous puis 3 trous entre les lignes de VI h du soir et VI h du matin. Ce perçage est continu de VI h du matin à VI h du soir.
- La tulipe n'est pas à l'envers, le cadran est à observer du Sud.

### 2.3 Analyse de l'octogone à 8 dessins (Jean Scordia)

Le cadran, par un aspect de sa forme « l'octogone » est plus caractéristique du XVIII<sup>e</sup> que du XVII<sup>e</sup>. L'absence de devise surprend un peu. L'ornementation me fait penser que J. Garnier a un rapport avec la géométrie, l'arpentage, quelque chose de plus ou moins scientifique et ésotérique.

### 2.4 Ornementation

Il s'agit de figures géométriques (avec recours essentiellement à la règle et au compas) : le carré de la table, le carré dans le centre ; des triangles, des cercles et sections de cercle, des cupules — petits creux — ; des entrelacs (dans le motif central et les étoiles) ; des treillages en carré, losange, échelas, dents de scie ; des chevrons.

Les deux grands cercles en forme de rosace remplaceraient les figures du Soleil et de la Lune, d'où partiraient des rayons (ici des triangles ou cônes). Les cœurs symbolisent l'amour, la tulipe la magnificence (la tulipe est à cette époque une fleur relativement récente et rare).



(a)



(b)

**FIG. 4** – Ornementation du cadran.

Je pense que ces motifs servent à remplir au maximum le vide des 4 angles du grand carré. L'astronomie est symbolisée par les étoiles et peut-être les 2 cercles en haut de l'image (pouvant styliser des fleurs et les rayons du soleil & de la lune). Les cupules, dont les groupements paraissent aléatoires ou plus ou moins symétriques, sont purement décoratives (sans rapport avec les cupules des monuments mégalithiques morbihannais). Finalement, tous ces petits motifs géométriques me rappellent l'art arabe ou platéresque espagnol. Un des décors dans le triangle au-dessus de Jean (2 triangles imbriqués) est le même que le hiéroglyphe égyptien « di » [offrir].

## 2.5 JEAN GARNIER ? (Jean Paul Cornec)

Jean Garnier était sûrement le commanditaire de ce cadran, beaucoup moins sûrement le graveur. En faisant l'hypothèse que J.G. est originaire du Morbihan, j'ai recherché sur « Généanet », site de généalogie qui permet de retrouver beaucoup de personnes à partir du nom et d'une date. Plusieurs Jean Garnier ressortent, qui étaient à l'âge adulte autour de 1686, et donc susceptibles de recevoir un cadran ou de se payer un cadran et ce dans quatre communes :



(a)



(b)

**FIG. 5 – Ornementation.**

**TABLE 1**

| Commune            | Dates         | Age d'acquisition du cadran |
|--------------------|---------------|-----------------------------|
| La Trinité Porhoët | (1636 – ?)    | 50 ans                      |
| Saint Gonnery      | (1637 – ?)    | 49 ans                      |
| Pluherlin          | (1639 – 1705) | 47 ans                      |
| Pluherlin          | (1645 – ?)    | 41 ans                      |
| Priziac            | (1651 – 1721) | 35 ans                      |
| Pluherlin          | (1657 – ?)    | 29 ans                      |

Latitude des 4 communes :

- La Trinité Porhoët = 48° 5' ;
- Saint Gommery = 48° 7' ;
- Pluherlin = 47° 48' ;
- Priziac = 48° 3' .

### 3 Étude gnomonique

#### 3.1 Latitude

Dans le cas un cadran horizontal, l'angle du style par rapport à la table est égal à la latitude du lieu pour lequel le cadran a été calculé. Ici il a été relevé  $48^{\circ}75$  soit  $48^{\circ}45' N$  (Fig. 6)

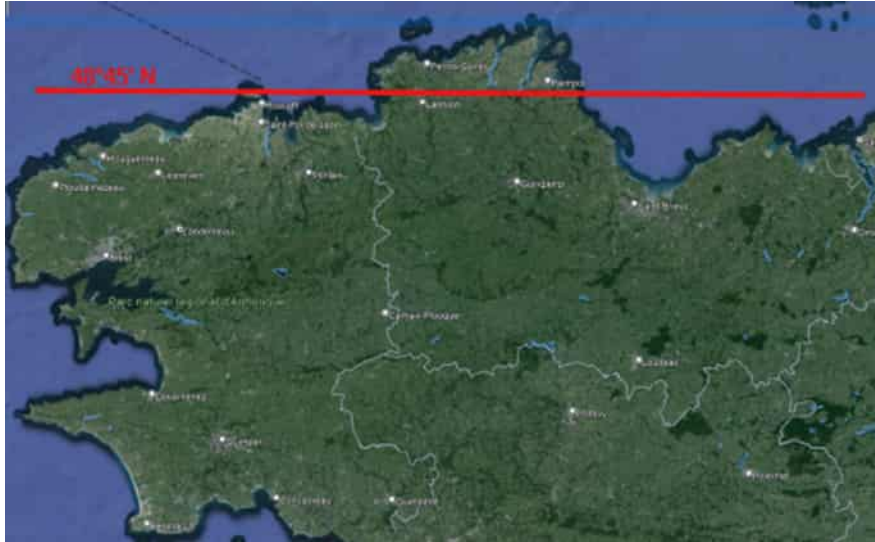


FIG. 6

#### 3.2 Tracé horaire

Les angles horaires relevés sont les suivants (tableau 2).

**TABLE 2**  
**Relevé des angles horaires tabulaires**

| 12 h | 12 h / 1 h | 12 h / 2 h | 12 h / 3 h | 12 h / 4 h | 12 h / 5 h | 12 h / 6 h |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|      | apm        | apm        | apm        | apm        | apm        | apm        |
| 0°   | 11°50      | 23°50      | 37°10      | 53°25      | 68°80      | 90°        |

| 12 h | 12 h / 11 h | 12 h / 10 h | 12 h / 9 h | 12 h / 8 h | 12 h / 7 h | 12 h / 6 h |
|------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
|      | matin       | matin       | matin      | matin      | matin      | matin      |
| 0°   | 11°00       | 23°40       | 37°10      | 53°25      | 68°80      | 90°        |

On constate que :

- les angles ne sont pas exactement symétriques par rapport à la ligne de midi comme ils devraient l'être.
- les valeurs théoriques de ceux-ci pour un cadran de  $48^{\circ}45'$  sont en table 3.

**TABLE 3**  
**Relevé des angles horaires tabulaires**

| 12 h | 12 h /<br>11 h ou 13 h | 12 h /<br>10 h ou 14 h | 12 h /<br>9 h ou 15 h | 12 h /<br>8 h ou 16 h | 12 h /<br>7 h ou 17 h | 12 h /<br>6 h ou 18 h |
|------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0°   | 11,3                   | 23,46                  | 36,94                 | 52,48                 | 70,38                 | 90°                   |

Nous ne sommes pas très éloignés des valeurs calculées. On peut considérer que ces valeurs sont correctes et puis ... nous sommes en 1686, alors !

## 4 Conclusion

Un joli cadran horizontal original, octogonal, avec les sommets de l'octogone alignés sur la ligne de midi, ce qui n'est pas fréquent.

Ce cadran est typique des anciens cadrans.

Il est bien tracé et destiné à une latitude d'environ 48°. Il reste encore quelques mystères dans l'interprétation des riches décorations. Le style est-il vraiment d'origine ? Il semble bien frustré pour un tel cadran aussi travaillé. Ce cadran mérite une restauration qui ne semble pas très complexe à exécuter.



---

# L'Horloge de Sapience, Jean Fusoris et la gnomonique médiévale

par ÉRIC MERCIER

---

## MOTS CLEFS

Astrolabe ; gnomonique médiévale ; Jean Fusoris ; style polaire.

## RÉSUMÉ

La miniature de la « Chambre des horloges », élément du manuscrit IV 111 (fol. 13v) de la Bibliothèque Royale de Bruxelles (XV<sup>e</sup> siècle), illustre pour la première fois dans l'Histoire, plusieurs inventions dans le domaine de la mesure du temps. Je montre qu'elle possède, de plus, une cohérence scientifique qui n'avait pas été mise en évidence précédemment. Sa composition a certainement bénéficié de l'assistance d'un gnomoniste/horloger de haut niveau. Des indices suggèrent qu'il s'agit de Jean Fusoris (1365-1436) qui pourrait être à l'origine des inventions illustrées, et notamment le style polaire.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Introduction

L'« Horloge de Sapience » (*Horologium Sapientiae*) est un traité de mystique chrétienne écrit entre 1333 et 1337 par un dominicain : Henri Suso. Il nous est parvenu dans environ cinq cents manuscrits des XIV et XV<sup>e</sup> siècles, soit en latin, soit dans des traductions en langues nationales. Cet ouvrage a peu à voir avec la science du décompte du temps (horlogerie et gnomonique) si ce n'est que celle-ci est utilisée par l'auteur comme allégorie (ou comme métaphore) des qualités chrétiennes qu'il promeut : tempérance et pondération. Ainsi, dans la traduction en vieux français du prologue :

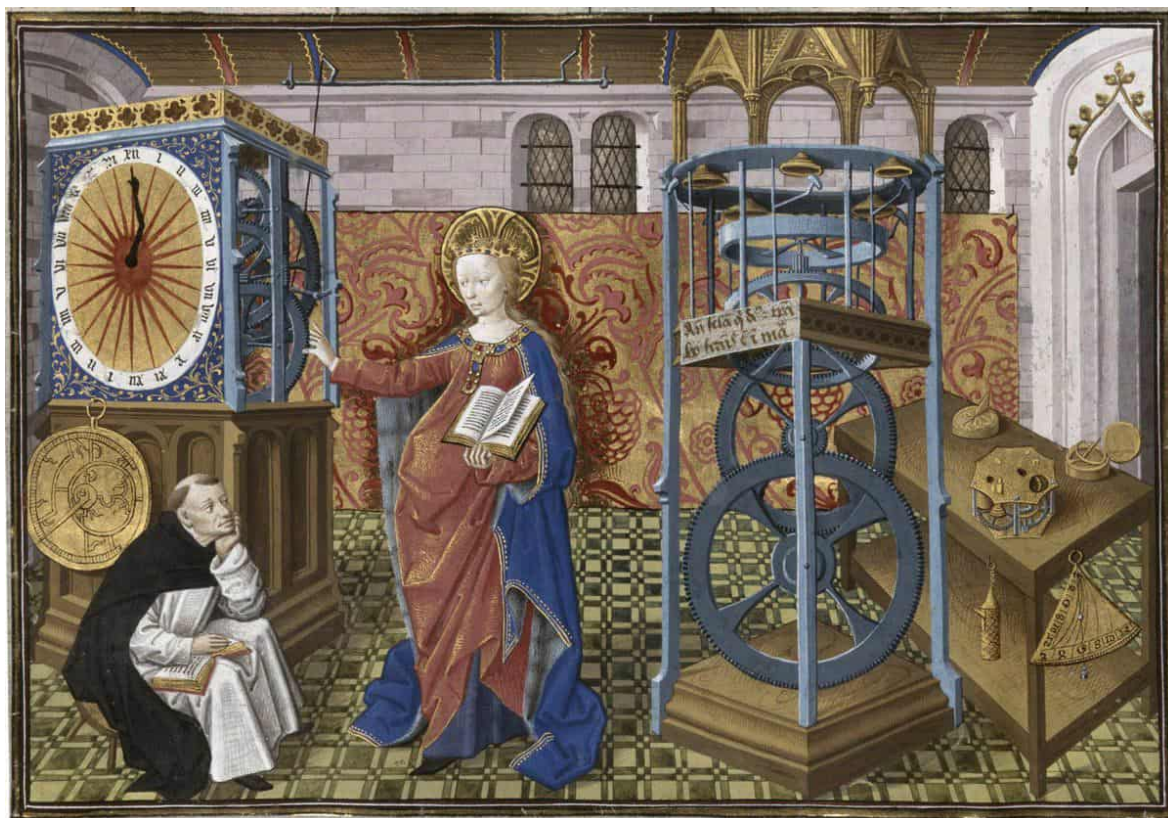
*« Sapience lui monstra ung horloge ou ologe de tres belle et de tres noble forme dont les roes estoient excellentes et les cloches doucement sonnans et par la diverse et subtile façon de lui, tout cuer humain semerveilloit et esjoissoit en regardant ycelui ».*

Dans plusieurs manuscrits, cette allégorie est reprise dans une illustration. Dans l'un d'eux, réalisé à Paris au milieu du XV<sup>e</sup> siècle (Bibliothèque Royale de Bruxelles, MS. IV 111, fol. 13v<sup>1</sup>), l'on voit

---

<sup>1</sup><https://opac.kbr.be/LIBRARY/doc/SYRACUSE/16782764>.

Sapience (la Raison) enseigner à un moine (Henri Suso lui-même?) au milieu de nombreux instruments de mesure du temps : horloges, carillons, cadrans solaires et un astrolabe (Fig. 1). Cette miniature est connue sous le nom de « Chambre des horloges », et elle est anonyme<sup>2</sup>. Cette œuvre est célèbre<sup>3</sup>, mais curieusement elle ne semble avoir donné lieu qu'à très peu d'analyses du point de vue de l'histoire de la mesure du temps<sup>4</sup>.



**FIG. 1** – « Sapience » enseignant à son disciple au milieu d'instruments de mesure du temps à la fois mécaniques et gnomoniques. Miniature datée du milieu du XV<sup>e</sup> siècle (Bibliothèque Royale de Bruxelles, MS. IV 111, fol. 13V).

La seule que j'ai trouvée est signée H. Michel (1960), elle insiste essentiellement sur les horloges mécaniques et ne traite que superficiellement les objets gnomoniques<sup>5</sup>. C'est cette étude qui fait actuellement autorité et qui sert de référence scientifique unique aux études sur le manuscrit et ses illustrations (voir par exemple : Spencer 1963 p. 283 ; Monks 1990 p. 53-58 et Dohrn-van Rossum 1996 pp. 105-108). Il m'a semblé qu'il était nécessaire d'aller plus loin que ne l'avait fait Michel (1960), dans l'analyse de l'astrolabe et des cadrans solaires observables sur cette miniature ; c'est l'objet de cet article.

<sup>2</sup>Certains auteurs comme Spencer (1963), ou Monks (1990), ont crû reconnaître le style du « Maître de Rolin », d'autres préfèrent considérer les miniatures comme anonymes.

<sup>3</sup>Une recherche inversée sur le Web en Septembre 2024 révèle plus de 200 occurrences de cette image.

<sup>4</sup>Contrairement, par exemple, aux tableaux de Holbein le Jeune : le « portrait de Kratzer ; 1528, Musée du Louvre – Paris » et « les ambassadeurs ; 1533, National Gallery – Londres » qui illustrent également des instruments gnomoniques et qui ont été le sujet de plusieurs analyses de détail (par exemple Drinkwater (1994), Dekker & Lippincot (1999), Lehébel & Péron (2016), North (2005), Bouchard (2010), Mills (2015)).

<sup>5</sup>Dans un ouvrage ultérieur, où il reprend son analyse de la miniature, l'auteur (Michel 1977, p. 124-125) n'évoque que les horloges mécaniques et les innovations qu'elles recèlent, et passe sous silence les instruments gnomoniques.

## 2 Les cadrans solaires

Les cadrans solaires, au nombre de quatre, sont tous localisés à la droite de l'image, au niveau d'une table massive. On reconnaît (Fig. 2) :



**FIG. 2** – Détail de la droite de la miniature. On y observe un mécanisme d'horloge dans lequel Michel (1960) a reconnu un ressort-moteur et une fusée régulatrice, ce qui constitue les plus anciennes mentions connues de ces innovations, et, ce qui nous intéresse ici, quatre cadrans solaires numérotés de 1 à 4.

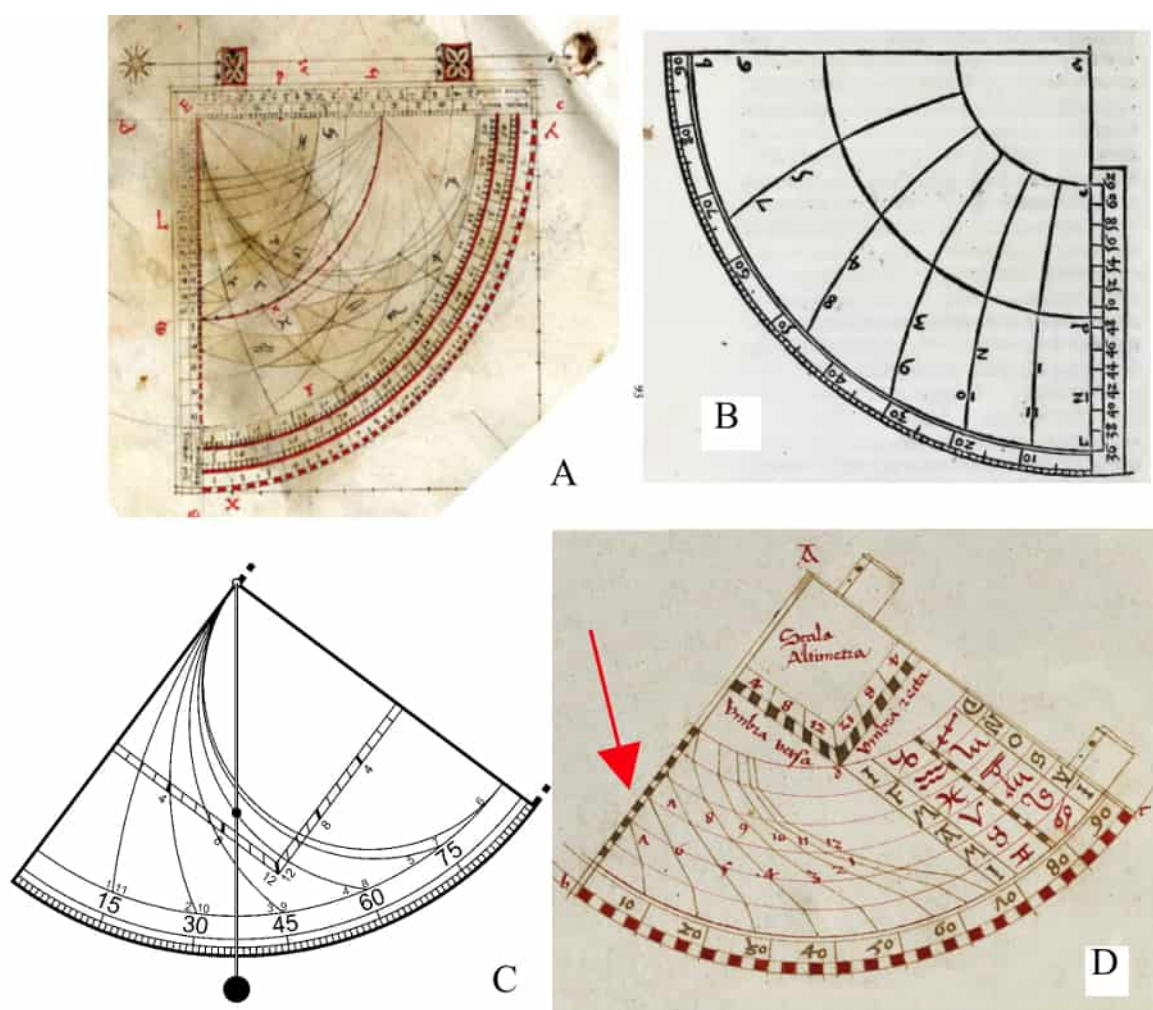
1. Un cadran de voyageur<sup>6</sup>, qui présente un double réseau de lignes.

Il n'est pas certain que l'artiste ait voulu représenter des lignes horaires, mais il est possible que ce soit le cas. Il pourrait s'agir alors, d'un cadran conçu pour deux latitudes ou deux systèmes horaires (heures italiques et civiles...par exemple).

2. Un quadrant que Michel (1960) qualifie de quadrant de Profatius. Cette attribution est envisageable, mais elle suppose une grande simplification de l'instrument par l'artiste car le quadrant de Profatius (ou *quadrant novus*), comme tous les quadrants astrolabiques est caractérisé par de nombreuses lignes de natures différentes qui se croisent (Fig. 3 A). L'instrument de la miniature correspond plus probablement : soit à un quadrant horaire, variété de cadran solaire de hauteur en forme de quadrant (Fig. 3 B) ; soit à un quadrant vetus primitif, c'est-à-dire sans curseur (quadrant vetustissimus : King 2002, Davis 2015)<sup>7</sup> (Fig. 3 C). Par ailleurs, le fait que les lignes horaires, clairement discernables sur la miniature, ne recoupent aucune des deux bordures linéaires de l'instrument, permet d'affirmer que, quelle que soit l'hypothèse retenue, l'instrument indique les heures inégales (voir le cas des heures égales à la Fig. 3D).
3. Un cadran solaire horizontal à style polaire. Cette présence est tout à fait remarquable et constitue probablement la plus ancienne illustration de ce genre de cadran solaire en Europe. Elle est en tout cas globalement contemporaine :

<sup>6</sup>Connu depuis le XIX<sup>e</sup> siècle sous l'appellation abusive de « cadran de berger » (voir Savoie 2012).

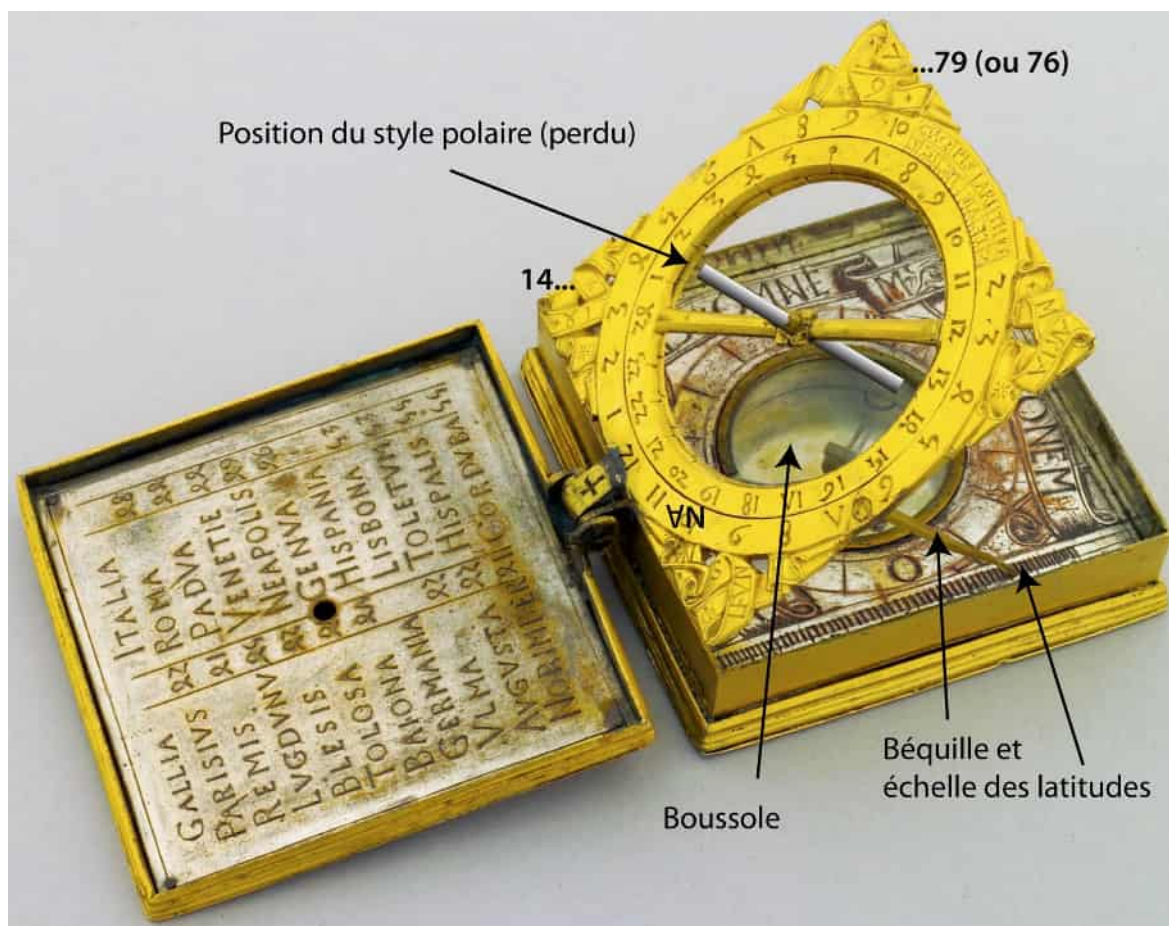
<sup>7</sup>Les échelles, manifestement horaires, en bordure de l'instrument n'ont aucun sens quelle que soit l'hypothèse retenue.



**FIG. 3** – Les différents quadrants évoqués dans le texte. A : Quadrant astrolabique de Profacius (manuscrit du début du XVI<sup>e</sup> siècle), B : Quadrant horaire à heures inégales (*Horologiographia* de Munster 1534), C : Schéma d'un quadrant *vetustissimus* (Davis 2015), il s'agit d'un diagramme des heures inégales, identique à celui que l'on rencontre au dos des astrolabes, mais conçu comme un instrument isolé. D : Quadrant horaire à heures égales (*ms Lund Mh 47 f.45v*), la flèche localise la bordure de l'instrument qui recoupe les lignes horaires, ce qui matérialise le fait que les levers et couchers du Soleil n'ont pas lieu à la même heure égale au cours de l'année. On notera que dans le cas des quadrants horaires (B et D), les caractéristiques de l'échelle du zodiaque (quarts de cercles concentriques qui occupent une grande partie de la surface de l'instrument) sont arbitraires. Cette échelle peut être dans un sens ou dans l'autre, et être dépendante du temps ou de la déclinaison ; si bien que le tracé des courbes horaires peut être très variable à l'intérieur d'un même type d'instruments.

- des plus anciens manuscrits latins qui traitent de cadrans à style polaire : (*ms Latin 15104* de la BNF ; *ms Latin 7295* (f 79 r) de la BNF ; *ms Latin 7285* (f 117v-118r) de la BNF, *ms Klosterneuburg*, StB, 603, f. 96 rv. : Poulle 1963 pp.181-205, Savoie 2021 pp. 221-236, Schaldach, 2023 p. 237).
- des plus anciens instruments conservés : le cadran vertical de l'église Saint Marien de Weissenfels (1446) et cadran horizontal portatif (diptyque de 1455) de Georg Peuerbach (*Universalmuseum Joanneum*, Graz, Autriche)

4. Un cadran équatorial (ou équinoxial) qui, comme le souligne Michel (1960), possède une allure générale très proche de ceux qui furent construits à Augsbourg au XVIII<sup>e</sup> siècle. Il s'agit d'un type de cadran universel, également à style polaire, dont on connaît au moins un exemplaire datant de la fin du XV<sup>e</sup> siècle (Fig. 4). La miniature constitue, là encore, une illustration précoce, très probablement la plus ancienne.



**FIG. 4** – Le cadran équatorial de Hans Dorn 1476-79 (probablement Vienne - Autriche) Alder Planetarium Museum M-288 (Photo complétée par un schéma du style polaire). Notons que ce cadran faisait partie de la collection Mensing avant d'intégrer celle du Alder Planetarium Museum. On sait que ce personnage a écoulé sur le marché de l'art, de nombreux instruments scientifiques qui se sont révélés être des faux (Peter de Clercq 2000, Jardine et al 2017), mais l'authenticité de ce cadran ne semble jamais avoir été mise en doute, probablement car le propriétaire précédent (Heilbronner) est connu.

Michel (1960) affirme que le cadran de la miniature possède une boussole pour l'orienter selon le méridien local. C'est une hypothèse logique, mais qui pourrait concerner également le cadran solaire précédent qui lui, la miniature le montre bien, n'en possède pas. En fait, aucun détail de la miniature ne confirme l'affirmation de Michel (1960) et la question de l'orientation de ces instruments se pose donc (voir paragraphe suivant). Cette question est liée au fait que les horloges mécaniques médiévales avaient tendance à se dérégler rapidement et qu'il était nécessaire de disposer à proximité immédiate de cadran(s) solaire(s) pour pouvoir les remettre à l'heure. C'est évidemment la fonction des cadrans de la miniature, mais encore fallait-il que ces derniers soient bien orientés.

### 3 L'orientation des cadrans à style polaire

La présence de boussole sur les cadrans portables de la seconde moitié du XV<sup>e</sup> siècle n'est pas exceptionnelle. Le cadran de Georg Peuerbach de 1455, évoqué plus haut, et celui de la Figure 4 page ci-contre, en possèdent une. C'est également le cas du cadran M-249 du *Alder Planetarium Museum* et de quelques autres. Mais rien sur la miniature ne permet d'affirmer que les cadrans (3) et (4) en sont munis<sup>8</sup>. Mais, comme nous allons le voir, dans ce cas, la boussole semble superflue.

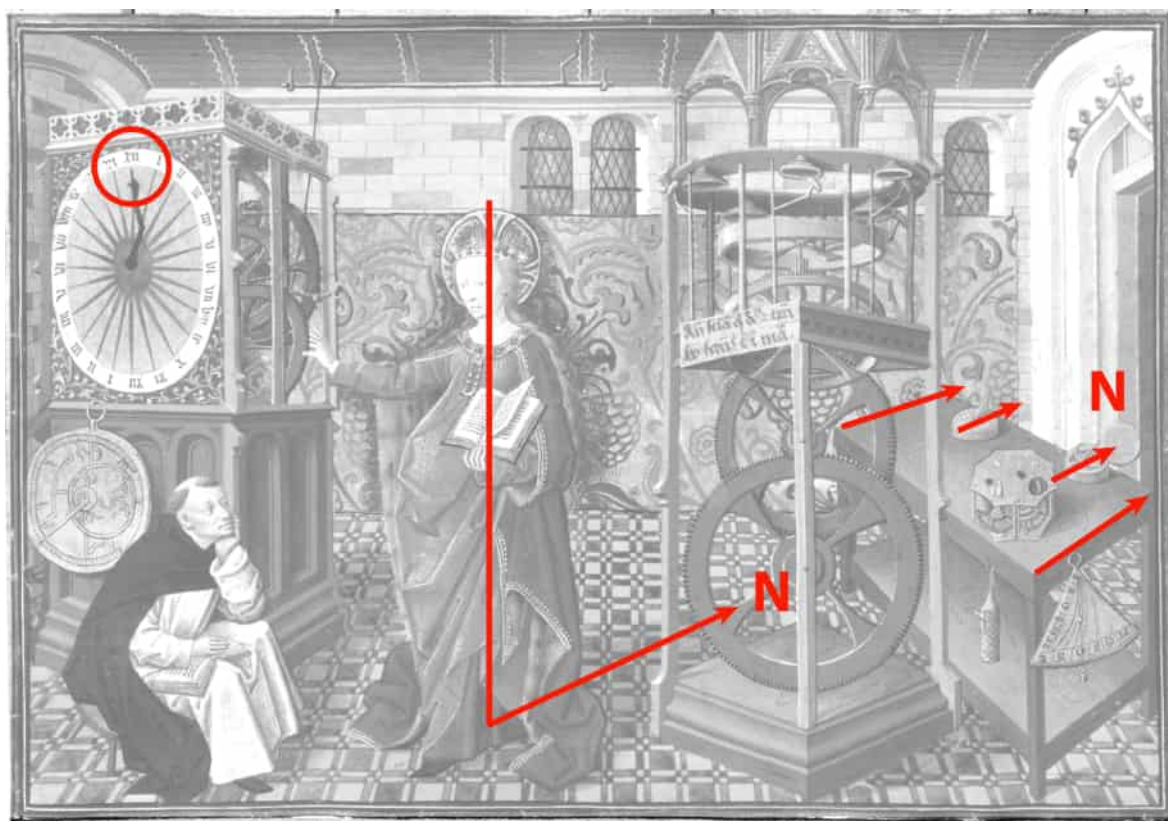


FIG. 5 – La direction méridienne sur la miniature.

L'horloge à gauche de la miniature indique midi, ce qui est cohérent avec le fait que l'ombre du personnage central est plus petite que celui-ci. Vu l'heure, cette ombre indique évidemment le Nord. Il est remarquable de constater que les styles polaires des cadrans horizontal (3) et équatorial (4) sont précisément orientés dans cette direction ; laquelle est aussi celle des côtés de la table. Tout se passe donc comme-ci la table avait été précisément orientée selon le méridien local, et que les cadrans à style polaire respectaient cette orientation de façon à indiquer des heures correctes pouvant servir à régler l'horloge mécanique. Tout cela ne peut pas être fortuit, et il est très peu probable que cette composition ait été prévue par l'artiste seul. On peut donc raisonnablement penser qu'elle est l'œuvre d'un autre intervenant, un gnomoniste / horloger, agissant comme conseiller et dont nous allons essayer d'établir l'identité à l'occasion de l'étude du dernier instrument gnomonique représenté sur la miniature : l'astrolabe.

<sup>8</sup>Les cadrans (1) et (2), qui sont des cadrans de hauteurs, n'ont pas à être orientés selon le méridien local : la question de la boussole ne se pose pas pour eux.

## 4 L'astrolabe

Sous le cadran de l'horloge, un astrolabe planisphérique est représenté, sa taille est manifestement fortement exagérée, l'artiste a voulu que les détails soient visibles.

Il est peu probable que cet instrument ait une fonction quelconque dans le réglage de l'horloge. La précision horaire que l'on peut espérer avec cet instrument est inférieure à celle fournie par un cadran solaire, même de petite taille. Nous allons tester l'idée qu'il s'agit d'une sorte de signature, volontaire ou non, du « conseiller scientifique ».



**FIG. 6** – L'astrolabe de la miniature. La flèche indique les pointeurs de deux étoiles qui sont très probablement, dans la terminologie d'époque, *Venter Ceti* & *Cornu* qui correspondent respectivement à  $\xi$  Ceti &  $\beta$  Aries; cette dernière étant mal implantée (voir texte).

Michel (1960) fait le lien entre cette représentation et un astrolabe mentionné par Gunther (1932, n°168, tome II, p. 317) (Fig. 7 page suivante). Ce dernier considère qu'il s'agit d'une œuvre italienne, ce dont doute Michel, qui favorise une hypothèse française. Mais il manque d'arguments dans la mesure où l'existence d'un important atelier parisien à cette époque n'est connue que depuis le travail de Poulle (1963). Cet atelier est celui de Jean Fusoris (1365-1436). On notera que dans son catalogue en ligne, le *History of Science Museum* d'Oxford, qui conserve l'instrument en question, l'attribue à un atelier français<sup>9</sup> sans faire référence à Fusoris.

Le *National Maritime Museum* de Greenwich conserve un astrolabe qui, en dépit de graves mutilations (Fig. 8 page 100), présente une plus grande parenté avec l'astrolabe de la miniature que le précédent. On note l'échancrure caractéristique sur la barre méridienne à l'intérieur de l'écliptique et de nombreuses autres similitudes dans l'organisation de l'araignée. Par ailleurs, j'ai indiqué par des flèches blanches sur la Figure 8 page 100, les ruines de deux pointeurs; l'un pour  $\xi$  Ceti (ici : *Vent'* pour *Venter Ceti*) et l'autre pour  $\beta$  Aries (ici *Cmt'* pour l'étoile *Cornu* (d'après Van Cleempoel 2005, note 2, p. 131) ou plutôt *Crnt'* pour *Cornutus*, traduction latine de l'adjectif cornu. Selon Poulle (1963), les astrolabes de Fusoris sont caractérisés par une erreur d'implantation concernant cette dernière étoile. Celle-ci devrait être proche du zodiaque, et à l'intérieur de l'écliptique; alors que Fusoris la localise au sein de la constellation de la Baleine (*Ceti*). Cette localisation fautive se retrouve dans les

<sup>9</sup><https://hsm.ox.ac.uk/collections-online#/item/hsm-catalogue-2013>.

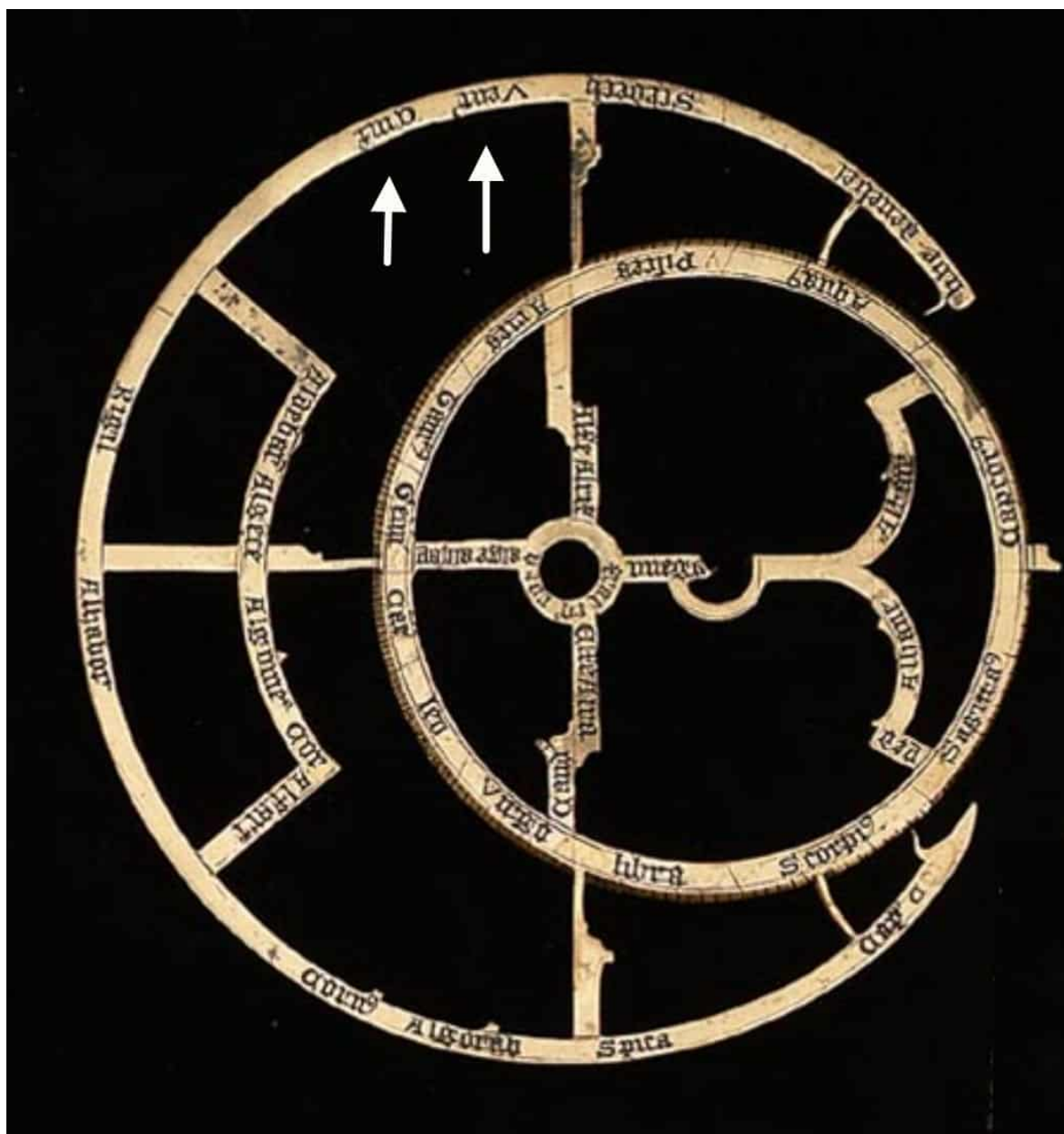


**FIG. 7** – L’araignée de l’astrolabe 41468 du History of Science Museum d’Oxford qui est comparé à celui de la miniature par Michel (1960). L’image est présentée ici dans une position qui facilite la comparaison avec l’araignée de la miniature. La flèche localise  $\xi$  Ceti, nommée ici : « *Partacaitoz* », nom qui ne semble jamais avoir été utilisé par Fusoris et qui est dérivé du nom arabe de l’étoile « *Bata Kaïtos* ».

différentes copies connues du traité sur l’astrolabe de Fusoris, et notamment dans une des illustrations<sup>10</sup> où il prend précisément cette étoile comme exemple des calculs nécessaires à l’implantation sur l’araignée. L’erreur est donc le fait de Fusoris et non d’un copiste. L’astrolabe de Greenwich est donc logiquement attribué à Fusoris (Fig. 8 page suivante) dans le catalogue des astrolabes du Musée (Van Cleempoel 2005)<sup>11</sup>. Celui de la miniature (Fig. 6 page précédente), en dépit de la non

<sup>10</sup>Cette erreur résulte d’une inversion de signe dans la valeur de la déclinaison de l’étoile (Pouille 1963), qui ne fut jamais corrigée par Fusoris.

<sup>11</sup>Curieusement, le site Web du Musée considère qu’il s’agit d’un « anonyme français ou italien ».



**FIG. 8** – Araignée de l'astrolabe attribué à Jean Fusoris (AST0574 du National Maritime Museum de Greenwich). L'image est présentée ici dans la même position que l'araignée de la miniature. Les pointeurs ont été amputés, mais leurs reliques et les noms associés montrent qu'à l'origine, il y avait un pointeur pour  $\xi$  Ceti (ici : *Vent'* pour *Venter Ceti*) et un pour  $\beta$  Aries (ici *Cmt'* ou *Crnt'* : voir texte).

désignation des pointeurs, semble présenter aussi cette erreur d'implantation<sup>12</sup>. Cette constatation, ainsi que le « design » de l'araignée qui semble calqué sur l'instrument de Greenwich, sont, à mon avis, suffisants pour attribuer à Jean Fusoris, l'astrolabe qui a servi de modèle à la miniature<sup>13</sup>. On

<sup>12</sup>Sur les astrolabes européens médiévaux, la représentation de deux étoiles dans la région du ciel indiquée par la flèche blanche de la figure 7 page précédente, est exceptionnelle. Une erreur d'implantation comme celle qui caractérise les œuvres de Fusoris, semble l'explication la plus probable.

<sup>13</sup>L'astrolabe d'Oxford qui, par ailleurs, mentionne des noms d'étoiles étrangers à la pratique de Fusoris (Fig. 7), ne possède pas de trace de l'« étoile signature » ; Il proviendrait donc d'un autre atelier. Notons qu'aux vues des similitudes

peut mentionner à titre d'argument supplémentaire, la présence d'un *ostensor*, accessoire qui selon Poulle (1963, p. 8) a probablement été inventé par Fusoris.

## 5 Discussion et Conclusions

L'artiste anonyme est remarquable, mais rien ne permet de penser qu'il possédait des compétences scientifiques, en tout cas, elles ne transparaissent pas dans le reste de son œuvre. Pour la composition de la « Chambre des horloges », il a donc bénéficié de l'aide d'un « conseiller scientifique ». La concordance entre l'heure indiquée sur l'horloge, l'ombre du personnage central, et l'orientation des cadrans et de la table qui les supporte, le démontrent. Le nom de Jean Fusoris s'impose pour ce personnage resté dans l'ombre, en effet :

1. il est hautement probable qu'il soit l'auteur de l'astrolabe illustré sur la miniature ;
2. c'est un acteur majeur de la découverte et/ou l'introduction du style polaire dans le monde latin : deux des manuscrits cités plus haut lui sont directement ou indirectement liés (les deux autres sont anonymes) ;
3. c'était, à l'époque du manuscrit, le spécialiste français de l'horlogerie mécanique, il est notamment l'auteur, en 1424, d'une horloge astronomique conservée dans la cathédrale de Bourges (Bougelot et Catoire 2006, Matthes 2022).

L'hypothèse d'un lien entre les instruments de la « Chambre des horloges » et Fusoris n'est pas nouvelle, Spencer (1963, note 20) par exemple l'envisageait. C'est également le cas de Aubry (2008) qui utilise la miniature pour illustrer le « domaine de Fusoris ». Mais à chaque fois, il s'agissait d'une hypothèse qui ne reposait sur aucun élément en dehors des compétences de Fusoris et des concordances de lieu et d'époque. De plus, personne ne semble avoir envisagé l'implication effective de ce savant dans la composition de l'image.

Sur cette miniature allégorique du XV<sup>e</sup> siècle, il semble possible, et même légitime, de tenter un second niveau de lecture et de rechercher des représentations symboliques. Une telle représentation s'impose au niveau de la table des cadrans solaires (Fig. 2). La position des cadrans de hauteur ou à heures inégales, relégués sous le niveau de la table, indiquerait leur (future) obsolescence ; alors que les cadrans à style polaire et heures égales, ainsi qu'un mécanisme d'horloge « miniaturisée » à ressort-moteur et fusée régulatrice, trônent sur le dessus...ce sont les instruments de l'avenir. Cette profession de foi implicite, qui est aussi une remarquable anticipation, peut être très facilement attribuée à Jean Fusoris !

Les considérations précédentes ont des implications qui dépassent le cadre de la gnomonique. On peut ainsi proposer que le manuscrit de *Horologium Sapientiae* de la Bibliothèque Royale de Bruxelles (MS. IV 111), actuellement mal daté, ne peut pas être beaucoup plus récent que 1436, date de la mort de Fusoris. Par ailleurs, Michel (1960 & 1977) considérait que la « Chambre des horloges » constituait la plus ancienne mention certaine<sup>14</sup> de ressort-moteur et de la fusée régulatrice. Il est donc probable que Jean Fusoris soit lié à ces inventions, comme il est lié à la découverte et/ou diffusion en Europe, du style polaire sur les cadrans solaires.

qui existent entre cet instrument et ceux formellement attribués à Fusoris, on peut penser qu'il a été réalisé par un artisan qui fut élève ou apprenti de celui-ci. Ces successeurs potentiels semblent avoir été assez nombreux (Voir Poulle 1963, p. 25), et leur production, souvent qualifiée de « dans la tradition de Fusoris », assez abondante. On en retrouve des exemples jusqu'au milieu du XVI<sup>e</sup> siècle, éventuellement produits assez loin de Paris (Davis & Schechner 2018).

<sup>14</sup>L'horloge mécanique de Philippe le Bon de Bourgogne, conservée au *Germanisches Nationalmuseum* (Nuremberg) qui aurait été construite entre 1430 et 1435, est équipé de ce dispositif, son authenticité a longtemps été discutée, ce qui ne semble plus le cas actuellement (Matthes 2022, note 18).

## Références

- [1] Aubry G. (2008) : « Cadrans de Fusoris », *Cadran-Info*, n°18, p. 4-12.
- [2] Bouchard A.E. (2010) : « L'analyse du tableau "Les Ambassadeurs" de Holbein le jeune ». *Le Gnomoniste*, volume XVII, (2).
- [3] Bougelot A. et Catoire J-Y. (2006) : *L'horloge astronomique de la Cathédrale de Bourges*, 80 p.
- [4] David J. (2015) : « The Chetwode quadrant, A Medieval Unequal-Hour Instrument », *British Sundials Society Bulletin*, 27, p. 2-6.
- [5] John Davis J. & Schechner S.J. (2018) : « The Puzzle of a "Reproduction" Astrolabe in the Style of Jean Fusoris », *Bulletin of the Scientific Instrument Society* No. 139, pp. 8-16.
- [6] de Clercq P. (2000) : *Scientific Instruments : Originals and Imitations. The Mensing Collection*. Proceedings of a Symposium, held at the Museum Boerhaave, Leiden, 15–16 October 1999. Leiden : Museum Boerhaave, 144 p.
- [7] Dekker E. & Lippincott K. (1999), « The scientific instruments in Holbein's Ambassadors a re-examination ». *Journal of the Warburg and Courtauld institutes*, LXII. pp. 93-125.
- [8] Dohrn-van Rossum G. (1996) : *L'histoire de l'heure, l'horlogerie et l'organisation moderne du temps*, Maison des Sciences de l'Homme éd., 465 p.
- [9] Drinkwater P. (1994) : « The Dialling Instruments depicted in "The Ambassadors" ». *British Sundials Society Bulletin*, 15. Volume 94 (1).
- [10] Jardine B., Nall J., Hyslop J. (2017) : « More than Mensing? Revisiting the Question of Fake Scientific Instruments », *Bulletin of the Scientific Instrument Society*, 132, 22-29.
- [11] King D.A. (2002) : « A vetustissimus arabic treatise on the quadrans vetus », *JHA*, xxxiii, p. 237-255.
- [12] Lehébel J. & Péron R. (2016) : « Le cadran de Kratzer », *Cadran-Info*, 33, p. 107-117.
- [13] Matthes D. (2022) : « The Domestic Clock in Europe, Section One : From the Thirteenth Century to the Invention of the Pendulum » in Turner A. et al. *A General History of Horology*. Oxford Univ. Press, pp. 153-170.
- [14] Michel H. (1960) : « L'Horloge de sapience et l'histoire de l'horlogerie », *Physis, Rivista di storia della scienza*, 2, fasc 4,, p. 291-298.
- [15] Michel H. (1977) : *Images des sciences ; les anciens instruments scientifiques vus par les artistes de leur temps*. Albert de Visscher éd., 153 p.
- [16] Mills A. (2015) : « Dialling Instruments in Holbein's Painting "The Ambassadors" ». *British Sundials Society Bulletin*, 95. Volume 27 (iii).
- [17] Monks P.R. (1990) : *The Brussels Horloge de Sapience*, Brill éd., 236 p.
- [18] North J.D. (2005) *The Ambassadors' Secret : Holbein and the world of the Renaissance*. Bloomsbury Academic., Londres, 462 p.

- [19] Poulle E. (1963) : *Un constructeur d'instruments astronomiques au XV<sup>e</sup> siècle : Jean Fusoris*, Paris, Champion éd., 208 p.
- [20] Schaldach K. (2023) : *Sonnenuhren des Mittelalters und der frühen Neuzeit*. Auto-édition, 267 p.
- [21] Savoie D. (2012) : « Pourquoi "cadran de berger" ? », *Cadran Info*, n°25, p. 79–81.
- [22] Savoie D. (2021) : *Une Histoire des cadrans solaires en Occident*, Belles Lettres éd.; 312 p.
- [23] Spencer E. P. (1963) : « L'Horloge de Sapience (Bruxelles, Bibliothèque Royale, ms. IV 111) ». *Scriptorium*, Tome 17 n°2, pp. 277-299.
- [24] Van Cleempoel K. (2005) : *Astrolabes at Greenwich*, Oxford Univ. Press, 333p.



**de A à Z ...**

**(...) le site web amateur ou professionnel des membres de la CCS consacré à la gnomonique ou abordant ce domaine**



---

## Cadran chez les scolaires

par JEAN-CLAUDE REITA

---

---

### MOTS CLEFS

Animation ; apprentissage ;  
cadran horizontal ;  
initiation.

---

### RÉSUMÉ

Conseils et retour d'expériences de l'initiation des jeunes à la gnomonique et à la construction d'un cadran solaire horizontal.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Nos interventions chez les scolaires, je dis « nos » car mon épouse m'a toujours assisté dans ces interventions avec efficacité (j'intervenais, elle observait), sont longues à décrire car composées de deux parties : description et explications d'une part, puis confection d'un cadran par chaque enfant, tout cela en moins d'une heure.

Cela implique pas mal de matériel pour la démonstration et la confection du cadran. Ils partaient tous avec leur cadran et leur boussole heureux et épanoui. Je vais essayer de présenter tout cela.

Tout d'abord, il est souhaitable de voir avec l'enseignant (ou responsable associatif) s'il n'est pas possible de faire la partie explication avant la récréation et le cadran après. Plus tranquille, plus serein...plus humain...Pour les interventions associatives *idem*. Il faut que cela soit une détente, un plaisir pour les enfants grands ou petits et pour nous intervenants. Mon épouse et moi avons pratiqué la course contre la montre...Pas joyeux.

## 1 Descriptions/ explications

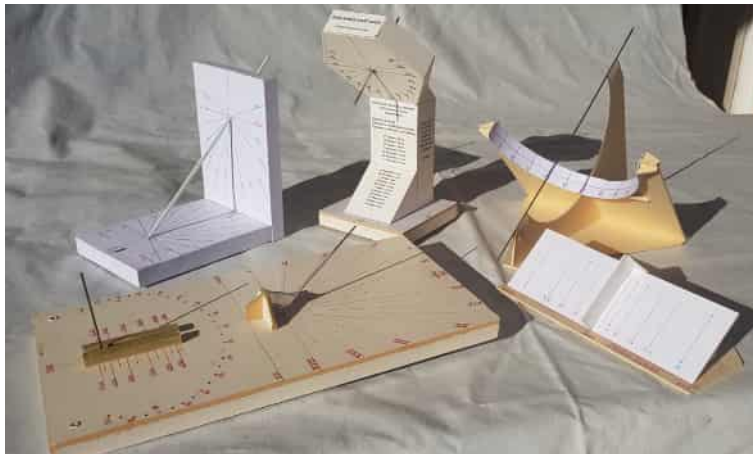
Nous débutons toujours par une présentation de photos de cadrans du Queyras, région très riche en ce domaine (nous en possédons en bonne vingtaine) et celle de ma série de cadrans (Photo 1 & 2) à quoi cela sert et comment cela fonctionne.

Ensuite un petit rappel historique avant d'aborder la relation de l'heure solaire avec l'heure de la montre. Le réglage des montres sur les cadrans, passionne toujours les enfants... et les grands.

Vient ensuite la présentation de notre terre et ses mouvements autour du soleil.



**FIG. 1** – Collection de cadrans pour démonstrations.



**FIG. 2** – Suite de la collection...et il y en a d'autres.

1. Sa révolution en 365,25 jours (940 millions de kilomètres à chaque anniversaire) et surtout l'orientation de son axe de rotation incliné toujours orienté sur le nord (les saisons).
2. Expliquer sa rotation sur elle-même « d'Ouest en Est » : l'Amérique prend la place de l'Europe qui prend la place de la Chine qui prend la place de l'Amérique etc., responsable des mouvements du ciel et en particulier du soleil. Bien expliquer que c'est la terre qui tourne et pas le ciel (La voiture de papa, ou maman, sur l'autoroute et le paysage qui défile de l'avant vers l'arrière, le TGV).

**Pour la démonstration utiliser la Terre avec trois gnomons.** J'utilise pour cela une lampe spot 12 volts branchée sur un booster ou plus simple deux lampes torches, une grosse et une petite bricolée avec une lentille pour la rendre directive ainsi qu'un laser pointeur (photo 3).

Bien montrer que ce mouvement « Ouest-Est » provoque des ombres qui de longues deviennent courtes et, à un moment, très courte en se dirigeant vers le Nord.



**FIG. 3 – Équipement.**



**FIG. 4 – La Terre et les gnomons.**

Cette position où l'ombre est la plus courte, le soleil est au plus haut. Il indique midi « au soleil » (l'heure de la cantine). En continuant la rotation terrestre les ombres s'allongent, disparaissent et c'est le « dodo ».

Cette position midi « au soleil » est la direction « Nord-Sud ». Si on pense que cela « accroche » on parle du méridien. En tournant la terre « d'Ouest en Est » on montre bien que les ombres sont longues se raccourcissent puis s'allongent de nouveau jusqu'à la nuit.

Donc ombres longues et inclinées à « l'Ouest » (le matin), très courte vers le Nord (le midi) longues et inclinées à « l'Est » (le soir).

**Utiliser la Terre avec la bande cloutée Nord-Sud, (photo 5(a))** Cette bande cloutée permet de montrer que les ombres sont longues à l'Ouest (le matin) et se raccourcissent à la position Nord-Sud (midi) puis s'allongent de nouveau vers l'Est (le soir). On a, de cette façon, l'heure « au soleil ».

On fait remarquer que les ombres n'ont pas la même direction et sont courtes côté sud longue côté nord mais on a la même heure le long de ces lignes « Nord-Sud ».

Donc sur ces lignes « Nord-Sud » tout le monde à la même heure.

**Utiliser la Terre avec les bandes cloutées Ouest-Est, (photo 5(b)).** Avec ces bandes on montre que les ombres sont longues à l'ouest et très inclinées, de plus en plus courtes en se redressant vers l'est, sont courtes et dirigées vers le nord (midi) puis s'inversent en allant vers l'est. On explique ainsi que le long de cette ligne ouest-est l'heure n'est pas la même, il est 5 heures du matin à New-York, il est midi à Paris et 22 heures à Pékin.

Donc : Préciser que les heures ne sont pas les mêmes en se promenant de l'ouest vers l'est et sont les mêmes en se promenant du sud vers le nord.

Pour mettre une note d'humour on peut demander qu'elle heure il est au pôle nord ! La réponse plait aux enfants...pas d'heure au pôle ! Ça alors !

On explique que le bâton planté verticalement ne donne pas l'heure exacte mais a été longtemps utilisé par les humains. On parlait alors de « Gnomon ».

Pour avoir une heure plus précise on utilise le cadran solaire.

**Utiliser la Terre avec les cadrans solaires (photo 6).** On place des cadrans réglés pour leur latitude sur le globe et on explique que le bâton est incliné de telle sorte qu'il est parallèle à l'axe de la terre. En plaçant tous les cadrans il est facile de le faire constater. La rotation de la terre (ouest-est) indique facilement les heures du lieu où il se trouve et seulement où il se trouve.

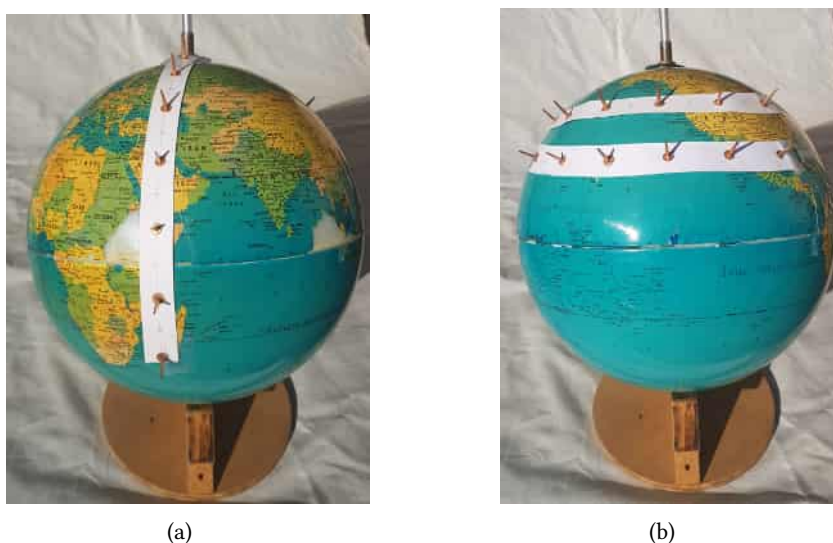


FIG. 5 – La Terre et ses « bandes cloutées ».

Avec le laser pointeur on place le point rouge sur Strasbourg en position « midi » et on montre qu'il est loin d'être midi à Brest c'est donc bien un « midi » au soleil de Strasbourg et pas de Brest.

À l'inverse s'il est midi à Brest il est maintenant 13 heures à Strasbourg.

C'est le moment d'indiquer que notre pendule est réglée sur Bordeaux (Greenwich) plus l'heure d'hiver ou d'été, pas facile à faire comprendre !

Il est souhaitable de conter l'histoire du cadran solaire de Marseille qui n'indiquait pas obligatoirement l'heure d'Aix. Ils n'avaient pas les moyens de le vérifier (pas de montre, pas de téléphone, pas de radio, pas de télévision, pas d'internet). Le voyage Marseille Aix en diligence durait quatre ou cinq heures. Arrivé à Aix on regardait un cadran solaire.

On parle également de la boussole et de son fonctionnement, la Terre et son noyau, de l'attraction de la boussole vers le nord. L'expérience de la limaille de fer sur du papier et un aimant par-dessous est fascinante pour les enfants, ils ne connaissent plus la boussole, c'est un objet merveilleux. Ne parlons pas de la toupie ou parlons-en pour expliquer la rotation de la Terre. Montrer les cadrans solaires et les boussoles (photo 1), qu'elles servent à orienter les cadrans mais d'une façon peu précise. Expliquer (si cela accroche) que le pôle magnétique est à côté du pôle terrestre.

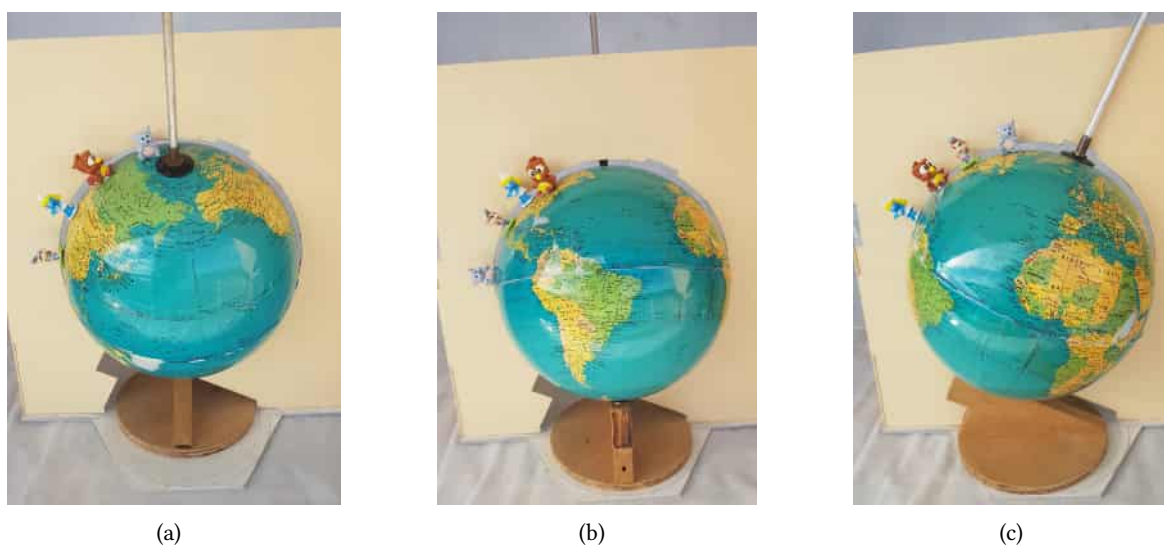
Entre l'aimant et la toupie nous avons, mon épouse et moi, des souvenirs sublimes.

Dans ces explications il faut moduler en fonction de son public, CM1, CM2, 6<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> ou lycée. Là on peut rentrer dans les explications...À chacun de voir...de s'adapter...Pas de recette miracle.

Si on a le temps et que les élèves accrochent on peut expliquer la durée du jour en fonction des saisons. Pour cela on utilise un cache qui détermine la limite du jour et de la nuit (photos 8, 9, 10) qui permet, en fonction de la saison, et en plaçant des *Schtroumf* au lever du jour (bord du cache ouest).



FIG. 6 – La Terre est ses cadrans solaires.



**FIG. 7** – Rotation de la Terre d'Ouest en Est.

En tournant la terre « Ouest-Est » on matérialise la durée de la journée. Longue en montant vers le nord, 24 heures au cercle arctique pendant l'été. 24 heures partout printemps/automne et de plus en plus courte en montant vers le Nord pendant l'hiver (la nuit au cercle arctique).

À l'Ouest, l'été et l'hiver, les *Schtroumf* se lèvent en même temps que le soleil mais pas à la même heure à l'Est ils se couchent à des heures différentes. Le printemps et l'automne : ils se lèvent et se couchent en même temps que le soleil (24 partout).

Dans une classe de 25 ou 30 élèves, ceux qui sont au fond voient mal, il est donc souhaitable de placer la terre en position « Été » l'axe de la terre tournée vers la classe. Au sein d'une association on place les enfants en cercle (plus facile) pour eux mais aussi pour nous.

**Nota :** Pour les classes CM1 et CM2 (quelques fois en 6<sup>e</sup>) les enfants ont, parfois peu, de notion des orientations « Est, Ouest, Nord, Sud ». Le cas échéant donner une petite explication (cela est étonnant mais vrai), avec des exemples, Aix au Nord de La Ciotat. Toulon à Est, etc.

## 2 Réalisation d'un cadran solaire horizontal

Les cadrans sont réalisés avec (Photo [8 page suivante](#)) des plaques de carton de 3 mm d'épaisseur et 150/165 mm.

Ils sont découpés dans une feuille de carton de 800/1200, on obtient ainsi 35 plaques de base, (la quantité pour une classe).

On pratique une entaille de 3×12,5 sur le bord de 150 mm pour coller le style.

Photo 11 :

Tracer en rouge une ligne parallèle à 25 mm du côté 150 mm qui sera la ligne des 6 h/18 h (côté entaille).

Tracer toujours en rouge l'axe du cadran (ligne de 12 h/24 h). Voir photo [9 page ci-contre](#).

Il faut tracer l'ensemble des cadrans sur le carton de 800/1200 pour les découper au cutter tous ensemble (plus facile) voir annexe 1. Ancien dessinateur industriel je possède de grandes équerres et de grandes règles graduées ce qui facilite le travail. En l'absence il faut inventer...pas facile...Pour



**FIG. 8** – Les diverses pièces du cadran.



**FIG. 9** – La Terre et les gnomons.

moi le traçage et la découpe se pratiquent sur la table du séjour sur une plaque de coupe (mon épouse a de la patience. Admirable).

Pour la confection du style prendre une bande de 50 mm et tracer les styles emboîtés les uns dans les autres (cela facilite la découpe, une coupe pour deux styles). Pour traçage voir annexe 2.

Pour utilisation modifier la côte de  $A = 53,5$  en fonction de la latitude du lieu ( $A = 50/\tan \gamma$ ). Modifier la côte  $A$  et toutes les autres côtes sont utilisables.

En confectionner plus que nécessaire idem pour les cartons de 150/165 car les enfants en perdent, en cassent se trompent sur le traçage du cadran.

Exécution du gabarit de traçage voir annexe 3 et 4 : Les exécuter sur du bristol de 250 mg. Les lignes horaires sont tracées en fonction de la latitude du lieu d'utilisation (Angle  $H'$ ). Pour le calcul s'aider de l'annexe 3. Pratiquer des entailles sur le bord des lignes horaires. Sur les lignes horaires coupe au cutter et placer du feutre rouge (annexe 4), sur l'autre bord « au ciseau déchiqueteur » et ceci pour éviter que l'enfant trace sur le mauvais côté (eh oui ! je l'ai vu, d'où cette découpe). Il faut exécuter autant de gabarits que d'élèves et même un peu plus au cas où !

Pour la boussole nous en possédons une bonne douzaine récupérées à bas prix chez des brocanteurs. Pour le plaisir je leur en confectionne avec du bouchon et du fils de fer frotté sur un aimant (photo 8).

C'est le moment d'être attentif, vigilant, compréhensif, affectueux car on affronte tous les genres : les génies, il faut admirer leur travail, les féliciter. Les timides, les aider, les débloquent, les soutenir. Il faut être attentif et affectueux pour tous. Mon épouse excelle dans ce rôle, la « Mamette » qui observe et intervient.

Après les explications on passe à l'exécution individuelle du cadran. Pour cela on donne à chaque enfant un carton de 150/265/3 mm et un gabarit de traçage (photo 9). On fait poser le gabarit sur le carton de 3 mm avec la ligne des 6 h/18 h en correspondance carton/gabarit les 12 h à l'opposé de l'entaille pour le style.

On demande aux enfants de faire un trait au stylo BIC au bord des entailles des lignes horaires (parties droites et rouges). On fait joindre ce trait avec le centre du cadran (intersection 6 h/18 h et 12 h/24 h).

Ceci terminé on leur fait marquer les heures comme indiqué sur le gabarit puis les orientations EST-OUEST et NORD-SUD.

On passe enfin à la décoration de leur cadran, faire un joli dessin au feutre ou au crayon couleur en fonction de leur inspiration. C'est là, pour nous le moment le plus beau, le plus passionnant. Voir de jolis dessins timides et de véritables chefs d'œuvres, de voir des enfants heureux, épanouis, fier de leur cadran. Pour les associations nous arrivons avec deux grosses boîtes de feutres, de crayons couleurs et des règles découpées dans des bandes de plastique (magasins de bricolage).

À ce moment je leurs colle le style en bonne place (c'est là mon travail) avec de la colle à bois blanche à prise rapide. Je prends cette colle par sécurité (pas de super glue !). Il faut voir les regards de ces gosses suivre votre travail avec passion et...inquiétude. Et maintenant l'heure de vérité...en espérant la présence du soleil. On sort dans la cour, on pose les cadrans sur le sol le plus horizontal possible on prend toutes les boussoles y compris les boussoles bricolées sur les bouchons de liège (on les pose sur l'eau d'une assiette en plastique).

On indique le Nord, on oriente les cadrans et vient le moment de la lecture. Il faut expliquer que c'est le dessous du style qui indique l'heure.

Il faut de nouveau préciser que l'heure indiquée est celle du soleil et non de la montre. Pour passer à l'heure de la montre on prend, pour le jour d'intervention, une heure mal taillée, approximative, qui tient compte du décalage en longitude et, en gros, de l'équation du temps de ce jour (annexe 5) et ceci pour ne pas rentrer dans les détails scabreux de décalage et d'équation. Par expérience on tombe, de cette façon, pratiquement à la bonne heure de la montre. Et là il faut voir le regard de tout ce petit monde.

En fin de manifestation, pour chaque élève, on place dans un sac plastique de congélation de 20 L le petit chef d'œuvre, la boussole en liège et le mode d'emploi (annexe 5) coupée en deux, là aussi il faut le nombre).

Des enseignants sont partis, eux aussi, avec leur cadran, leur boussole plus plaques vierges, gabarits et styles.



(a)



(b)

**FIG. 10** – Ambiance lors d'une « séance cadran solaire ».

### 3 Quelques expériences

Une jeune fille vient faire la bise à mon épouse et lui dit que son cadran sera le cadeau de « fête des Papas » (cette fête avait lieu la semaine suivante). Une autre lui explique que ce cadran « ornera » son bureau, etc.

Un enfant à problème qui refuse obstinément de faire « son cadran ». Mon épouse le prend à part, lui parle, lui fait lire des livres (nous en avons toujours en réserve) et...lui aussi fait son cadran dans un coin loin des autres...grande victoire ! Tous de beaux souvenirs !

Et cette jeune fille de CM2 qui demande « monsieur pourquoi la terre ne tombe pas ? » Il faut avoir la réponse rapide et claire.

## 4 Remarques générales

J'ai souvent entendu des jeunes y compris des collégiens m'expliquer que les « Math » ne servent à rien, qu'ils n'y comprennent rien et ce à mon grand désespoir. Pour cette raison j'explique, lorsque j'ai le temps et que cela « accroche », que des notions toutes simples acquises au CM2 (le cercle, le rayon, le diamètre) permettent de faire des calculs d'astronomie tel que la vitesse à l'équateur, d'un enfant assis sur une chaise (1 660 km/h) ou la vitesse de la Terre autour du Soleil (108 000 km/h). Bien des choses à expliquer qui passionne les enfants loin des téléphones et des écrans d'ordinateurs...ainsi que les parents.

**Jean-Claude REITA** et bien sûr mon épouse **Éliane** complice de toutes ces manifestations.

### En annexe de la version numérique :

Vous trouverez le fichier : « [Annexe\\_article\\_cadran\\_chez\\_les\\_scolaires.pdf](#) ».

Ce fichier comprend :

- Annexe 1 : Cadran Scolaire Annexe 1.jpg → tracé des cadrans à découper (« table » du cadran).
- Annexe 2 : Cadran scolaire Annexe 2.jpg → tracé des « styles » à découper.
- Annexe 3 : Cadran scolaire Annexe 3.jpg → tracé des heures.
- Annexe 4 : Cadran scolaire Annexe 4.jpg → le cadran horizontal.
- Annexe 5 : Cadran scolaire Annexe 5.jpg → notice d'utilisation.



---

## Cadran de 1810 ou « cadran aux cinq douze »

Rapporteur : PHILIPPE SAUVAGEOT

---

### MOTS CLEFS

Cadran horizontal; Étude;  
Méthodes d'analyse gnomonique.

### RÉSUMÉ

Analyse d'un cadran horizontal daté 1810, présentant l'originalité de mentionner les heures sous différentes longitudes dont il ressort hélas de nombreuses approximations et l'interrogation sur son histoire.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

L'analyse du cadran a été réalisée par : B. Alix / D. Collin / P. Gagnaire / S. Grégori / Y. Massé / É. Mercier / Ph. Sauvageot / J. Scordia, mettant en commun la spécialité de chacun (archives, histoire, cadrans solaires, astrolabes, gnomonique, graphique ...). Tous sont membres de la CCS.

En septembre 2024, la *Commission des Cadrans Solaires* a été sollicitée pour l'étude d'un cadran daté de 1810. Les éléments mis à disposition étaient constitués des informations données par le propriétaire accompagnées de photographies.

## 1 Données de base

Parmi les objets récupérés lors du rangement d'une maison de famille, un cadran solaire sur dalle d'ardoise de 318 mm/318 mm a été retrouvé (Fig. 1 page suivante). La propriété se trouve au 12 rue de l'abbaye à Thiron-Gardais 28 480 (Fig. 6 page 114). Elle a été vendue<sup>1</sup> depuis. Il s'agit de l'un des 12 collèges militaires et royaux fondés par Louis XVI.

« Je ne l'ai jamais vu "en place", je me fie à ce que ma mère m'avait dit : il occupait la place sur la colonne du petit bassin et avait été remplacé dans les années 1940 par le cadran actuel<sup>2</sup>. Les inscriptions sont énigmatiques et un peu effacées.

Pouvez-vous me dire si cela présente un intérêt quelconque ? J'aimerais savoir s'il provient de la propriété. La mention Siam gravée sur le cadran m'intrigue. »

---

<sup>1</sup>Voir site de Michel Lalos : [http://michel.lalos.free.fr/cadrans\\_solaires/autres\\_depts/eure\\_et\\_loir/perche\\_28/cs\\_perche\\_28.php](http://michel.lalos.free.fr/cadrans_solaires/autres_depts/eure_et_loir/perche_28/cs_perche_28.php) et celui du domaine de l'abbaye : <https://www.ledomainedelabbaye.net/>

<sup>2</sup>Le cadran est numéroté 2838701 dans l'inventaire CCS. Il a été vu en 1990 par D. Chagot (CCS).

## 2 Photographies



FIG. 1 – Le cadran solaire.



FIG. 2 – Position du style.



FIG. 3 – Le style démontée.



FIG. 4 – La table.

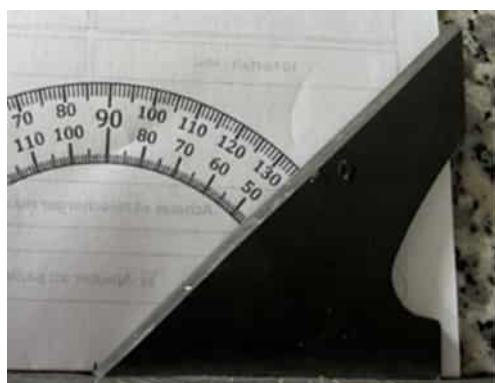


FIG. 5 – Mesure de l'inclinaison de l'arrête polaire.



FIG. 6 – Situation du cadran de 1810 (et de l'actuel) sur Google earth : 48° 18' 44",03 N; 0° 59' 38",44 E.

### 3 Description générale

Tout cadran est constitué d'une « table » sur laquelle sont réalisés les tracés et d'un « style », élément portant ombre.

Ici, il s'agit d'un cadran solaire « horizontal » de par l'étendu de son éventail horaire, le sens des écritures, etc.

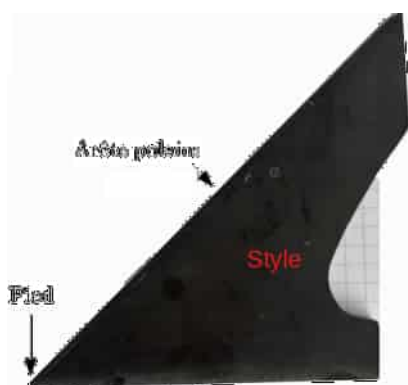


FIG. 7

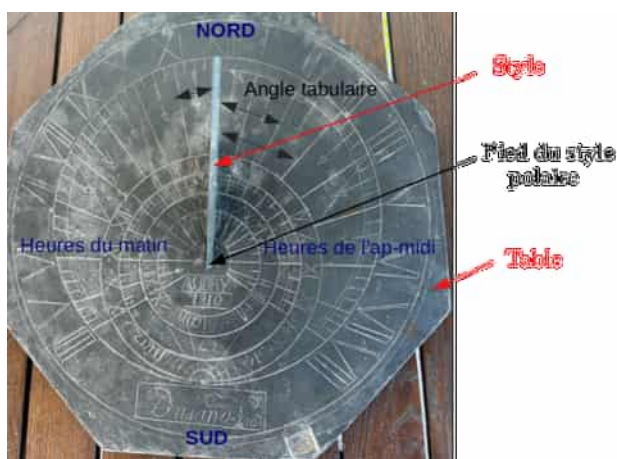


FIG. 8

#### Table et style

**La table.** Elle est hexagonale (318 mm). Elle semble être en schiste ardoisier. Les tracés sont en creux. Les lignes horaires sont chiffrées dans 3 couronnes correspondant à des heures de différentes longitudes. Les chiffres sont romains de III h du matin à VIII h du soir. Des tracés secondaires moins profonds sont présents. Des inscriptions et noms sont gravés.

**Le style.** Il est triangulaire avec découpe (Fig. 7). Son angle d'inclinaison avec la table est donné pour 47° environ. Sur la photo 1 page précédente, il semblait que son pied dépassait la ligne 6 h/18 h. Sur la photo 2, il coïncide parfaitement. On peut donc imaginer un problème de fixation du style (glissement). Cela a été confirmé : « la fixation du style est lâche et il bouge un peu ».

Le positionnement du style est donc correct : pied en contact avec la ligne de 6 h/18 h, style perpendiculaire à cette ligne 6 h/18 h et en alignement avec la double ligne de midi. Ce doublage permet de tenir compte de l'épaisseur du style.

Toutes les lignes horaires convergent bien vers le « pied du style polaire ».

À noter que le mode de fixation du style sur la table (photo 3 page 113) ainsi que l'incohérence entre celui-ci et le tracé des heures, font penser que le style en place n'est pas d'origine.

## 4 Étude gnomonique

### 4.1 Détermination de la latitude

Elle se mesure par l'inclinaison du style et celle des angles horaires tracés sur la table.

**Style.** Dans le cas d'un cadran horizontal, l'angle de « l'arrête polaire » du style par rapport à la table est égal à la latitude du lieu pour lequel le cadran a été calculé, ici 47° N.

**Angles horaires.** À partir de la valeur des « angles tabulaires des lignes horaires » (angles entre la ligne de midi et chacune des lignes horaires) on détermine également la latitude du cadran qui doit bien sûr correspondre à la valeur de l'inclinaison du style.

Dans le cas d'un cadran horizontal, les angles du matin et ceux de l'après-midi doivent être symétrique par rapport à la ligne de midi.

Les angles horaires relevés en table 1 sont ceux gravés sur la couronne extérieure. Ils correspondent aux heures solaires du lieu (Temps Vrai). Ils sont mesurés non pas directement sur le cadran, mais à partir des photos. Il faut donc garder en mémoire que les relevés sur écran présentent inévitablement des erreurs<sup>3</sup>.

TABLE 1

| 12 h | 12 h/13 h | 12 h/14 h | 12 h/15 h | 12 h/16 h | 12 h/17 h | 12 h/18 h |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0°   | 12°       | 25°       | 39,5      | 54°       | 68,5      | 90°       |
| 12 h | 12 h/11 h | 12 h/10 h | 12 h/9 h  | 12 h/8 h  | 12 h/7 h  | 12 h/6 h  |
| 0°   | 12°       | 25°       | 39°       | 53,5      | 68,5      | 90°       |

La latitude moyenne ressort à 51,19 (résultat en Fig. 9 page suivante<sup>4</sup>), avec un écart-type ( $\sigma$ ) élevé (8% de la moyenne) impliquant une grande dispersion des valeurs. Si l'on supprime les valeurs pour 7 h et 17 h, décalées par rapport aux autres, on obtient une latitude de 53°. Ces valeurs ne correspondent pas au 47° de l'arrête du style.

Devant l'écart de latitude entre le style et les tracés, une analyse plus fine a été entreprise par Y. Massé. « Sur les photos non redressées, le cadran présente la particularité que les lignes de 4, 5, 19 et 20 h ne sont pas, respectivement, dans l'alignement des lignes de 16, 17, 7 et 8 h, ce qui laisse présager un tracé approximatif.

La photo 4 page 113 du cadran sans style est plus appropriée pour le redressement, tous les bords étant visibles. J'ai utilisé les bords qui devraient être parallèles aux lignes de midi et 6 h ainsi que ces

<sup>3</sup>Un écart de 0,1 sur l'angle tabulaire peut entraîner un écart de 0,5 sur la latitude.

<sup>4</sup>Utilisation du logiciel « *Shadows* » de F. Blateyron (CCS); <https://www.shadowspro.com/fr/telecharger-shadows.html>

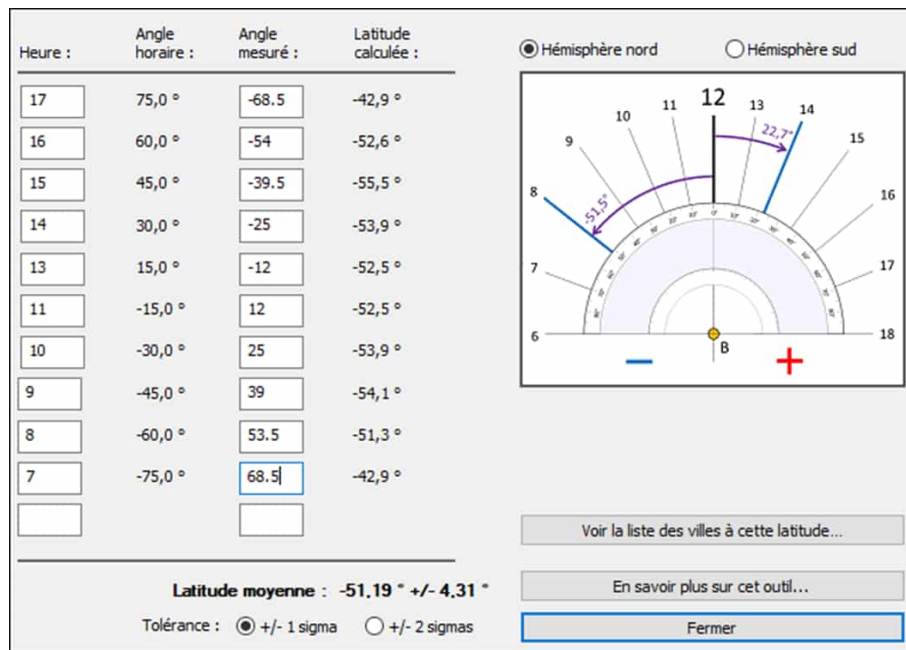


FIG. 9

dernières. Le redressement semble cohérent mais il est difficile d'en être sûr. Les lames de la table sur laquelle repose le cadran présentent notamment un point de fuite sur la photo redressée.

J'ai donc effectué la recherche des paramètres sur la photo redressée et sur la photo initiale pour avoir une idée de la conséquence du redressement. Le style ayant une épaisseur, il y a 2 points d'intersection des lignes horaires, de chaque côté du style. La recherche ne peut donc se faire que sur les lignes du matin ou de l'après-midi. Je n'ai pas intégré dans la recherche les lignes de 4, 5, 19 et 20 h que j'ai considérées incorrectes.

Au final, j'ai donc extrait 4 valeurs de latitude (cf. table 2).

On peut constater que la dispersion est essentiellement due à la mauvaise qualité du tracé et que le redressement ne perturbe pas considérablement les valeurs. Les images correspondantes sont en figures 10 page ci-contre ».

#### Bilan latitude :

- par le style, elle est d'environ 47° et correspond approximativement à l'emplacement où se trouvait le cadran sur sa colonne dans le petit bassin à Thiron-Gardais.
- par le tracé des heures, elle est celle d'un cadran destiné à une latitude beaucoup plus élevée de l'ordre de 52/56°. Le tracé des angles n'étant pas homogène, il n'est pas possible d'avoir une précision plus fine.

| Lignes           | Image     | Latitude |
|------------------|-----------|----------|
| Matin (6 à 11 h) | Redressée | 51°88    |
| Soir (13 à 18 h) |           | 56°04    |
| Matin (6 à 11 h) | Initiale  | 53°45    |
| Soir (13 à 18 h) |           | 56°83    |

TABLE 2

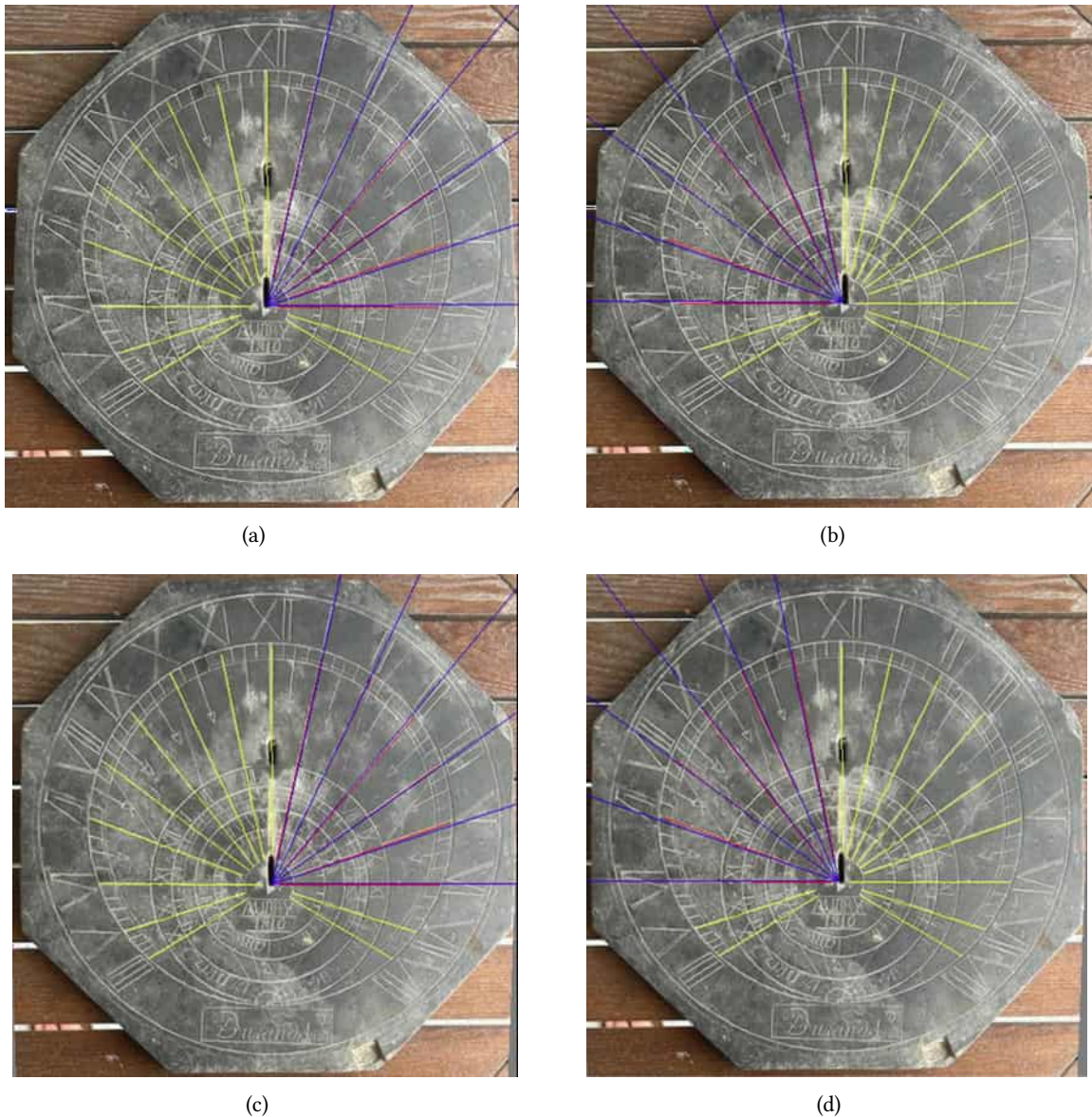


FIG. 10

**Conclusion latitude.** La latitude pour laquelle le cadran a été réalisé est comprise dans une large fourchette de  $52^{\circ}$  à  $56^{\circ}$  N (cf. Fig. 11). Le style est destiné à une latitude d'environ  $47^{\circ}$  correspondant à la situation où était le cadran en 1940. –

## 4.2 Analyse de la table

Il s'agit de reprendre et d'étudier l'épigraphie de la table. On peut relever :

- Des inscriptions diverses tels les noms « Aubry » et « Durand » ..., une date (1810) des chiffres comme 118, 315 ...
- Un faisceau de lignes, représenté en bas de la table.
- Bien sûr le tracé des lignes horaires.

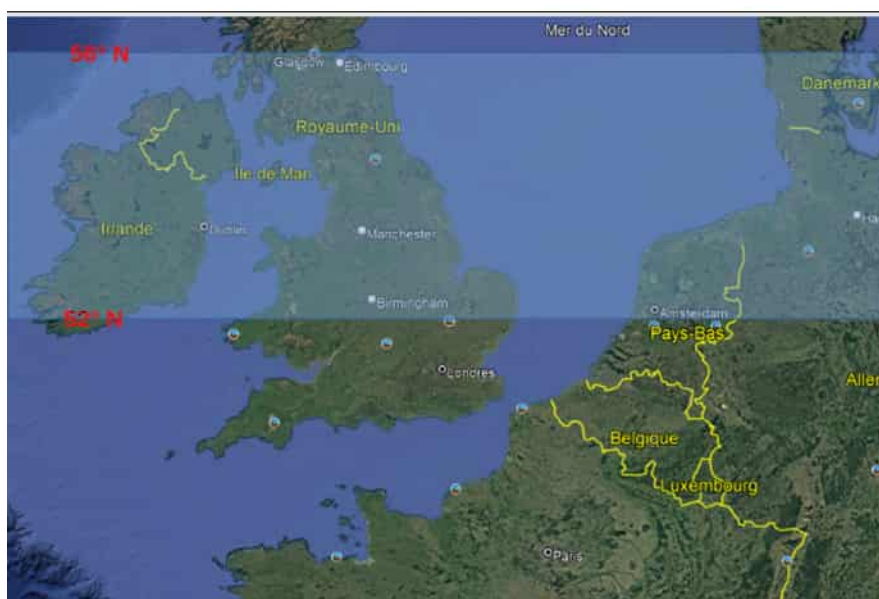


FIG. 11

- Une ronde des heures gravée dans 3 couronnes.
- Des noms géographiques : Siam et autres noms à identifier.



(a) Reprise de la figure 1



(b) Les inscriptions

FIG. 12

**Inscriptions.** Elles sont en français avec des noms propres « français ». Le cadran est de M. Aubry, en date de 1810.

### Observations de E. Mercier :

« Hypothèse : les chiffres 118 et 315 pourraient correspondre à des longitudes de Siam et de la ville qui se termine par ... az, comptées dans le même sens (vers l'Est).

Je sais bien que ces chiffres divisés par 15 ne correspondent pas aux décalages horaires matérialisés sur le cadran, mais tout cela à l'air approximatif (décalage uniquement en un nombre entier d'heures, lignes horaires d'avant 6 h et après 18 h pas alignés sur les autres ...) ».

### Observations de J. Scordia :

« Le cadran appartiendrait à "DURAND", suivi de "LRO" - ?- (en écriture "coulée" caractéristique de la fin du XVIII<sup>e</sup> s.); mais "Lro" ne me dit rien.

À mon avis, le signe qui suit "Siam" n'est pas un R mais une lettre de l'alphabet "nagari" (écriture d'Asie) équivalent au "t" (mais ici renversé - ?-) : ça ressemble à un 2 souligné et renversé.

Je lis "au/ou Midi + 315 + un signe inconnu"; "M+118+".

Quant à "M/Naz", je ne devine pas le sens : ce lieu devrait se trouver sur une ligne passant par Terre-Neuve - La Martinique - Guyane (Guayanas ?) - Sao Paulo.

Le graveur a été un peu maladroit pour le tracé de certains chiffres romains : I, II, III, VI et VIII. Visuellement il y a une confusion possible dans la lecture de certaines heures (le I peut être un bâton/simple trait ou un trait double/plein : ex. les heures III, IIII, VI et VIII).

Les rayons qui partent du bas ressemblent aux méridiens d'un astrolabe catholique "Rojas/La Hire" ».

## 4.3 Tracés des rayons issus du bas du cadran

Ce faisceau de droites qui « ressemblent aux méridiens d'un astrolabe catholique Rojas/La Hire », a son point de convergence situé en bas du cadran dans un demi-cercle. Les droites rejoignent les heures (voir image plus loin).

### B. Alix apporte son jugement :

- La face avant d'un l'astrolabe universel de Rojas, démontre que les projections des méridiens ne sont pas des droites.
- Toujours pour l'instrument de Rojas, le tracé des méridiens point par point selon la méthode de « Raymond d'Hollander » montre là encore que ce ne sont pas des droites.
- En ce qui concerne l'astrolabe de La Hire, un extrait du traité de H Michel (page 71) explique que les projections des méridiens sont des arcs d'ellipses.
- Ci-dessous à gauche l'image du cadran de 1810 avec ses lignes évoquant une représentation de méridiennes, mais qui ne l'est pas. Elle est comparée à la face septentrionale du compendium d'Habermel image au centre (traits rouge et épais) dont le tracé des droites représentent ... « les lignes horaires ». Elles convergent toutes vers le même point (rouge) et aboutissent sur la graduation des heures.

À droite la même face avec l'ostenseur où l'on voit que le point de convergence des lignes horaires est le point d'attache de l'ostenseur.

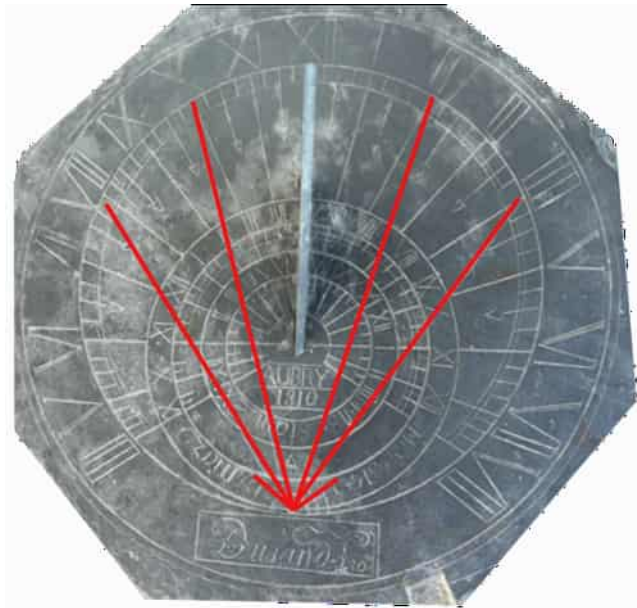


FIG. 13 – Rayons issus d'un demi-cercle.

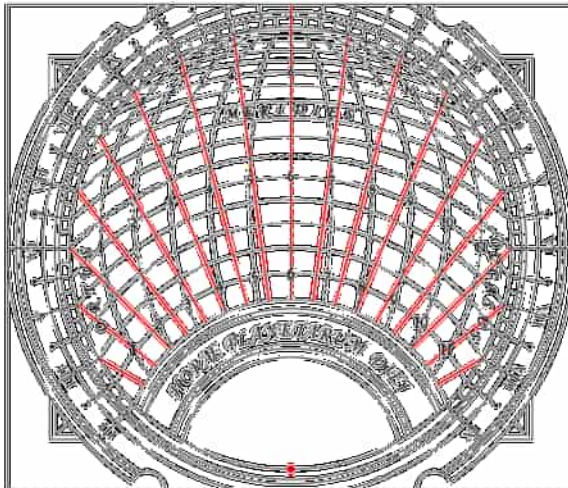


FIG. 14 – Tracé des droites représentent les lignes horaires sur le compendium d'Habermel.

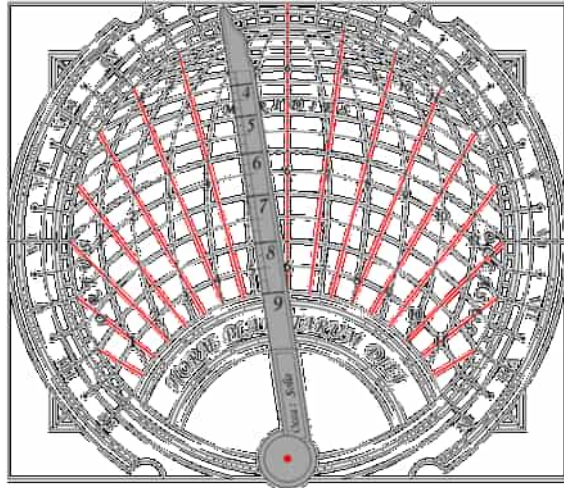


FIG. 15 – Même tracé que ci-contre, mais compendium d'Habermel munis de son ostenseur.

#### 4.4 Conclusion faisceau de lignes

« Nous ne connaissons pas de principe de projection qui permet d'avoir les méridiens sous forme de droite ...

Le tracé des rayons en bas du cadran étudié n'a pas, dans le cas présent, de valeur gnomonique ni pour les heures ni pour les méridiens (ou bien nous n'en avons pas d'explication) ».

#### 4.5 Tracés des lignes horaires

L'étude sur la latitude nous a permis de constater un tracé présentant des anomalies : au niveau de la valeur des angles horaires, de la symétrie qui devrait exister entre les heures du matin et celles de l'après-midi et de grossières erreurs lorsque des lignes opposées devraient être alignées et qu'elles ne le sont pas.

## 4.6 Les rondes des heures

Ce cadran présente l'originalité de comporter trois rondes des heures et cinq fois le nombre XII. Il pourrait se nommer « le cadran aux cinq douze (XII) » comme le propose P. Gagnaire.

Cette numérotation permet de connaître l'heure sous d'autres longitudes que celle d'implantation du cadran. Il serait logique que ces midis correspondent aux pays inscrits sur le cadran. Nous allons le vérifier après avoir rappelé la relation entre « heures et longitudes ».

Pour comprendre qu'un cadran puisse donner l'heure sous d'autres méridiens (longitudes), il faut se rappeler que la Terre fait un tour complet sur elle-même ( $360^\circ$ ) en 24 heures.

Elle tourne donc de  $15^\circ$  par heure ( $360^\circ/24\text{ h} = 15^\circ$ ).



**FIG. 16** – Le temps s'écoule de gauche à droite (sens horloge sur le cadran).

1. Ronde externe, en rouge, avec une seule fois le chiffre XII (12), sous l'arête verticale du style polaire. Ce XII marque le midi solaire, local (Temps Vrai) au lieu de mise en station.
2. Ronde intermédiaire, bleue, avec deux fois le chiffre XII (12) et un V (5) sous le style, sur la ligne méridienne XII du cercle rouge. °
  - Si le XII de gauche est midi, la ronde des heures va de IX du matin à minuit. Quand il est midi au lieu de station, il est déjà XVII heures au lieu de longitude  $75^\circ$  plus à l'Est<sup>5</sup>. D'où le chiffre V sous le style.
  - Si le XII de droite est midi, la ronde des heures va de IX heures du soir au midi du lendemain. Quand il est midi au lieu de station, il est V heures du matin en un lieu situé  $105^\circ$  plus à l'Ouest<sup>6</sup>. Cette hypothèse est la plus vraisemblable en raison du mot « Midy » inscrit à côté du XII de droite.
3. Ronde intérieure, jaune, avec deux fois le chiffre XII (12) et un VII (7) sous le style, sur la ligne méridienne horizontale.
  - Si le XII de gauche est midi, la ronde des heures va de XI matin à III soir. Quand il est midi au lieu de station, il est déjà XIX heures en un lieu de longitude  $105^\circ$  plus à l'Est. Cette hypothèse est la plus vraisemblable en raison du mot « Siam » gravé à côté du XI matin.
  - Si le XII de droite est midi, la ronde des heures va de XI heures du soir à III heures de l'après-midi du lendemain. Quand il est midi au lieu de station il est VII heures du matin en un lieu situé  $75^\circ$  plus à l'Ouest.

<sup>5</sup>D'après notre rappel sur la rotation de la Terre :  $12\text{ h} - 17\text{ h} = -5\text{ h}$  et  $-5\text{ h} \times 15^\circ = -75^\circ \Rightarrow 75^\circ$  Est.

<sup>6</sup>D'après notre rappel sur la rotation de la Terre :  $12\text{ h} - 5\text{ h} = 7\text{ h}$  et  $7\text{ h} \times 15^\circ = 105^\circ \Rightarrow 105^\circ$  Ouest

## 4.7 Siam ou pas Siam ?

De quels pays le cadran souhaite indiquer l'heure ? À priori ce devrait être l'heure de Siam et de l'autre pays. Nous nous attarderons sur le pays de Siam, nom clairement déchiffré. Remarquons que :

- Il est utilisé des écarts de temps « d'heures entières » (5 ou 7 h) afin « d'évoquer » d'autres longitudes. L'écart de temps correspondant précisément à une ville par exemple, qui aurait pu être calculé.
- L'approximation dénoncée ci-dessus est gênante en regard des inscriptions et des valeurs de 118 et 315.
- Le méridien de référence (longitude 0°) n'est pas précisé (ou pas trouvé) sur le cadran, ce qui est étonnant.

## 4.8 Longitude de référence

TABLE 3

| Méridien de référence | Date | Remarque                                                                                                    |
|-----------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ile de Fer (IdF)      | 1634 | L'île de Fer (Ferro), située arbitrairement à 20° Ouest de Paris est la plus occidentale des îles Canaries. |
| Paris                 | 1792 | Référence pour la France (20° Est de l'IdF)                                                                 |
| Greenwich             | 1884 | (18° Est de l'IdF)                                                                                          |
| Greenwich             | 1911 | Tous les pays reconnaissent le méridien de Greenwich                                                        |

**À noter<sup>7</sup>** : « Problème : à quel méridien se fier, autrement dit que choisir comme méridien de référence ? Jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, en effet, chaque pays calcule les longitudes à partir d'une référence qui lui est propre. Ainsi, la France utilise le méridien de l'Observatoire de Paris, l'Italie celui de Naples, l'Angleterre celui de Greenwich, la Suède celui de Stockholm et les Espagnols celui de Ferro ... »

En 1884, après une violente passe d'armes entre la France et le Royaume-Uni, la convention internationale de Washington finit par faire adopter le méridien de Greenwich, situé à environ 2° 20' 14" à l'Ouest de celui de Paris, comme méridien zéro. Il est également convenu que la longitude sera désormais mesurée dans deux directions depuis le méridien d'origine, « la longitude Est étant positive, la longitude Ouest négative ».

**Livre de 1803** : Dans le livre de Jean Baptiste Antoine Malisset<sup>8</sup> : « La boussole des spéculateurs, contenant un traité complet et méthodique de la science du commerce ... », trouvé par É. Mercier il est écrit :

- Les longitudes sont comptées vers l'Est.

<sup>7</sup>Texte issu de l'article : « Du sablier au chronomètre de Marine — La longue histoire du calcul de la longitude », paragraphe « le méridien de Greenwich », site : <https://archives.defense.gouv.fr/marine/magazine2/planete-mer/du-sablier-au-chronometre-de-marine-la-longue-histoire-du-calcul-de-la-longitude.html>

<sup>8</sup>[https://books.google.fr/books/about/La\\_boussole\\_des\\_speculateurs\\_contenant\\_u.html?hl=fr&id=o98pAAAAYAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.fr/books/about/La_boussole_des_speculateurs_contenant_u.html?hl=fr&id=o98pAAAAYAAJ&redir_esc=y).

- Ligor est une ville du Siam à  $118^{\circ} + 30'$  (réf : Ile de Fer) = ville de *Nakhon Si Thammarat* au Sud de la Thaïlande, ville historiquement importante.
- Mont Serrat est une île des Caraïbes à  $315^{\circ} + 35'$  (réf : IdF).

#### 4.9 Bilan des latitudes et des midis décalés

Seule la référence au méridien de l'île de Fer (IdF) répond à l'inscription de « Sian  $118^{\circ}$  », mais du fait de la latitude de  $52/56^{\circ}$  N de l'implantation du cadran, il serait ... dans l'océan au large des côtes Irlandaise !

Lorsqu'il est 12 h au lieu d'installation du cadran (sur terre), il est midi dans des pays de latitudes  $75^{\circ}$  et  $105^{\circ}$  par rapport au lieu d'installation du cadran.

Il y donc incohérence entre la référence des latitudes inscrites et celle des heures représentées.

Le cadran devant être sur terre, si le pays d'accueil est l'Irlande (le plus à l'Ouest et le plus proche du méridien de l'île de fer) et situé sur la côté Ouest de ce pays ( $8^{\circ}$  Est de IdF), nous avons une longitude de :  $8 + 75^{\circ} = 83^{\circ}$  (réf IdF) pour Siam et non  $118^{\circ}$  (réf IdF) comme mentionnée !

Si le pays d'accueil était plus à l'Est comme la Hollande, on se rapprocherait de Siam au mieux d'environ  $6^{\circ}$  ce qui donnerait  $24^{\circ} + 75^{\circ} = 99^{\circ}$  (réf IdF) pour nos  $118^{\circ}$  (réf IdF). Soit un écart de 1 h 45 min de temps ( $118^{\circ} - 99^{\circ} = 19^{\circ}$ ;  $19^{\circ}/15^{\circ} = 1,26$  h ou 1 h 45 min) ce qui est encore important. Le raisonnement est le même pour la latitude de  $315^{\circ}$  (réf IdF). Celle-ci correspond à  $63^{\circ}$  O de Greenwich. Sous cette longitude nous trouvons dans l'hémisphère Nord, outre la pointe du Canada que l'île de Monserrat.

#### 4.10 Conclusion des tracés

« Il semble que le gnomoniste a trouvé dans un livre (comme celui présenté plus haut) des longitudes :  $118^{\circ}+$  et  $315^{\circ}+$  correspondant à des pays. Qu'il ne s'est pas posé de questions sur le méridien d'origine et qu'il a écrit ces valeurs sur son cadran, quel que soit la longitude réelle où il travaillait et ce à  $52^{\circ}/56^{\circ}$  de latitude qui plus est. Ensuite il a fait de grossières approximations, voire des erreurs de calculs, pour établir les décalages horaires que nous lisons maintenant sur le cadran. » Il y a incohérence entre la référence des latitudes inscrites et celle de la ronde des midis représentées. Mon argument, dit É. Mercier, est que :

« le seul endroit où les décalages de longitudes indiquées sur le cadran (pour le Siam  $118^{\circ}$  et pour le M<sup>?</sup>raz  $315^{\circ}$ ), sont équivalentes aux longitudes tirées de la table de coordonnées en question, correspond à une localité ... sur le méridien des Canaries, mais à  $52^{\circ}/56^{\circ}$  de latitude ... or rien n'existe à cette localisation que l'océan. S'il s'était posé la question du méridien de référence il aurait retranché sa propre longitude (par rapport aux Canaries) aux valeurs de la table de coordonnées ».

On ne voit pas de cohérence dans sa démarche !

### 5 Conclusion générale

Ce cadran solaire daté 1810 ne répond pas aux critères de la gnomonique par de nombreux aspects. En l'état, le style et les tracés horaires sont incompatibles. On peut imaginer que le style actuelle remplace un style original correspondant à la latitude de la table.

Le tracé de cette dernière comportent des imprécisions ainsi que des erreurs d'alignement de lignes ou de symétrie. En conséquence, l'heure solaire ne peut être lue et la latitude pour laquelle le cadran était destiné ne peut être véritablement déterminée. Son originalité dû a la mention des « 5 midis »

est contrariée par l'absence de référence à un méridien ou à l'indication de la longitude de la situation de l'objet.

Les contrées lointaines « Siam » / « ... NIAZ » ou « ... MAZ », inscrites sur la table et dont les heures « se voulaient » être en correspondance, ne le sont pas.

### En annexe de la version numérique :

- 📄 Le fichier « [Complement\\_CS\\_1810.pdf.pdf](#) » dans lequel sont présentés : des hypothèses sur la vie du cadran, les données ayant servies aux cadraniers, les photos et commentaires sur le cadran actuel.



*de A à Z ...*

*(...) le site web amateur ou professionnel des membres de la CCS consacré à la gnomonique ou abordant ce domaine*



---

# Estimation du temps civil local à partir de l'observation des coordonnées de l'image du soleil recueillie sur un capteur photosensible

par MARC SAUZÉAT

---

---

## MOTS CLEFS

Algorithme; Capteur photosensible; Temps civil.

---

## RÉSUMÉ

L'article proposé présente une démarche permettant d'estimer l'heure civile d'un fuseau horaire à partir de la saisie des coordonnées de l'image du soleil recueillie par un capteur photosensible.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Préambule

Après plusieurs années de calcul de cadrans solaires plans ou 3D, je me suis interrogé sur la possibilité d'estimer le temps civil d'un fuseau horaire à partir de la saisie des coordonnées de l'image du soleil recueillie par un capteur photosensible tel que ceux qui équipent les appareils de photos numériques.

À partir de ces coordonnées  $x$  et  $y$ , l'article ci-après décrit un algorithme permettant, moyennant certaines hypothèses simplificatrices, d'estimer le temps civil avec une précision de l'ordre d'une minute. La réfraction astronomique a été négligée, mais pourrait facilement être introduite à partir de la coordonnée  $y$ .

Cet algorithme implanté dans un programme d'ordinateur et développé en langage Visual Basic (Excel) a été testé sur un jeu de données. Sur l'échantillon de données utilisé la justesse de l'algorithme est confirmée.

La réalisation concrète de l'instrumentation de saisie reste à développer, et si des lecteurs étaient intéressés pour réaliser ce dispositif, je suis disposé à leur céder et commenter le programme en langage VBA qui s'utilise avec le logiciel Excel à condition de disposer d'une licence Microsoft.

## 2 Dispositifs matériels à développer

Une boîte noire rectangulaire comportant un capteur photosensible peut convenir pour une première expérimentation, mais ne pourra couvrir que l'époque de l'année où la course du soleil représente un azimut inférieur à  $180^\circ$ . Pour des valeurs azimutales supérieures la boîte pourrait comporter des capteurs latéraux.

Les figures ci-après représentent les dispositifs techniques qui devront être mis en œuvre afin d'obtenir une estimation du temps civil à partir de l'évolution du soleil au cours de la journée et tout le long de l'année.

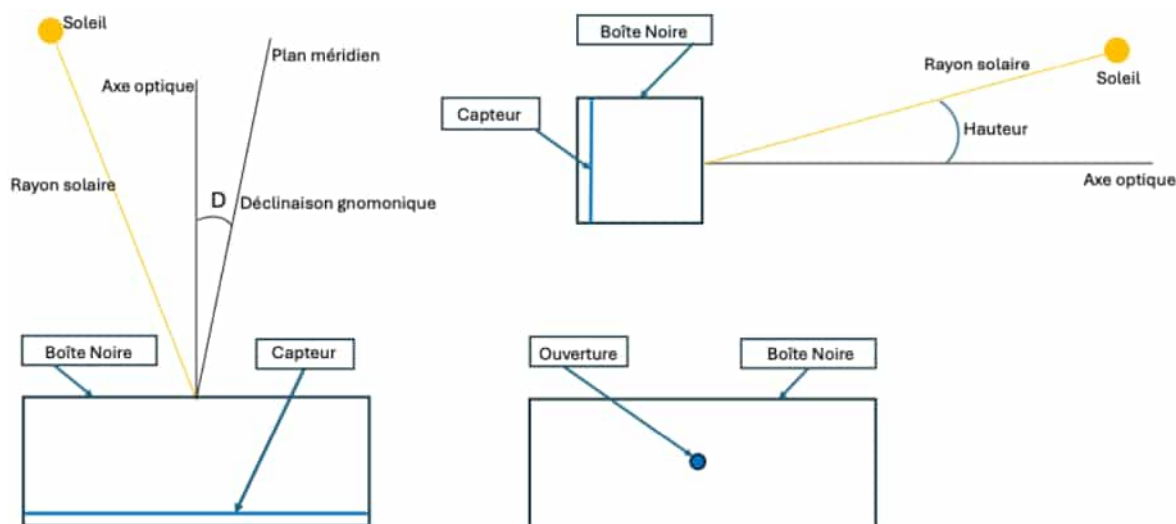


FIG. 1 – Estimation du temps civil à partir du temps solaire. Les dispositifs techniques : capteur plan vertical.

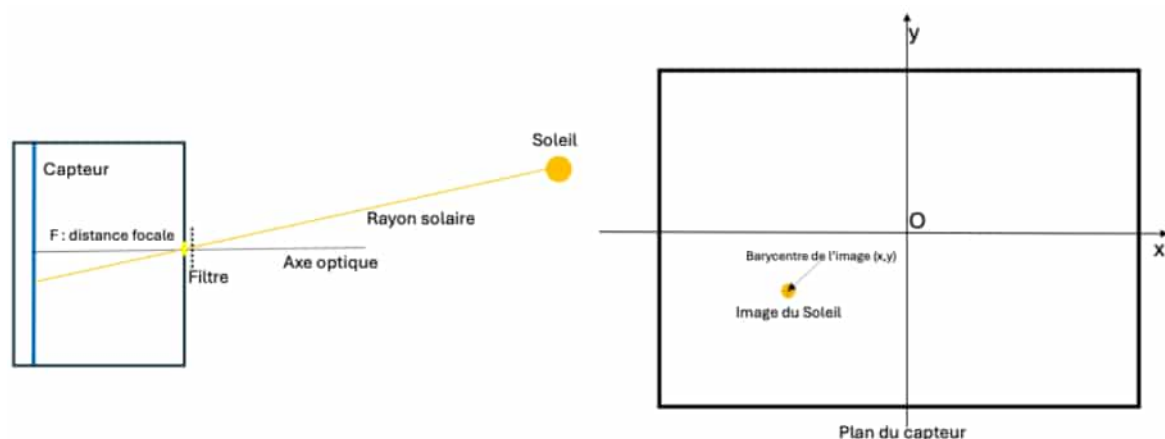


FIG. 2 – Estimation du temps civil à partir du temps solaire. Position de l'image du soleil dans le plan du capteur.

Le problème à résoudre consiste à concevoir :

- Un lien entre le capteur et l'interface ;
- Une interface permettant de calculer les coordonnées  $x$  et  $y$  du barycentre des pixels éclairés par l'image du soleil sur le capteur.



FIG. 3 – Synoptique des étapes du capteur à l’affichage numérique.

### 3 Description de la démarche d’estimation du Temps Civil

#### 3.1 Rappels des équations des coordonnées de l’image du soleil sur un plan vertical non déclinant

Equations de la droite solaire  $\Omega S$  dans le système de coordonnées  $\Omega XYZ$ .

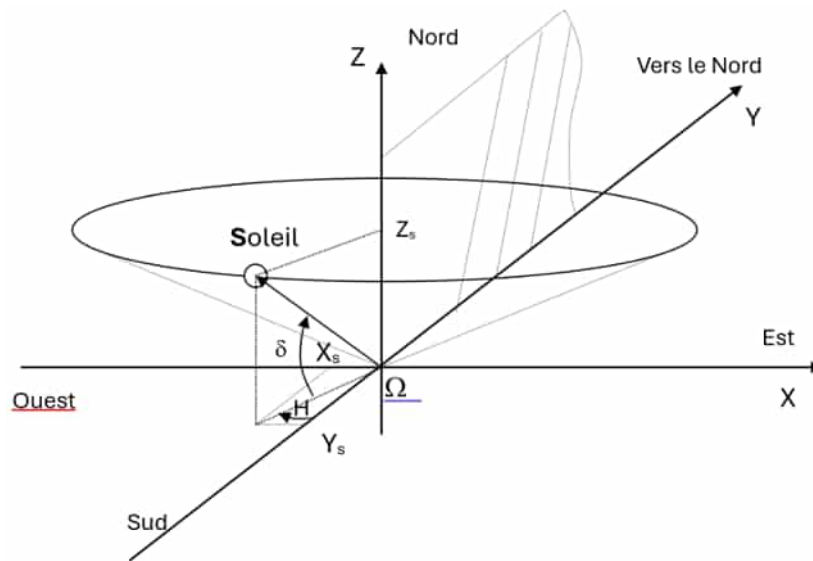


FIG. 4

Ces équations sont définies comme représentant l’intersection de deux plans de l’espace. Les équations de ces deux plans sont établies à partir des vecteurs directeurs de ces plans exprimés de la façon indiquée en figure 5.

Les composantes du vecteur directeur  $\mathbf{V}_H$  du plan  $P_H$  sont :

$$\mathbf{V}_H = (\cos H, -\sin H, 0)$$

Les composantes du vecteur directeur  $\mathbf{V}_\delta$  du plan  $P_\delta$  sont :

$$\mathbf{V} = (\sin \delta \sin H, \sin \delta \cos H, \cos \delta)$$

On notera que le produit scalaire  $\mathbf{V}_H \cdot \mathbf{V} = 0$  donc les deux plans  $P_H$  et  $P_\delta$  sont perpendiculaires. L’équation de la droite solaire s’exprime donc, dans le repère  $\Omega XYZ$  des coordonnées horaires locales, par le système des deux équations :

$$\begin{cases} X \cos H - Y \sin H = 0 \\ X \sin H \sin \delta + Y \cos H \sin \delta + Z \cos \delta = 0 \end{cases} \quad (1)$$

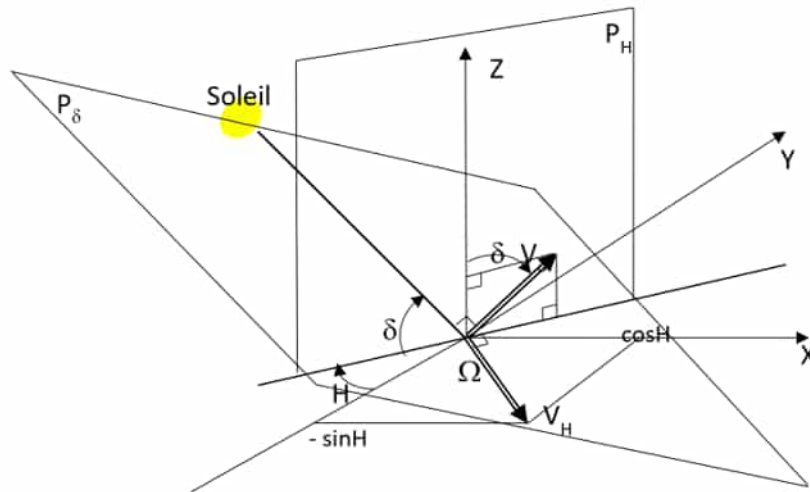


FIG. 5

Pour exprimer les équations de la droite solaire dans le repère local lié à la verticale du lieu, il faut opérer une rotation de  $(\frac{\pi}{2} - \varphi)$  autour de l'axe X. La latitude du lieu s'exprimant par l'angle  $\varphi$ .

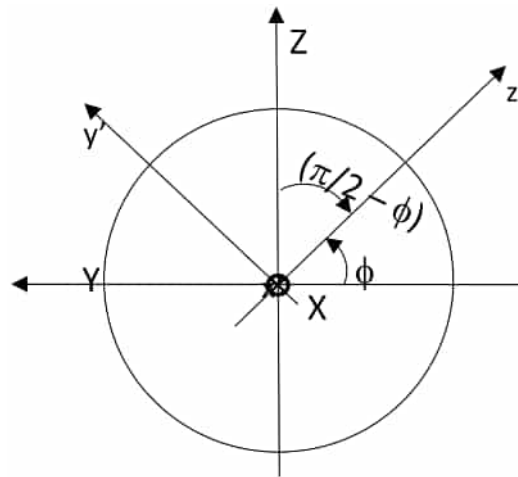


FIG. 6

D'où les équations de transformations :

$$\begin{cases} X = x' \\ Y = y' \sin \varphi - z' \cos \varphi \\ Z = y' \cos \varphi + z' \sin \varphi \end{cases} \quad (2)$$

Les équations de la droite solaire deviennent donc :

$$\begin{aligned} P_H &\rightarrow x' \cos H - y' \sin H \sin \varphi + z' \sin H \cos \varphi = 0 \\ P_\delta &\rightarrow x' \sin H \sin \delta + y' (\cos H \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi) + z' (\cos \delta \sin \varphi - \cos H \sin \delta \cos \varphi) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

**Note :** Si le lieu d'observation a une longitude égale à  $G$  (positif vers l'Ouest) l'angle horaire utilisé dans les équations sera égal à  $H - G$ .

Les équations des coordonnées de l'image du centre du soleil s'obtiennent facilement à partir des équations (3) par une petite transformation de ces équations en considérant que la droite solaire passe par un point distant de la longueur  $F$  du plan vertical du capteur et situé à l'origine du système de coordonnées du capteur c'est-à-dire  $x = 0$  et  $y = 0$ . Cette transformation réalisée, il suffit de calculer l'intersection de la droite solaire avec le plan du capteur. Cette opération revient à résoudre deux équations à deux inconnues, ce qui donne les équations classiques d'un cadran solaire *vertical non déclinant* à style perpendiculaire au plan du cadran soit :

$$\begin{cases} x = F \frac{\cos \delta \sin H}{\sin \varphi \cos \delta \cos H - \cos \varphi \sin \delta} \\ y = -F \frac{\cos \varphi \cos \delta \cos H + \sin \varphi \sin \delta}{\sin \varphi \cos \delta \cos H - \cos \varphi \sin \delta} \end{cases} \quad (4)$$

### 3.2 Méthode de calcul du Temps Civil à partir des coordonnées de l'image du soleil sur un capteur vertical non déclinant

La méthode utilisée pour estimer le Temps Civil local consiste, à partir de la connaissance des coordonnées  $x$  et  $y$  du barycentre de l'image du soleil recueillies sur un capteur plan orientée perpendiculairement au plan méridien local (orientation plein Sud), à calculer l'angle horaire du Soleil et sa déclinaison. Cet angle horaire, corrigé de la longitude  $G$  du lieu d'observation et de l'Équation du temps  $E$  pour le jour de l'année, permet d'obtenir le temps civil.

L'algorithme utilisé se déroule en deux séquences :

- la première phase consiste à estimer les valeurs de l'angle horaire  $H$  et de la déclinaison  $\delta$  du soleil à l'instant  $t$  d'observation à partir des coordonnées  $x$  et  $y$  de l'image du soleil.

Des paramètres d'observation sont en outre fournis à l'algorithme : la latitude  $\varphi$ , la longitude  $G$  du lieu de mesure et la valeur  $F$  de la distance focale de l'appareil de mesure. Les relations reliant  $x$  et  $y$  à  $H$  et  $\delta$  étant non linéaires, l'estimation de ces valeurs sera obtenue à partir de l'algorithme itératif de Newton.

- la seconde phase consiste à partir de la valeur estimée de  $\delta$  (et de son sens de variation) d'estimer le jour de l'année  $j$  (au moyen de l'algorithme de Newton).

Le jour de l'année  $j$  étant connu, il suffit de l'utiliser pour calculer la correction  $E$  à apporter à l'angle horaire  $H$ , afin d'obtenir le temps civil. Une correction additionnelle de la longitude  $G$ , permet d'obtenir l'heure civile du fuseau horaire d'observation.

#### 3.2.1 Algorithme de calcul

**3.2.1.1 Première phase de calcul.** À partir des équations (4) reliant  $x$  et  $y$  avec  $H$  et  $\delta$ , l'algorithme de Newton consiste, par itération à partir d'une valeur initiale donnée, à estimer les valeurs de  $H$  et  $\delta$  qui rendent les fonctions  $f(H, \delta)$  et  $g(H, \delta)$  nulles.

Les fonctions  $f$  et  $g$  s'expriment de la façon suivante :

$$f = F \frac{u_x}{v} - x \quad \quad g = -F \frac{u_y}{v} - y$$

Avec :

$$\begin{cases} u_x = \cos \delta \sin H \\ u_y = \cos \varphi \cos \delta \cos H + \sin \varphi \sin \delta \\ v = \sin \varphi \cos \delta \cos H - \cos \varphi \sin \delta \end{cases} \quad (5)$$

En posant les conventions suivantes :

$$X = (H, \delta)^t \quad F = (f, g)^t \quad F' = H \quad \text{avec} \quad H = \begin{vmatrix} \frac{\partial f}{\partial H} & \frac{\partial f}{\partial \delta} \\ \frac{\partial g}{\partial H} & \frac{\partial g}{\partial \delta} \end{vmatrix}$$

l'algorithme de Newton s'écrit alors :

$$X_{n+1} = X_n - \frac{F(X_n)}{H(X_n)}$$

avec une estimée initiale  $X_0 = (H_0, \delta_0)^t$ .

Cet algorithme peut s'écrire également :

$$\Delta X_{n+1} = X_{n+1} - X_n = -H_n^{-1} F(X_n)$$

Le développement des calculs est un peu laborieux, donc nous laissons au lecteur le soin de vérifier les résultats en calculant les dérivées partielles :  $\frac{\partial f}{\partial H}, \frac{\partial f}{\partial \delta}, \frac{\partial g}{\partial H}, \frac{\partial g}{\partial \delta}$ , puis en résolvant le système de deux équations à deux inconnues permettant d'obtenir le vecteur  $\Delta X_{n+1} = (\Delta H_{n+1}, \Delta \delta_{n+1})^t$ .

Nous obtenons alors les résultats suivants :

$$\begin{cases} \Delta H_{n+1} = -\frac{v_n}{F \cos \delta_n} [f_n \cos H_n + g_n \cos \varphi \sin H_n] \\ \Delta \delta_{n+1} = \frac{v_n}{F} [f_n \sin \delta_n \sin H_n + g_n (\sin \varphi \cos \delta_n - \cos \varphi \sin \delta_n \cos H_n)] \end{cases}$$

L'algorithme est arrêté lorsque la valeur absolue de  $\Delta H_{n+1}$  et de  $\Delta \delta_{n+1}$  est inférieure à un  $\epsilon$  compris entre  $10^{-7}$  et  $10^{-9}$ .

Pour que les valeurs de  $H$  et de  $\delta$  soient justes, il est nécessaire d'initialiser l'algorithme avec des valeurs voisines des valeurs finales. Sinon l'algorithme peut converger vers des valeurs inexactes. Pour fournir à l'algorithme des valeurs initiales permettant une convergence vers des valeurs finales justes, nous devons partitionner le plan  $XY$  en différentes zones de valeurs de  $x$  et de  $y$  pour lesquels nous associerons des valeurs initiales de  $H_0$  et  $\delta_0$  appropriées. Un partitionnement du plan  $XY$  entre 16 et 18 zones peut être nécessaire pour assurer une solution juste. Le programme de calcul affectera des valeurs  $H_0$  et  $\delta_0$  en fonction des valeurs  $x$  et  $y$  incluses dans les zones précédemment définies. Ensuite l'algorithme de Newton fournira les deux estimées  $H_{n+1}$  et  $\delta_{n+1}$  en quelques itérations, en général inférieures à 10.

**3.2.1.2 Seconde phase de calcul.** Cette seconde phase de calcul consiste à calculer la valeur de l'équation du temps pour le jour d'observation. Il est donc nécessaire au préalable de déterminer à partir des données d'observation la valeur du jour de l'année  $j$ .

Nous utiliserons une nouvelle fois l'algorithme de Newton pour estimer le jour de l'année  $j$ . Différentes relations permettent de relier la déclinaison  $\delta$  au jour de l'année  $j$ .

Le modèle le plus simple est représenté par une relation en sinus entre  $\delta$  et  $j$  de la forme suivante  $\delta = A \sin\left(\frac{2\pi j}{365,25} + \text{phase}\right)$ . Le modèle le plus complexe découle des équations de la Mécanique Céleste et comporte de nombreux termes (Cf. Annexes). Afin de réaliser un compromis acceptable entre complexité et précision, nous adopterons un modèle simplifié dont les coefficients ont été ajustés au moyen d'une méthode de moindres carrés pour minimiser l'erreur entre ce modèle et le modèle le plus précis. Nous poserons ainsi les équations suivantes :

$$\delta = 0,4056 \sin\left(\frac{2\pi j}{365,25} - \frac{2\pi \times 81}{365,25}\right) + 0,008 \sin\left(\frac{4\pi j}{365,25} - \frac{2\pi \times 80}{365,25}\right) + 0,00663 \quad (6)$$

$$F(j) = 0,4056 \sin\left(\frac{2\pi j}{365,25} - \frac{2\pi \times 81}{365,25}\right) + 0,008 \sin\left(\frac{4\pi j}{365,25} - \frac{2\pi \times 80}{365,25}\right) + 0,00663 - \delta \quad (7)$$

L'algorithme de Newton appliqué à la fonction  $F(j)$  permet d'obtenir une estimée de la valeur de  $j$  correspondant à  $\delta$ . Nous avons ainsi :

$$\Delta j_{n+1} = j_{n+1} - j_n = -\frac{F(j_n)}{F'(j_n)} \quad \text{avec } F'(j) = \frac{\partial F(j)}{\partial j} \quad (8)$$

Comme lors de l'étape précédente, il faut fournir à l'algorithme une valeur initiale  $j_0$ . Cette valeur devra être voisine de la solution afin d'assurer une convergence de l'algorithme vers la valeur exacte. Nous sommes alors confrontés à deux problèmes :

- le premier résulte de la non univocité de la fonction  $F(j)$ . En effet, il est facile de vérifier que pour une même valeur de  $\delta$  il existe deux solutions  $j_1$  et  $j_2$ . Pour déterminer la solution exacte, il est nécessaire de préciser le sens de variation de  $\delta$  en fonction de  $j$ , c'est-à-dire le signe de la dérivée de  $\delta$  par rapport à  $j$ .
- le second problème résulte de la nécessité de fournir une estimée initiale de la valeur de  $j_0$  suffisamment proche de la solution. Nous serons donc conduits à segmenter l'ensemble des valeurs de  $\delta$  en plusieurs parties. Une segmentation des valeurs de  $\delta$  en 6 parties semble suffire. Il faudra cependant doubler cette segmentation afin de tenir compte du signe de la pente de  $\delta$  en fonction de  $j$ .

Les conditions initiales étant fixées, l'algorithme de Newton converge rapidement vers la solution (en général en moins de 5 itérations). La valeur  $j$  correspondant à  $\delta$  étant obtenue, il faut l'introduire dans l'équation du temps pour obtenir la valeur  $E$  de cette dernière afin de corriger le temps solaire estimé en temps solaire moyen. En fonction des conventions locales (heure d'Été/Hiver) une correction d'une ou deux heures sera ajoutée au résultat final.

**Remarque importante.** L'algorithme de Newton utilisé pour estimer le jour de l'année en fonction de la déclinaison estimée, converge rapidement lorsqu'une segmentation correcte de l'ensemble des valeurs de  $\delta$  permet de fixer une valeur initiale du jour de l'année appropriée. Cependant, cet algorithme ne fonctionne pas correctement pour des valeurs de  $\delta$  correspondant à celle du soleil au voisinage du solstice d'Été et du solstice d'Hiver, la dérivée de la fonction  $F(j)$  tendant vers 0. Dans ce cas, c'est-à-dire pour des valeurs de  $\delta$  supérieures à 0,373 rd ou inférieures à -0,373 rd, nous considérerons que la variation de  $\delta$  en fonction du jour de l'année obéit à une loi parabolique. Ainsi dans cette plage de valeurs de  $\delta$ , la recherche du jour de l'année revient à résoudre une équation algébrique du second degré obtenue au moyen d'une méthode des moindres carrés (disponible sur Excel), ajustée sur les données théoriques de la déclinaison en fonction du jour de l'année. Les deux solutions correspondent pour un  $\delta$  donné aux deux jours de l'année symétriques par rapport aux jours des solstices d'Été ou d'Hiver.

L'angle horaire représentant le Temps civil local sera donc défini par l'équation :

$$H_{\text{civil}} = H_{\text{horaire}} + G + E + \text{heures conventionnelles}$$

L'angle horaire exprimé, à l'issue des différents calculs en radians, sera converti au format sexagésimal conventionnel.

Afin d'achever complètement l'estimation du temps civil à partir de l'observation du Soleil, il nous faut donc calculer la valeur de  $E$  en fonction de  $j$ .

Pour cela nous utiliserons un modèle simplifié par rapport au modèle rigoureux qui implique une expression faisant intervenir 14 termes et les jours et années juliennes (Cf. équation (10)). Ce modèle permet d'obtenir une valeur de  $E$  qui ne s'écarte de la valeur astronomique exacte que d'une valeur comprise entre  $-40$  et  $+40$  s au cours de l'année.

Le modèle utilisé pour estimer la valeur de l'équation du temps est donc le suivant :

$$E(s) = 460 \cos\left(\frac{2\pi j}{365,25} - 1,63\right) + 583 \sin\left(\frac{4\pi j}{365,25} + 0,34\right)$$

$E$  est exprimé en secondes de temps.

### 3.3 Méthode de calcul du Temps Civil à partir des coordonnées de l'image du soleil sur un capteur vertical déclinant

La démarche de calcul du temps civil local est identique à celle du paragraphe 3.2 page 129. Seules les équations reliant les coordonnées  $x$  et  $y$  et  $H$  et  $\delta$  sont différentes. La déclinaison gnomonique  $D$  définit l'angle de l'axe optique du capteur par rapport à l'axe  $x'x$  (Est-Ouest).

$$\begin{cases} x = F \frac{\sin D(\sin \varphi \cos \delta \cos H - \cos \varphi \sin \delta) + \cos D \cos \delta \sin H}{\cos D(\sin \varphi \cos \delta \cos H - \cos \varphi \sin \delta) - \sin D \cos \delta \sin H} \\ y = -F \frac{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H}{\cos D(\sin \varphi \cos \delta \cos H - \cos \varphi \sin \delta) - \sin D \cos \delta \sin H} \end{cases} \quad (9)$$

On rappelle les conventions du paragraphe 3.2.1.1 page 129 :

$$f = F \frac{u_x}{v} - x \quad g = -F \frac{u_y}{v} - y$$

avec  $u_x$  et  $u_y$  les numérateurs de  $x$  et  $y$  et  $v$  le dénominateur commun de  $x$  et  $y$ .

Le calcul des dérivées partielles,  $\frac{\partial f}{\partial H}$ ,  $\frac{\partial f}{\partial \delta}$ ,  $\frac{\partial g}{\partial H}$ ,  $\frac{\partial g}{\partial \delta}$  conduit à des résultats différents, qui tous calculs faits, nous donne, avec les conventions du paragraphe précédent les valeurs estimées de  $H_{n+1}$  et  $\delta_{n+1}$  en utilisant l'algorithme de Newton :

$$\begin{cases} \Delta H_{n+1} = -\frac{v_n}{F \cos \delta_n} \left[ f_n (\cos D \cos H_n - \sin \varphi \sin D \sin H_n) + g_n \cos \varphi \sin H_n \right] \\ \Delta \delta_{n+1} = \frac{v_n}{F \cos \delta_n} \left[ f_n [\sin \delta_n \cos \delta_n \sin H_n + \sin D (\cos \varphi \cos \delta_n + \sin \varphi \sin \delta_n \cos H_n)] \right. \\ \quad \left. + g_n \cos \delta_n (\sin \varphi \cos \delta_n - \cos \varphi \sin \delta_n \cos H_n) \right] \end{cases}$$

La seconde phase de calcul à partir de l'estimation de  $\delta$  est rigoureusement identique à celle du chapitre concernant le capteur vertical non déclinant.

### 3.4 Test par simulation de la justesse de l'algorithme pour un capteur vertical non déclinant

Afin d'évaluer le bon fonctionnement de cet algorithme nous avons programmé une simulation de cette méthode d'estimation du temps civil à partir du temps solaire.

La méthode mise en œuvre consiste à partir d'une date et d'un instant de temps civil, à calculer sans approximation, les coordonnées du centre de l'image du soleil sur un capteur vertical non déclinant. Les paramètres de position locale, latitude et longitude, seront définis et identiques à ceux du programme d'estimation du temps civil.

Le calcul de l'équation du temps comprendra les quatorze termes (Cf. équation (10)) et utilisera les jours juliens. Le calcul des jours juliens, à partir de la date choisie, sera obtenu au moyen de l'algorithme proposé par Jean Meeus<sup>1</sup>.

Les coordonnées  $x$  et  $y$  obtenues à partir de ces calculs seront introduites dans le programme d'estimation du temps civil. Une comparaison entre les instants « d'observation » (date et temps de la montre) et les dates et temps estimés par l'algorithme montre un écart inférieur à une minute sur les quelques valeurs testées avec  $F = 20$  mm (Cf. tableau 1).

**TABLE 1**  
**Résultats numériques d'une simulation**

| $x$            | $y$            | Temps        | Date       | Écart < 1 mn |
|----------------|----------------|--------------|------------|--------------|
| -8,535 702 705 | -7,372 661 591 | 10 : 19 : 42 | 08/01/2018 | ok           |
| -24,412 790 3  | -2,779 113 77  | 08 : 09 : 06 | 08/01/2018 | ok           |
| 11,835 187 91  | -6,723 954 201 | 14 : 01 : 56 | 08/01/2018 | ok           |
| 27,973 472 6   | -1,339 733 839 | 15 : 59 : 53 | 08/01/2018 | ok           |
| 10,093 013 76  | -7,090 066 433 | 13 : 44 : 55 | 08/01/2018 | ok           |
| 6,189 448 357  | -7,714 622 498 | 13 : 04 : 06 | 08/01/2018 | ok           |
| -5,636 686 325 | -7,780 011 654 | 10 : 50 : 41 | 08/01/2018 | ok           |
| 20,483 539 58  | -4,224 131 107 | 15 : 13 : 47 | 08/01/2018 | ok           |
| 4,051 646 233  | -7,934 504 509 | 12 : 40 : 29 | 08/01/2018 | ok           |
| 14,347 298 62  | -6,108 689 785 | 14 : 25 : 00 | 08/01/2018 | ok           |
| 12,564 921 38  | -6,555 562 496 | 14 : 08 : 49 | 08/01/2018 | ok           |
| -16,511 934 28 | -5,501 891 613 | 09 : 05 : 19 | 08/01/2018 | ok           |
| -16,717 874 53 | -5,440 693 855 | 09 : 03 : 38 | 08/01/2018 | ok           |

**Remarque :** La date du 8 janvier a été choisie pour vérifier le bon fonctionnement au voisinage du solstice d'hiver.

<sup>1</sup>Cf. *Calculs Astronomiques à l'usage des amateurs* par Jean Meeus, Éditeur : SAF.

## 4 Équation du Temps

La valeur en minutes  $E_m$  de l'équation du temps<sup>2</sup> est donnée par l'expression suivante, valable de 1900 à 2100 :

$$\begin{aligned} E_m = & 7,362 \sin M - 0,144 \cos M + 8,955 \sin 2M + 4,302 \cos 2M + 0,288 \sin 3M \\ & + 0,133 \cos 3M + 0,131 \sin 4M + 0,167 \cos 4M + 0,009 \sin 5M + 0,011 \cos 5M \\ & + 0,001 \sin 6M + 0,006 \cos 6M - 0,00258 t \sin 2M + 0,00533 t \cos 2M \quad (10) \end{aligned}$$

L'anomalie moyenne du Soleil exprimée en radians est  $M = 6,240\,060 + 6,283\,019\,552 t$ ; le temps est comptée en années juliennes à partir de J2000,  $t = \frac{dj - 2\,451\,545}{365,25}$ , avec  $dj$ , la date considérée, exprimée en jours juliens.

## 5 Annexes

### 5.1 Modèle simplifié de relation entre la déclinaison et le jour de l'année

L'équation de la déclinaison, en degrés décimaux, utilisant l'anomalie moyenne du Soleil  $M$  comme dans le paragraphe 4 relatif à l'équation du temps s'exprime par le développement suivant :

$$\begin{aligned} \delta(^{\circ}) = & 5,206\,738 \sin M - 22,672\,28 \cos M + 0,080\,227\,4 \sin 2M - 0,372\,030\,7 \cos 2M \\ & + 0,104\,977 \sin 3M - 0,135\,471 \cos 3M + 0,004\,954 \sin 4M - 0,006\,406 \cos 4M \\ & + 0,003\,029\,3 \sin 5M - 0,001\,515\,1 \cos 5M + 0,000\,208 \sin 6M - 0,000\,112\,5 \cos 6M \\ & + 0,002\,629\,1 t \sin 2M + 0,000\,567\,3 t \cos(2M + 0,378\,203\,8) + 0,006\,63 \quad (11) \end{aligned}$$

$t$  étant exprimé en jours juliens à partir de l'an 2000 comme dans le paragraphe 4.

Le modèle simplifié utilisé pour représenter  $\delta$  s'exprime par l'équation suivante :

$$\delta(rd) = 0,405\,6 \sin\left(\frac{2\pi j}{365,25} - \frac{2\pi 81}{365,25}\right) + 0,008 \sin\left(\frac{4\pi j}{365,25} - \frac{2\pi 80}{365,25}\right) + 0,006\,63$$

$j$  représentant le numéro du jour de l'année

Le graphique 7 page suivante représente l'écart entre le modèle théorique et le modèle simplifié en degré décimal.

### 5.2 Modèle simplifié de l'équation du temps

Comme précédemment l'équation du temps représentée au paragraphe 4, a été simplifiée en utilisant le modèle suivant exprimé en secondes de temps :

$$E(s) = 460 \cos\left(\frac{2\pi j}{365,25} - 1,63\right) + 583 \sin\left(\frac{4\pi j}{365,25} + 0,34\right)$$

Comme pour la déclinaison  $j$  représente le numéro du jour de l'année.

Le graphique 8 page ci-contre représente l'écart, en secondes de temps, entre le modèle théorique et le modèle simplifié.

<sup>2</sup>Annuaire du Bureau des Longitudes – Éphémérides Astronomiques 2000 – Éditeur : Masson.

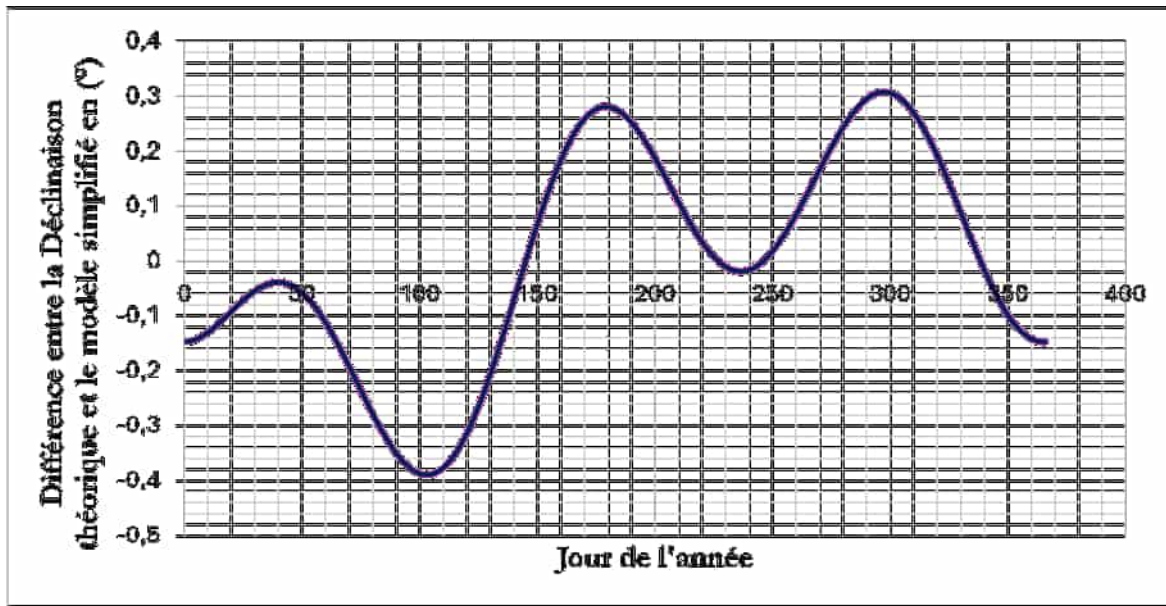


FIG. 7 – Différence entre la déclinaison théorique et un modèle simplifié en degré décimal.

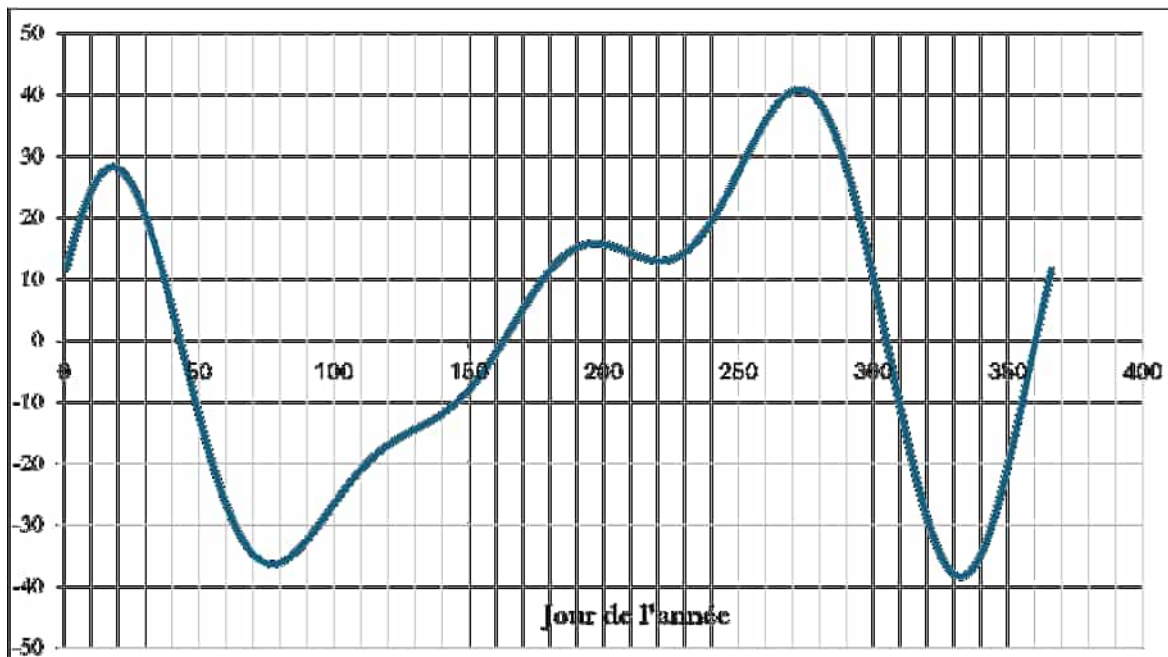
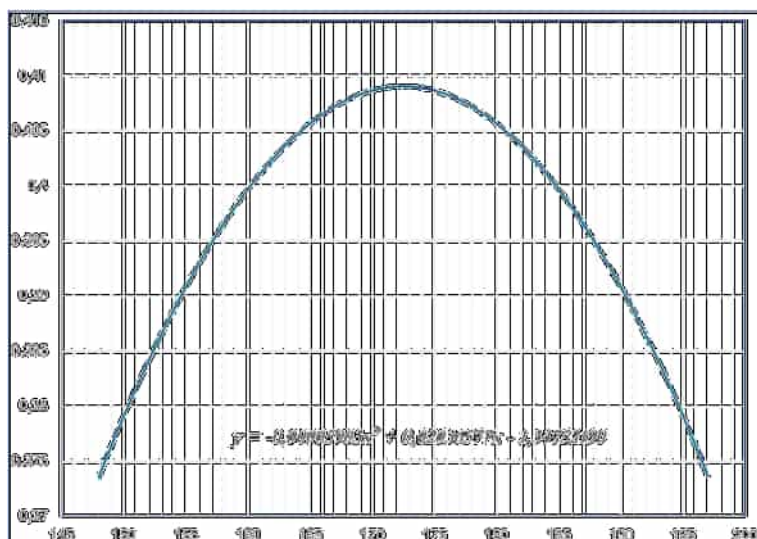


FIG. 8 – Écart en seconde du modèle simplifié par rapport à l'équation théorique.

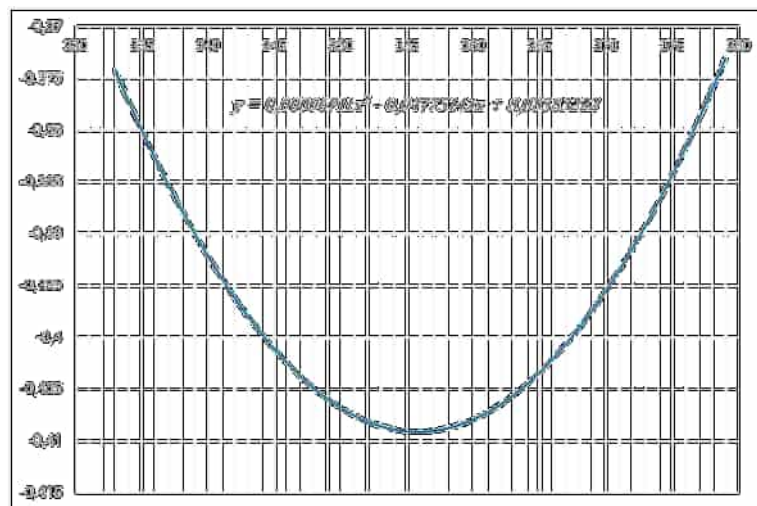
### 5.3 Approximation parabolique de la déclinaison en fonction du jour de l'année au voisinage des solstices d'hiver et d'été

Comme nous l'avons mentionné dans le développement de l'algorithme de détermination du jour de l'année en fonction de la déclinaison du soleil et de son sens de variation, nous avons dû exprimer la relation reliant la déclinaison aux jours de l'année par une approximation parabolique.

Au voisinage des solstices nous avons donc remplacé le modèle théorique par des polynômes du second degré qui ont été «ajustées» sur les valeurs de ce modèle au moyen d'une méthode de moindres carrés (Cf. Excel). Cette approximation concerne les valeurs de  $\delta$  supérieures à 0,373 rd (21;3) ou inférieures à 0,373 rd (-21;3). Les graphiques ci-après représentent ces approximations paraboliques et les équations du second degré correspondantes.



**FIG. 9** – Modèle simplifié parabolique de la déclinaison du Soleil au voisinage du solstice d'été.



**FIG. 10** – Modèle simplifié parabolique de la déclinaison du Soleil au voisinage du solstice d’hiver.

**En annexe de la version numérique :**

Vous trouverez le fichier Excel :

 « Declinaison\_et\_Equation\_du\_Temps\_2016.xlsm ».

---

## Trois types de cadrans solaires de hauteur d'Érasme Habermel

par DENIS SAVOIE<sup>1</sup>

---

### MOTS CLEFS

Érasme Habermel; Cadran solaire de hauteur vertical et horizontal.

### RÉSUMÉ

Cet article est une étude d'une série de cadrans solaires portables de hauteur réalisés par Érasme Habermel dans les années 1580. Il a gravé des cadrans verticaux que l'on oriente vers le Soleil où l'heure est indiquée sur des courbes spiralées ou en forme de cœur, ainsi qu'une version où le cadran de hauteur est horizontal, ce qui est très rare. On donne également les formules permettant de retrouver la latitude et la longueur d'un gnomon sur ces cadrans de hauteur.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Il existe de nombreuses variétés de cadrans solaires de hauteur portables où les tracés, qui sont en fait des abaques, ont des formes de droites, de cercles ou de courbes curieuses. Le très fameux constructeur allemand d'instruments Érasme Habermel (1538?-1606) installé à Prague où il va fabriquer un peu plus de 150 instruments<sup>2</sup>, notamment pour l'empereur<sup>3</sup> Rodolphe II (1552-1612) et pour l'astronome Tycho Brahe (1546-1601), a conçu au milieu des années 1580 plusieurs exemplaires d'un cadran solaire qu'il a déclinés en deux types. Il s'agit d'un disque, tournant selon la version

---

<sup>1</sup>Universcience et Observatoire de Paris (LTE).

<sup>2</sup>Sur Érasme Habermel et ses réalisations, voir Ernst Zinner, *Deutsche und Niederländische Astronomische Instrumente des 11.-18. Jahrhunderts*, Munich, 1956, p. 329-346. Sur ses instruments, voir Wolfgang Eckhardt, « Erasmus and Josua Habermel : Kunstgeschichtliche Anmerkungen zu den Werken der beiden Instrumentenmacher », *Jahrbuch der Hamburger Kunstsammlungen* 22, 1977, p. 13-74 [ouvrage de référence des instruments auxquels le présent article renvoie]. On notera que les cadrans de hauteur étudiés ici ne semblent pas décrits dans les ouvrages anciens de gnomonique et qu'il est donc probable qu'Érasme Habermel en soit l'inventeur, du moins ceux à lignes spiralées (ceux en limaçon de Pascal étaient déjà connus, cf. *infra*). Les cadrans réalisés par Habermel sont très proches de cadrans islamiques appelés *hafir* et *halazun* : voir François Charette, *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria*, Brill, Leiden-Boston, 2003, p. 153-160. Ainsi que David A. King, François Charette, « A Universal Sundial Made for Sultan Mehmet II, in the Context of Astronomical Instrumentation in late-15th Century Istanbul », Suhayl. *International Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilisation*, 21, décembre 2024, p. 7-208.

<sup>3</sup>Wolfgang Eckhardt, « Erasmus Habermel und Josua Habermel : zur Biographie des Instrumentenmachers Kaiser Rudolf II », *Jahrbuch der Hamburger Kunstsammlungen* 21, 1976, p. 55-92.

dans un octogone qui fait office de mère comme pour le tympan d'un astrolabe, avec un zodiaque périphérique, où les lignes d'heures peuvent prendre ou des formes de spirales<sup>4</sup> ou des formes de limaçon de Pascal<sup>5</sup>.

Ces cadrans s'utilisent très simplement, de la même façon que les cylindres de hauteur<sup>6</sup> : une fois la date réglée, on oriente le cadran vers le Soleil de façon que l'ombre du gnomon tombe verticalement sur une ligne de date. L'extrémité de l'ombre permet alors de lire l'heure solaire vraie ; un tel cadran est calculé pour une latitude précise<sup>7</sup>.

Il existe deux versions du cadran de hauteur à lignes spiralées : une où le gnomon horizontal fixe est placé au sommet du cadran, que l'on appellera version (a) ; une autre où le gnomon est placé au centre du cadran que l'on appellera version (b). Dans le cas des cadrans en limaçon de Pascal, il existe de la même façon une version avec un gnomon central que l'on appellera version (c) et une avec gnomon périphérique que l'on appellera version (d). Habermel a aussi imaginé une version horizontale du cadran à limaçon de Pascal, ce qui constitue une rareté dans la catégorie des cadrans de hauteur qui sont généralement verticaux.

Le dos de chacun de cette série de cadrans est occupé généralement par un système de conversion des heures en partie à but astrologique. Ces cadrans ne semblent jamais avoir été étudiés et l'on ne dispose d'aucune indication de la part d'Habermel sur leur usage ou leur fabrication. Ces cadrans étaient avant tout des instruments de prestige<sup>8</sup>, destinés à être exposés à des visiteurs ou des amateurs avertis voire à une noblesse très éclairée. On se propose de décrire ici ces cadrans et la façon dont on les calcule et utilise.

## 1 Cadran spiralé

### 1.1 Version (a)

L'exemple typique du cadran spiralé est celui du *Deutsches Museum* (fig. 1 page suivante) qui est un octogone dont un côté est muni d'une suspension avec bélière et d'un gnomon rabattable en forme de pointe. L'ensemble mesure 160 mm de large pour une épaisseur de 12 mm tandis que le disque rotatif mesure 157 mm de diamètre, le gnomon mesurant 35 mm de long (cadran non daté). Le tracé est composé d'un réseau de droites convergeant vers le centre du cadran, régulièrement espacées de 10°, et de spirales qui sont les courbes d'heures. Le disque tourne autour de son centre occupé par un axe qui sert également pour le curseur de la face opposée.

Faisons passer par le centre du disque (fig. 2 page 140) un système d'axes de centre  $C$ , les  $x$  étant dirigés vers la droite et les  $y$  vers le haut (signe Bélier-Balance). Soient  $R$  le rayon du disque qui détermine le cercle limite,  $a$  la longueur du style droit situé en  $P$ ,  $\varphi$  la latitude du lieu,  $h$  la hauteur

<sup>4</sup>Les cadrans solaires spiralés se trouvent dans les musées suivants (liste non exhaustive) : Oxford, *Oxford Science Museum*, n°inv. 35550 ; Munich, *Deutsches Museum*, n°inv. 1693 ; Vienne (Autriche) *Kunsthistorisches Museum*, n°inv. PA363 ; Francfort-sur-le-Main, *Historisches Museum*, n°inv. X00854. Dans tous ces cadrans, les gnomons sont manquants et le lieu d'utilisation n'est pas indiqué.

<sup>5</sup>Les cadrans solaires en limaçon de Pascal d'Habermel se trouvent dans les musées suivants (liste non exhaustive) : Vienne, *Kunsthistorisches Museum*, n°inv. 726 ; Francfort-sur-le-Main, *Historisches Museum*, n°inv. X00852 et n°X00853 ; Prague, *Národní technické muzeum*, n°inv. 2262 et n°inv. 9052 ; Nuremberg, *Germanisches National Museum*, n°inv. WI 1809 (voir Ernst Zinner, *Deutsche und Niederländische Astronomische Instrumente des 11.-18. Jahrhunderts*, op. cit., p. 333).

<sup>6</sup>Habermel a construit un cylindre de hauteur reproduit dans le *Catalogue des objets d'art*, dir. Frederik Muller, Amsterdam, 1911, chap. « Les instruments de la famille Strozzi faits en 1585-1586 par Erasmus Habermel de Prague », n°354.

<sup>7</sup>Sur l'erreur dans la lecture de l'heure d'un cadran de hauteur utilisé à une autre latitude, voir Denis Savoie, « Cadrans solaires de hauteur déplacés », *Cadran Info* n°48, octobre 2023, p. 131-136.

<sup>8</sup>Le poids important de ces cadrans, généralement en laiton, et qui doivent être suspendus face au Soleil, ne facilite guère leur usage courant.

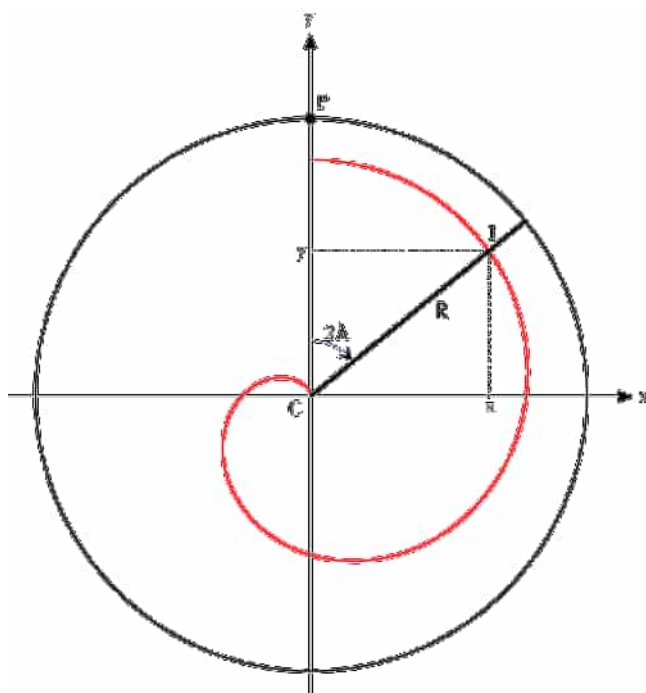


**FIG. 1** – Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en laiton (diamètre 209 mm) avec courbes horaires spiralées et gnomon périphérique du *Deutsches Museum* (Photo©Deutsches Museum).

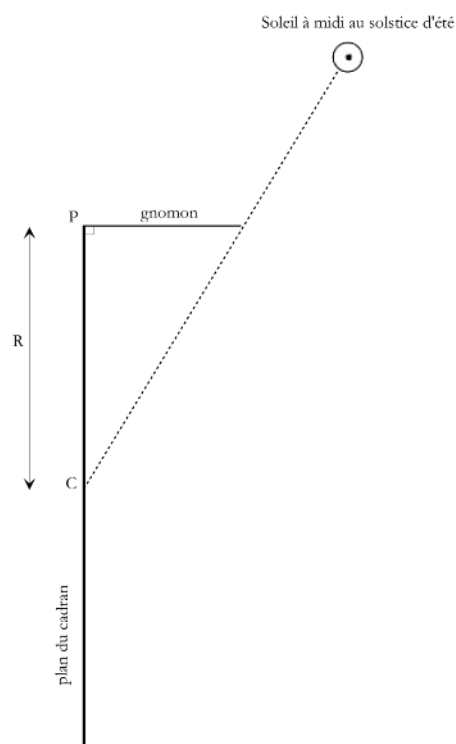
du Soleil,  $\delta$  sa déclinaison et  $H$  son angle horaire. Les coordonnées d'un point  $I$  d'une spirale horaire se calculent par :

$$\begin{cases} x = (R - a \tan h) \sin 2\lambda \\ y = -(R - a \tan h) \cos 2\lambda \end{cases} \quad (1)$$

avec  $\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H$  et  $\sin \delta = \sin \varepsilon \sin \lambda$  où  $\varepsilon = 23,433$  (actuellement).



**FIG. 2** – Principe de tracé d'une spirale horaire en coordonnées rectangulaires.



**FIG. 3** – La longueur du gnomon est calculée de telle sorte que l'extrémité de l'ombre atteigne le centre du cadran à midi solaire le jour du solstice d'été.

Pour un angle horaire  $H$  donné ( $H = 0^\circ$  pour 12 h,  $H = 30^\circ$  pour 14 h,  $H = -45^\circ$  pour 9 h, etc), on fait varier la longitude éclipstique  $\lambda$  de  $90^\circ$  (Cancer) à  $270^\circ$  (Capricorne) avec un pas de  $1^\circ$  et l'on obtient une spirale d'heure. Dès que  $\sqrt{x^2 + y^2} > R$ , donc si la hauteur du Soleil est négative, la ligne horaire n'existe pas (cas par exemple de la ligne 6 h-18 h en automne-hiver).

La longueur du gnomon, situé sur le cercle périphérique, est calculée de telle sorte que  $a = R \tan(\varphi - \varepsilon)$ , autrement de façon qu'à midi au solstice d'été l'extrémité de l'ombre tombe au centre du disque (fig. 3) : le gnomon est fixe, c'est le disque qui coulisse. D'un point de vue géométrique, le principe du cadran s'inspire du cylindre du hauteur : pour une date donnée, on marque sur un segment de droite la longueur verticale de l'ombre (soit  $a \tan h$ ) en fonction de l'heure ; puis on fait tourner le disque pour une autre date et on réitère le marquage. En joignant les points d'une même heure, on obtient une courbe spiralee (fig. 4 page ci-contre).

À la périphérie du disque se trouve la division zodiacale où un signe correspond à  $60^\circ$  (un signe mesurant théoriquement  $30^\circ$ ) : il y a repliement des douze signes du zodiaque en deux parties, une correspondant aux déclinaisons positives du Soleil : *Aries* ( $\lambda = 0^\circ$ ), *Taurus* ( $\lambda = 30^\circ$ ), *Gemini* ( $\lambda = 60^\circ$ ),



FIG. 4 – Détail du centre du cadran spiralé finement gravé avec la signature *Erasmus Habermel fecit* (photo©Deutsches Museum).

*Cancer* ( $\lambda = 90^\circ$ ), *Leo* ( $\lambda = 120^\circ$ ), *Virgo* ( $\lambda = 150^\circ$ ); une autre aux déclinaisons négatives : *Libra* ( $\lambda = 180^\circ$ ), *Scorpius* ( $\lambda = 210^\circ$ ), *Sagittarius* ( $\lambda = 240^\circ$ ), *Capricornus* ( $\lambda = 270^\circ$ ), *Aquarius* ( $\lambda = 300^\circ$ ), *Pisces* ( $\lambda = 330^\circ$ ). Chaque signe est lui-même divisé en trois décades notées 10, 20, 30, et chaque décade est elle-même divisée en deux secteurs. À la périphérie du disque se trouve une division de la circonférence de  $1^\circ$  en  $1^\circ$  mais qui en réalité mesurent chacun  $2^\circ$  depuis le centre. Sur chaque division angulaire de début de signe, est indiqué les couples d'heures. L'innovation d'Habermel consiste à tourner le disque d'une valeur double du déplacement journalier du Soleil dans le ciel (fig. 5 page suivante).

Pour utiliser le cadran, on amène en position verticale « la plus basse » le signe zodiacal dans lequel le Soleil se trouve, de sorte que l'échancrure située sous gnomon (dont le pied doit tangenter le cercle de rayon  $R$ ) doit être à l'opposé du signe : par exemple si on est le jour de l'équinoxe d'automne (*Libra*), l'échancrure doit coïncider avec le trait du début du *Cancer*/*Capricorne*. Sur la droite correspondant

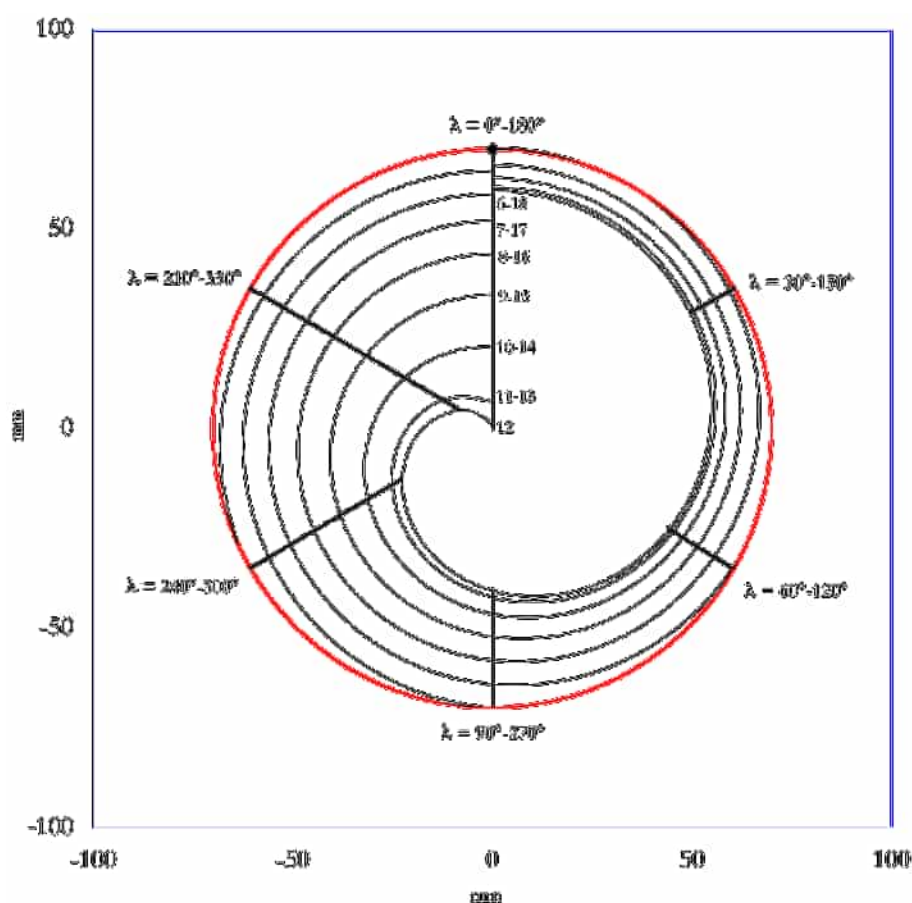


FIG. 5 – Exemple de tracé d'un cadran solaire spiralé avec gnomon périphérique.  $\varphi = 50^\circ$ ;  $r = 70$  mm;  $a = 35$  mm.

à *Aries-Libra*, entre les heures (8-4) et (7-5) se trouve un petit plot cubique qui sert sans doute à faire tourner le disque à la main<sup>9</sup>.

Ce cadran de hauteur souffre, comme tous les cadrans de ce type, d'un tassement des lignes spiralées entre 11 h et 13 h (notées 11 et 1 sur le cadran), ce qui rend la lecture de l'heure très difficile. On notera qu'un même couple de signes sert à deux dates opposées de six mois (par exemple le calage pour le solstice d'été est le même que pour le solstice d'hiver). De la même façon, une même courbe d'heure sert pour le matin et l'après-midi.

Pour occuper la partie dégagée par les courbes, Habermel a gravé depuis le centre une étoile tronquée et signé dans un cartouche « *Erasmus Habermel fecit* ». Dans un phylactère-banderole est gravé *horæ generales*, c'est-à-dire « heures universelles », synonyme d'heures solaires vraies. On notera la remarquable finesse de la gravure des courbes spiralées. Il n'existe aucune indication quant à la latitude utilisée pour le tracé mais des mesures sur des photos de l'objet concordent avec un tracé pour la latitude de Prague ( $\varphi = 50^\circ$ ).

<sup>9</sup>La goupille centrale qui permet au disque de tourner doit suffisamment adhérer à la paroi du trou afin que le disque ne soit pas en rotation libre.

Au dos du cadran solaire de hauteur (fig. 6), Habermel a gravé un convertisseur<sup>10</sup> sur un disque de 160 mm de diamètre et qui permet de transformer l'heure solaire vraie simultanément en heure inégale (ou heure planétaire) et en heure italique (heure de la Bohême).



**FIG. 6** – Dos du cadran vertical de hauteur d’Habermel du Deutsches Museum qui comporte un convertisseur de l’heure solaire en heure planétaire et bohémienne (Photo©Deutsches Museum).

<sup>10</sup>Erasme Habermel a exécuté plusieurs variantes de ce type de convertisseur : voir Denis Savoie, « Le compendium astronomique d’Erasme Habermel de l’Observatoire de Paris », *Cadran Info* n°47, mai 2023, p. 150-175.

L'inscription placée au milieu de l'abaque annonce d'ailleurs l'usage de cette partie : *Horæ Vulgares Planetariæ [&] Bohemicæ inter se invicem adequatæ* [heures ordinaires planétaires et de la Bohême accordées entre elles<sup>11</sup>].

Le convertisseur, qui est aussi un abaque, occupe un secteur angulaire circulaire de 240° dont le centre est le pivot d'un ostenseur gradué d'un côté de 4 à 8 et marqué à sa base *Occasus*. Le secteur angulaire est divisé en heures solaires vraies (chiffres romains) de IIII à VIII, une heure mesurant 15°, les heures extrêmes correspondant au lever et coucher du Soleil au solstice d'été à Prague. Chaque heure est divisée en 15 minutes avec alternance de secteurs gravés très finement. Les courbes d'heures inégales ou planétaires, numérotées de 1 à 12, sont en trait pointillé, tandis que les courbes d'heures italiques sont en trait plein, numérotées de 9 h à 24 h avec un rappel en haut et en bas de chaque ligne de la chiffraison.

Le principe, simple et astucieux, reprend celui utilisé sur d'autres instruments qu'Habermel a réalisés : comme l'heure italique et l'heure inégale dépendent pour être converties en temps solaire « classique » (comptée depuis midi) de la date et du lieu, Habermel a gradué son ostenseur toutes les 15 minutes en fonction de l'heure de coucher du Soleil (*Occasus*), qui est donc la variable<sup>12</sup>. Il a gravé sur la partie droite occidens (partie coucher du Soleil) et oriens (partie lever du Soleil) sur la partie gauche. Si l'on pose que la graduation de l'heure sur l'ostenseur varie de 16 h (4) à 20 h (8), on sait que les heures solaires vraies  $H$ , italiques  $I$  et inégales  $T$  obéissent aux deux relations suivantes :

$$H = I + H_0 - 12 \quad (\text{modulo } 24)$$

et

$$H = \left\lceil T \frac{H_0 - 12}{6} \right\rceil + 12 - H_0 \quad (\text{modulo } 24)$$

où  $H_0$  est l'heure de coucher du Soleil qui correspond pour le convertisseur à la latitude de Prague.  $H$  doit ensuite être multiplié par 15 pour être transformé en degrés<sup>13</sup>.

Pour tracer l'abaque de façon moderne, on fait passer par l'axe du pivot de l'ostenseur un système d'axes orthogonaux, les  $x$  étant dirigés vers la droite, les  $y$  vers le haut (fig. 7 page suivante) depuis un point  $C$ .

Un point de l'abaque a pour coordonnées :

$$\begin{cases} x = \rho \sin H \\ y = \rho \cos H \end{cases}$$

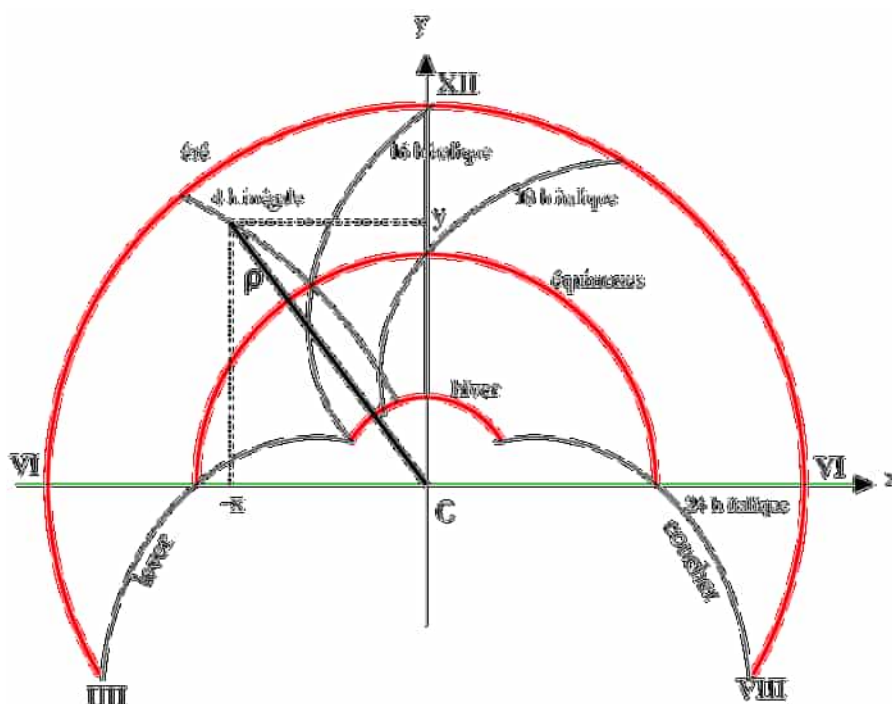
$\rho$  est le rayon que l'on calcule de la façon suivante :

$$\rho = \rho_0 + \frac{H_0 - H_h}{H_e - H_h} \Delta\rho$$

où  $\rho_0$  est le rayon minimum qui correspond à la distance de  $C$  au point 16 h (4) de l'ostenseur et  $\Delta\rho$  l'amplitude en centimètres que l'on choisit entre 16 h et 20 h sur l'ostenseur.

Par exemple si on prend un ostenseur de longueur totale 70 mm et que l'amplitude choisie est de 53 mm, alors  $\rho_0 = 17$  mm ( $\rho_0$  est en fait une partie technique et décorative).  $H_0$  est l'heure de coucher du Soleil de la date qui est la partie variable de la formule,  $H_e$  l'heure de coucher du Soleil au solstice d'été,  $H_h$  l'heure de coucher du Soleil au solstice d'hiver, de sorte que  $(H_e - H_h)$  est une constante.

<sup>11</sup>Les heures bohémiennes sont synonymes d'heures italiques : voir J.-B. Riccioli, *Almagestum novum astronomiam veterem novamque complectens, observationibus aliorum, et propriis novisque theorematibus, problematibus ac tabulis promotam*. In tres tomos distributam, 2 vol., Bononiæ, 1651, vol. I, p. 34 (chap. XXX), qui donne la liste des pays où les heures italiques sont en usage. À l'époque d'Habermel, Prague est la capitale de la Bohême où l'on compte les heures depuis le précédent coucher de Soleil comme en Italie ; les six cadrans du *Clementinum* de Prague en sont le témoignage



**FIG. 7** – Principe de tracé de l’abaque en coordonnées rectangulaires.

Le cercle de plus grand rayon correspond au solstice d'été, le plus petit au solstice d'hiver et l'intermédiaire aux équinoxes<sup>14</sup>. On vérifie bien que sur le cercle équinoxial se croisent les courbes d'heure inégale et d'heure italique espacées de 12 h ( $I - T = 12$ ). Imaginons que le jour du solstice d'hiver à Prague, on lise 14 h sur le cadran solaire de hauteur; on retourne alors le cadran, on amène l'index de l'ostenseur sur II (14 h) et à l'intersection du chiffre 4 de l'ostenseur (heure de coucher du Soleil) on lit qu'il est 22 h italique et 9 h inégale.

La difficulté d'usage de ce système réside dans la connaissance de l'heure de coucher du Soleil en fonction de la date.

L'ostenseur permet également de connaître la durée des jours et des nuits grâce aux deux échelles arquées qui comportent chacune deux séries de valeurs. L'échelle intitulée *Oriens log : Diei* qui signifie « longueur du jour » est divisée en deux parties : la partie de 8 à 4, divisée en 30 minutes, correspond à l'heure de lever du Soleil; juste en face se trouve la partie de 8 à 16 qui correspond à la durée du jour. On vérifie par exemple que si l'on place l'ostenseur sur 4 qui correspond au solstice d'hiver, le Soleil se lève à 8 h du matin (temps solaire) et la durée du jour est de 8 h. La

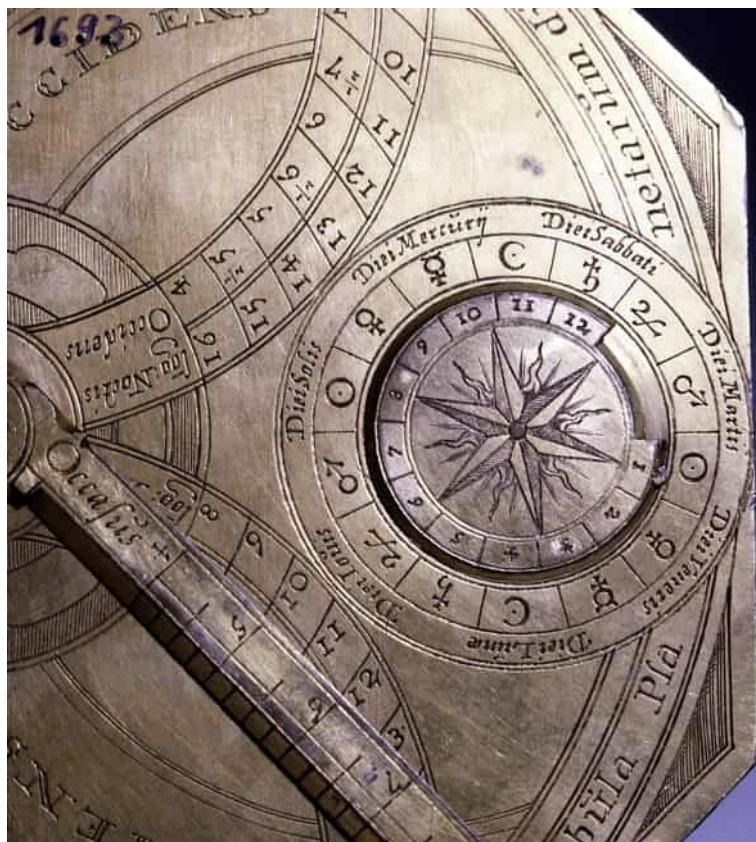
le plus éloquent : voir le catalogue de M. Broz, M. Nosek, J. Trebichavsky, S. Pecinova, Slunecni Hodiny, Prague, 2004, p. 258-260 (catalogue en ligne : <https://astro.troja.mff.cuni.cz/mira/sh/sh.php>).

<sup>12</sup>L'heure de coucher dépend de la latitude  $\varphi$  et de la date connue par la déclinaison  $\delta$  du Soleil :  $\cos H_c = -\tan \varphi \tan \delta$  puis heure coucher  $H_0 = 12 + H_c/15$ . À Prague dans la seconde moitié du XVI<sup>e</sup> siècle, l'heure de coucher réelle du Soleil au solstice d'été était 20 h 05 m ( $\delta = +23^\circ 29'$ ). Sur d'autres instruments, Habermel a gradué l'ostenseur en signes zodiacaux.

<sup>13</sup>Il faut que l'angle horaire soit ramené entre 0° et +180° ou entre 0° et -180° plutôt que de travailler avec un  $H$  variant de 0° à 360°.

<sup>14</sup>Sur l'instrument d'Habermel, certaines intersections ne sont pas strictement exactes en toute rigueur si l'on considère que l'instrument est calculé pour Prague : par exemple sur le cercle d'été, la courbe 3 heure inégale coïncide avec la courbe 12 heure italique, alors qu'il y a en fait un écart de plusieurs minutes : lorsqu'il est 8 heure solaire, il est 11 h 55 m italique et 3 h 02 m inégale. De même midi solaire ne coïncide pas exactement avec 16 heure italique sur le cercle d'été. Par contre à la latitude 49°, la coïncidence est parfaite.

seconde échelle *Occidens log : noctis* indique les heures de coucher du Soleil et la durée de la nuit : en reprenant l'exemple du solstice d'hiver, on lit que le Soleil se couche à 4 h et que la durée de la nuit est de 16 h.



**FIG. 8** – Détail de la table circulaire indiquant la planète régnante en fonction du jour et de l'heure. Photo©Deutsches Museum.

Erasme Habermel a ajouté — comme sur beaucoup de ses réalisations — une *Tabula Planetarum Diei* circulaire qui indique la planète régnante en fonction du jour et de l'heure<sup>15</sup> et qui s'utilise avec l'abaque de conversion (fig. 8). Dans les trois circonférences on trouve successivement depuis le centre : les heures de 1 à 12 placées sur une rondelle rotative munie d'un petit index ; les quatorze symboles astrologiques des planètes (en partant du Soleil) : Soleil – Vénus – Mercure – Lune – Saturne – Jupiter – Mars, etc. Puis les sept jours de la semaine *Diei Solis* (Soleil = dimanche) – *Diei Mercurii* (Mercure = mercredi) – *Diei Sabbati* (Saturne = samedi) – *Diei Martis* (Mars = mardi) – *Diei Veneris* (Vénus = vendredi) – *Diei Lunæ* (Lune = lundi) – *Diei Jovis* (Jupiter = jeudi). On remarque que pour des raisons de place, Habermel a dû graver un jour sur deux.

La table planétaire des jours s'utilise de la façon suivante : connaissant l'heure solaire à partir du cadran de hauteur, on lit à l'aide de l'abaque de conversion quelle est l'heure planétaire. Puis on amène la rondelle rotative sur le jour de la semaine et on lit qu'elle est la planète dominante. Imaginons un vendredi où le Soleil se couche à 7 h (19 h) et que le cadran de hauteur indique 8 h 30 m (matin) : sur l'abaque, on lit qu'il est 3 h planétaire. On amène l'index rotatif sur le symbole planétaire du jour (vendredi) et au-dessus du chiffre 3 on lit que la planète dominante est la Lune.



**FIG. 9** – Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en cuivre plaqué d’or (155 mm de diamètre) avec courbes horaires spiralées et gnomon central du *Kunsthistorisches Museum* daté 1589 (Photo©Kunsthistorisches Museum).

## 1.2 Version (b)

Les cadrans d’Habermel des musées d’Oxford (daté de 1586, fig. 10 page suivante), de Vienne (daté de 1589, fig. 9) et de Francfort-sur-le-Main<sup>16</sup> (non daté) présentent un tracé où les heures extrêmes (lever et coucher) partent du centre du disque pour arriver à 12 h à la périphérie (c’est le contraire

<sup>15</sup>Sur l’attribution d’une planète à une heure, voir Dion Cassius, *Histoire romaine*, Livre 37, chap. 18-19.

<sup>16</sup>Voir Wolfgang Eckhardt, *op. cit.*, p. 38, instrument n°63.



**FIG. 10** – Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en cuivre doré (diamètre 160 mm) avec courbes horaires spiralées et gnomon central du Science Museum d’Oxford daté 1586 (Photo©*History of Science Museum*, University of Oxford).

dans le cadran du Deutsches Museum). Le gnomon occupe donc le centre du disque et si l’on reprend

les conventions précédentes pour le tracé d'une spirale horaire, on a :

$$\begin{cases} x = -a \tan h \sin 2\lambda \\ y = a \tan h \cos 2\lambda \end{cases} \quad (2)$$

où  $\lambda$  varie de  $90^\circ$  à  $270^\circ$ . Dès que la hauteur du Soleil est négative, le point n'existe pas. La longueur du gnomon central est calculée de telle sorte que  $a = R \tan(\varphi - \varepsilon)$ , autrement de façon qu'à midi au solstice d'été l'extrémité de l'ombre tombe au bord du disque (fig. 11).

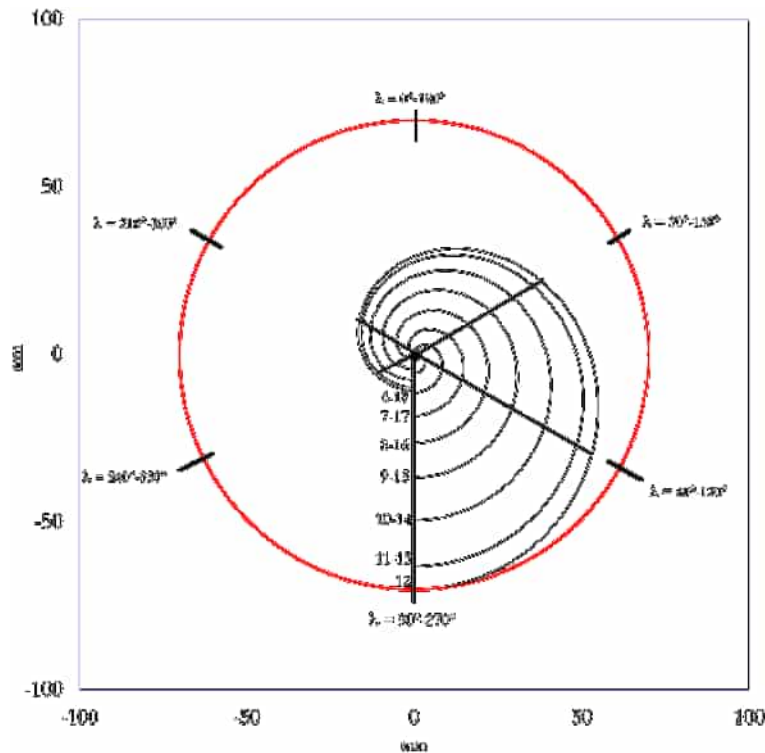


FIG. 11 – Exemple de tracé d'un cadran solaire spiralé avec gnomon central.  $\varphi = 50^\circ$ ;  $r = 70$  mm;  $a = 35$  mm

## 2 Cadran en limaçon de Pascal

### 2.1 Version (c)

Comme on l'a vu en étudiant les versions (a) et (b) du cadran spiralé, la forme des courbes d'heures est due au repliement du zodiaque sur un secteur de  $180^\circ$  du disque. Habermel a imaginé des versions où le zodiaque occupe les  $360^\circ$  du disque, toujours en prenant le principe du cadran orienté vers le Soleil avec une ombre verticale issue d'un gnomon. Le cadran octogonal en cuivre plaqué d'or de l'*Historisches Museum de Francfort-sur-le-Main*<sup>17</sup>, qui date de 1589 (156 mm de diamètre pour le disque, 160 mm pour l'octogone), est un magnifique exemple où une spirale horaire devient une courbe en forme de limaçon<sup>18</sup> de Pascal (fig. 12 page suivante). Avec son réseau de droites zodiacales

<sup>17</sup>Inv. n°X00852. Voir Wolfgang Eckhardt, *op. cit.*, p. 27-28, instrument n°25.

<sup>18</sup>Précisons que la forme des courbes de ce type de cadran se modifie en fonction de la latitude et peut ne plus ressembler à un limaçon de Pascal. Le dessin et la construction d'un tel cadran portable a été donné par Athanase Kircher, *Ars Magna Lucis et Umbræ*, Rome, 1646, p. 509-510 : "*Testudinem Horologam Describere*" (Kircher donne un dessin du



**FIG. 12** – Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en laiton (diamètre 160 mm) avec courbes horaires en limaçon de Pascal de l’Historisches Museum (Photo©Historisches Museum).

convergentes, l’abaque ressemble à une toile d’araignée dissymétrique. Faisons passer par le centre du disque (fig. 13 [page suivante](#)) un système d’axes de centre  $C$ , les  $x$  étant dirigés vers la droite et les  $y$  vers le haut (signe du Capricorne). Les coordonnées d’un point  $I$  d’une courbe horaire se calculent

---

cadran en forme de tortue). Pour une analyse des courbes horaires voir Dominique Collin, « Nature des courbes horaires dans les cadrans de hauteur d’Érasme Habermel », *Cadran Info* n°51, mai 2025, pp. [161-186](#).

par :

$$\begin{cases} x = -a \tan h \cos \lambda \\ y = -a \tan h \sin \lambda \end{cases} \quad (3)$$

où  $\lambda$  varie de  $0^\circ$  à  $360^\circ$ . La longueur du gnomon central est calculée de telle sorte que  $a = R \tan(\varphi - \varepsilon)$  autrement de façon qu'à midi au solstice d'été l'extrémité de l'ombre tombe au bord du disque. La circonférence du disque est occupée par les douze signes zodiacaux de  $30^\circ$  d'ouverture avec des lignes de date qui convergent vers le pied du gnomon. Pour utiliser ce cadran, on le place face au Soleil en réglant la date par le signe zodiacal qui doit occuper le bas du cadran. La longueur de l'ombre indique alors l'heure solaire vraie. Il est possible qu'un fil lesté ait été utilisé afin de s'assurer de la verticalité des lignes de date.

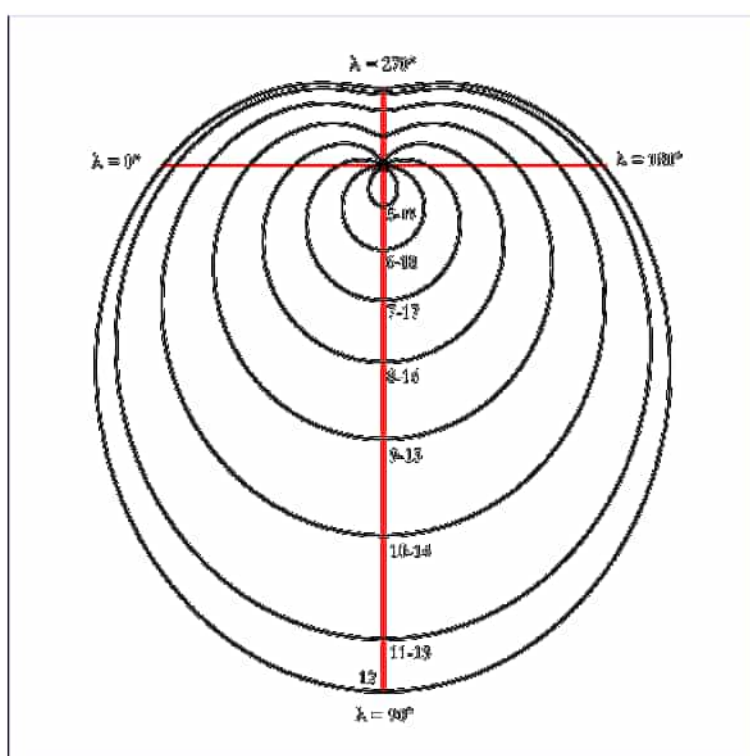


FIG. 13 – Exemple de tracé d'un cadran solaire en limaçon de Pascal avec gnomon central.

Autour du Soleil partiellement éclipsé, Habermel a gravé dans un ovale NISI CUM DEFICIT SPECTATOREM NON HABET, variante d'une sentence de Sénèque (*Questions naturelles*, VII, 1) *Sol spectatorem, nisi deficit, non habet* [le Soleil n'a d'audience que s'il commence à disparaître]. De part et d'autre du Soleil et encadrant le tracé, deux singes suspendus à des ornements entrelacés complètent le décor très imaginatif. On retrouve un cadran très similaire au *Kunsthistorisches Museum* de Vienne<sup>19</sup> daté de 1586.

Au dos du cadran de l'*Historisches Museum*, Habermel a gravé un convertisseur d'heures qui permet, en fonction de la date connue par l'ostenseur, de transformer l'heure solaire lue sur le cadran en heure bohémienne (ou heure italique, courbes en pointillés) et en heure babylonique (courbes en trait plein), c'est-à-dire comptée depuis le lever du Soleil (fig. 14 page suivante). Pour des questions

<sup>19</sup>Le cadran de Vienne se limite à un disque sans son support octogonal ; les lignes de date y sont séparées de  $5^\circ$ .



**FIG. 14** – Dos du cadran d’Habermel de l’Historisches Museum qui comporte un convertisseur de l’heure solaire en heure babylonique et bohémienne (Photo©Historisches Museum).

d’harmonie autour du cartouche donnant les heures de lever et de coucher du Soleil à différentes dates, Habermel a convenu qu’une heure de 15° serait représenté par 20° sur l’instrument, de sorte que son abaque occupe un secteur total de 320°. Les formules précédentes pour le tracé de l’abaque sont toujours utilisables à la condition de multiplier l’angle horaire obtenu par  $(20/15 = 1,333)$ .

L'heure babylonique  $B$  ( $B$  varie de 1 à 15) s'obtient<sup>20</sup> par :

$$H = B - H_0 + 12 \quad (\text{modulo } 24) \quad (4)$$

On vérifie que sur le cercle équinoxial, on a  $I - B = 12$  heures. Par contre, la version que l'on trouve au *Germanisches National Museum* datée de 1586 (fig. 15 page suivante) est un peu différente car il n'y pas d'octogone faisant office de mère. C'est la bélière qui comporte un système d'accroche du disque de sorte que le réglage de la date zodiacale se fait à son niveau par un point indicateur. Ce qui explique que le zodiaque est inversé par rapport au cadran de l'*Historisches Museum* : la date du solstice d'été (Cancer) se trouve en haut.

## 2.2 Version (d)

La version (d) du cadran en limaçon de Pascal était déjà connue de l'horloger allemand Gerhard Emmoser (actif entre 1556 et 1584) qui en a réalisé un exemplaire en 1571 au dos d'un nocturlabe<sup>21</sup> (fig. 16 page 155). Comme Emmoser collaborait avec l'astronome Philipp Imser (1500-1570), il est probable que ce soit ce dernier qui ait imaginé ce cadran.

Habermel a réalisé plusieurs cadrans de ce type dont les plus perfectionnés sont ceux du *Národní technické muzeum*<sup>22</sup> de Prague qui conservent leur gnomon et qui comportent deux tracés : un en heures solaires vraies (courbes en trait plein) et un autre en heures inégales ou planétaires (courbes pointillées). Faisons passer par le centre du disque un système d'axes, les  $x$  étant dirigés vers la droite et les  $y$  vers le haut (signe du Cancer). Les coordonnées d'un point  $I$  d'une courbe horaire se calculent par :

$$\begin{cases} x = (R - a \tan h) \cos \lambda \\ y = (R - a \tan h) \sin \lambda \end{cases} \quad (5)$$

où  $\lambda$  varie de  $0^\circ$  à  $360^\circ$ . Dès que la hauteur du Soleil est négative, le point n'existe pas. La longueur du gnomon périphérique est calculée de telle sorte que  $a = R \tan(\varphi - \epsilon)$

autrement de façon qu'à midi au solstice d'été l'extrémité de l'ombre tombe au centre du disque. Les droites zodiacales partent du cercle limite et convergent vers le centre (fig. 17).

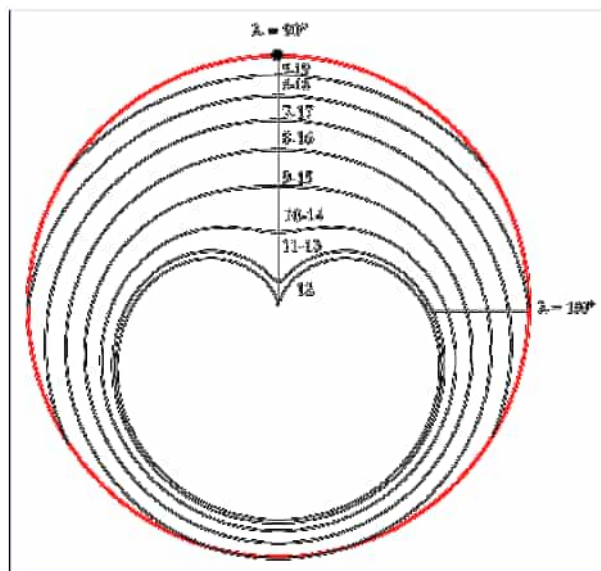


FIG. 17 – Exemple de tracé d'un cadran solaire en limaçon de Pascal avec gnomon périphérique.

<sup>20</sup>Si  $B = 0$  on trace l'enveloppe orientale d'où débute les courbes sur l'abaque. De même si  $I = 24$ , on obtient l'enveloppe occidentale où les courbes finissent.

<sup>21</sup>Le cadran solaire se trouve à Nuremberg, *Germanisches National Museum*, n°inv. WI1803. Voir Ernst Zinner, *Deutsche und Niederländische Astronomische Instrumente des 11.-18. Jahrhunderts*, op. cit., p. 304 et planche 38.

<sup>22</sup>*Národní technické muzeum* (musée national des techniques de Prague), n°inv. 2262 : voir Zdenek Horsky, Otilie Skopova, *Astronomy Gnomonics, A catalogue of instruments of the 15th to the 19th centuries in the collections of the National Technical Museum, Prague*, 1968, p. 134, planches XXXVI-XXXVII. Voir Wolfgang Eckhardt, op. cit., p. 45, instrument n°85. Ce cadran a été acquis lors de la vente des instruments de la collection Strozzi en 1911 à Amsterdam : voir Catalogue des objets d'art, dir. Frederik Muller, *Catalogue des objets d'art*, op. cit., p. 22, planche 360. Notons que ce dernier catalogue décrit la face opposée au cadran comme étant un calendrier perpétuel tandis que le catalogue du musée de Prague le qualifie de nocturlabe, ce qui est le cas (la date de calage tombe sensiblement sur le 29 août julien). Mais il s'agit ici avant tout d'un instrument de prestige – d'ailleurs peu orthodoxe comme nocturlabe – et non d'un instrument fonctionnel. Sur l'autre cadran n°inv. 9052, voir Wolfgang Eckhardt, op. cit., p. 45, instrument n°84. Il existe enfin un autre cadran du même type à l'*Historisches Museum* : voir Wolfgang Eckhardt, op. cit., p. 52, instrument n°107.



**FIG. 15** – Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en laiton (diamètre 158 mm) avec courbes horaires en limaçon de Pascal et table des régents planétaires du *Germanisches National Museum* daté 1586 (Photo©Germanisches National Museum).



**FIG. 16** – Cadran solaire vertical de hauteur en laiton (diamètre 120 mm) de Gerhard Emmoser avec courbes horaires en limaçon de Pascal du *Germanisches National Museum* daté 1571 (Photo©Germanisches National Museum).

### 3 Cadran horizontal

Il existe au moins deux exemplaires<sup>23</sup> réalisés par Érasme Habermel d'un cadran horizontal de hauteur, qui dérive finalement de la version verticale en limaçon de Pascal. Le cadran du *Kunsthistorisches Museum* par exemple (fig. 18 page ci-contre) est gravé dans un carré en laiton doré de 135 mm de côté au centre duquel se trouvait un gnomon rabattable (manquant).

Un réseau de courbes graduées, fermées et ouvertes, permet de lire l'heure solaire vraie (horæ generales) en fonction de la hauteur du Soleil; le calage se fait à l'aide du zodiaque gradué qui occupe les quatre bords du cadran. Habermel a divisé son zodiaque en deux parties de sorte qu'un côté du carré correspond à trois signes zodiacaux. On a donc deux côtés qui correspondent aux déclinaisons décroissantes du Soleil qui vont du solstice d'été au solstice d'hiver (sol descendit), soit du signe du Cancer à la fin du signe du Sagittaire<sup>24</sup>. Puis deux autres côtés qui correspondent aux déclinaisons croissantes du Soleil qui vont du solstice d'hiver au solstice d'été (sol ascendit), soit du signe du Capricorne à la fin du signe des Gémeaux. Chaque signe zodiacal est désigné par son nom latin accompagné de son symbole, avec une sous division marquée tous les 5° divisés eux-mêmes en 1°. Douze droites définissant les limites zodiacales convergent vers le centre du cadran.

Afin de bénéficier au mieux de la surface du carré, Habermel a placé l'axe des solstices (et son axe perpendiculaire des équinoxes) sur la diagonale du carré ce qui explique l'orientation des courbes d'heures. On remarque ainsi que la courbe 9 h-15 h tangente aux bords du carré de laiton.

Il y a quatre courbes d'heures qui sont fermées (12 h, 11 h-13 h, 10 h-14 h, 9 h-15 h) tandis que les courbes 8 h-16 h, 7 h-17 h, 6 h-18 h, 5 h-19 h sont ouvertes<sup>25</sup>. On suppose le cadran calculé pour la latitude de Prague.

Le cadran s'utilise de la façon suivante : on le fait tourner horizontalement en amenant la droite zodiacale de la date à l'opposé de la direction du Soleil, de façon à aligner l'ombre du gnomon sur cette droite ou son prolongement. Habermel a d'ailleurs divisé l'intérieur de la courbe fermée de midi en segments zodiacaux inégaux en longueur et rayonnants tous les 3,75°, afin d'améliorer la lecture de l'heure lorsqu'on est pas exactement au début d'un signe.

Faisons passer par le centre  $P$  du carré, point d'implantation du gnomon), un système d'axes sur la diagonale, les  $x$  étant dirigés vers la droite (vers l'équinoxe d'automne) et les  $y$  vers le haut (signe du Cancer). La longueur du gnomon vertical est  $a$ ; les coordonnées d'un point  $I$  d'une courbe horaire se calculent par :

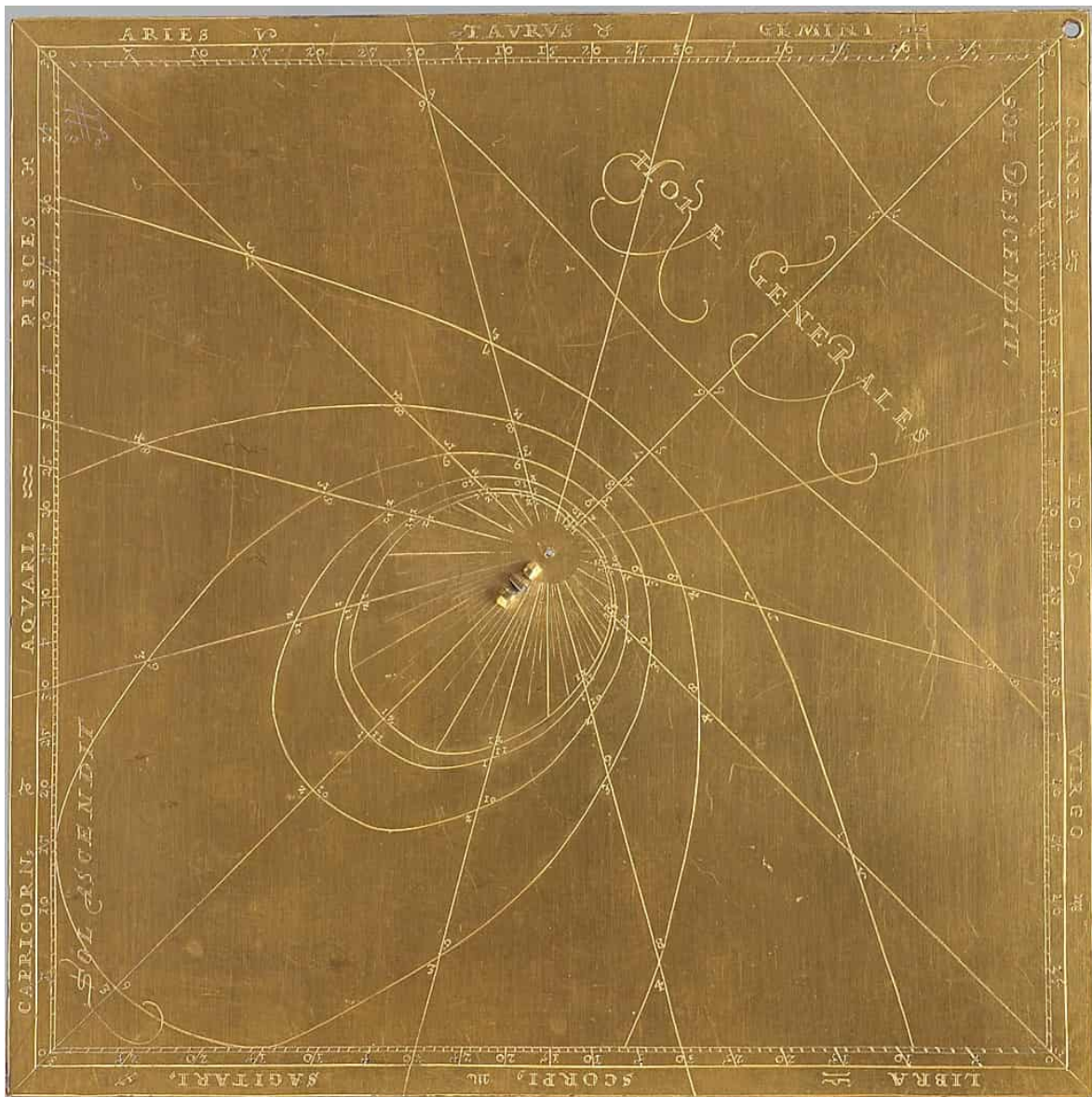
$$\begin{cases} x = -\frac{a}{\tan h} \cos \lambda \\ y = \frac{a}{\tan h} \sin \lambda \end{cases} \quad (6)$$

où  $\lambda$  varie de 0° à 360° pour les courbes fermées ( $H = 0^\circ$ ,  $H = \pm 15^\circ$ ,  $H = \pm 30^\circ$ ,  $H = \pm 45^\circ$ ). En ce qui concerne les autres courbes d'heures pour lesquelles le Soleil n'est pas toujours au-dessus de

<sup>23</sup>Il s'agit du cadran signé et daté de 1587, n°inv. 1994-91 du *Landesmuseum Württemberg* de Stuttgart : voir Jürgen Hamel, Irmgard Müsch, « Die Sonnenuhren des Landesmuseums Württemberg Stuttgart », *Acta Historica Astronomiæ*, Leipzig, 2018, p. 150-151. L'autre exemplaire non daté mais avec le monogramme d'Habermel, n°inv. PA 365, se trouve au *Kunsthistorisches Museum* de Vienne. Ces deux cadrans sont inconnus de Wolfgang Eckhardt et ne comportent pas d'indication de lieu. Voir également Allan A. Mills, « Altitude sundials for seasonal and equal hours », *Annals of Science*, 53 :1, 1996, p. 75-84. La construction d'un tel cadran horizontal de hauteur se trouve dans M. Ozanam, *Récréations mathématiques et physiques*, t. 3, Paris, 1778, p. 244-246 avec illustration planche 10.

<sup>24</sup>Sur le cadran du *Landesmuseum Württemberg*, Habermel a fait tourner le zodiaque dans le sens trigonométrique. Le sens de rotation du zodiaque est un choix arbitraire.

<sup>25</sup>On notera que sur les deux exemplaires d'Habermel, la courbe d'heure 5 h-19 h est assimilée à deux segments de droite.



**FIG. 18** – Cadran solaire horizontal de hauteur d'Habermel gravé dans un carré de laiton (135 mm de côté) avec ses courbes d'heures ouvertes et fermées entourées d'un zodiaque latéral; le gnomon central manque (Photo©Kunsthistorisches Museum).

l'horizon, il faut faire varier  $\lambda$  de sorte que la hauteur du Soleil soit positive<sup>26</sup> : dès que la hauteur  $h$  du Soleil est négative, le point n'existe pas. De plus, il faut veiller à ce que les points restent dans les limites de l'épure du carré quand bien même la hauteur du Soleil est positive (fig. 19) : on vérifie par exemple qu'au voisinage du solstice d'hiver, la lecture de l'heure n'est plus possible après 15 h (et le matin avant 9 h).

Dans les deux formules ci-dessus, la quantité  $(a/\tan h)$  représente la longueur de l'ombre horizontale du gnomon, qui varie au cours de la journée et de l'année. Il faut évidemment calculer la longueur

<sup>26</sup>L'exemple typique est la courbe correspondant à 6 h-18 h qui ne peut exister que lorsque  $0^\circ < \lambda < 180^\circ$ . En fonction de la latitude, les courbes peuvent subir des modifications et ne pas toutes exister.

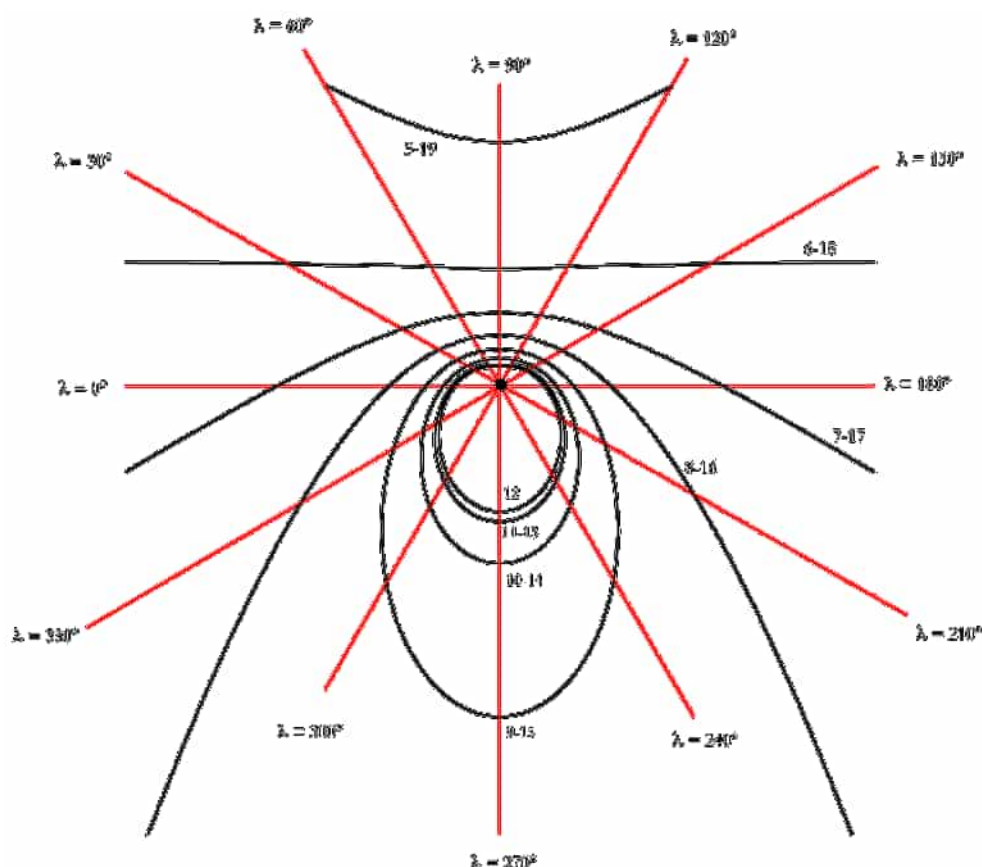


FIG. 19 – Exemple de tracé d'un cadran solaire horizontal de hauteur.

du gnomon en fonction de la place dont on dispose et cet impératif constitue le second inconvénient du cadran horizontal de hauteur puisque l'ombre devient très rapidement très longue. L'autre inconvénient est le tassement des lignes au voisinage de midi en été; on pourrait rajouter l'effet de pénombre qui altère le sommet de l'ombre du gnomon rendant la lecture difficile, remarque aussi valable pour le cadran vertical de hauteur.

#### 4 Détermination des paramètres de construction

À partir du tracé d'un cadran vertical en spirale ou en limaçon de Pascal, on peut déterminer la latitude  $\varphi$  de construction du cadran ainsi que la longueur  $a$  de son gnomon à partir de deux mesures. Cette méthode s'applique également aux cylindres de hauteur.

Il suffit pour cela de mesurer sur la ligne midi du cadran la distance  $JD$ , distance entre le point  $J$  qui correspond au solstice d'été, au point  $D$  qui correspond au solstice d'hiver<sup>27</sup>; ainsi que la distance  $JM$  qui correspond à la distance entre le point  $J$  du solstice d'été au point  $M$  correspondant aux

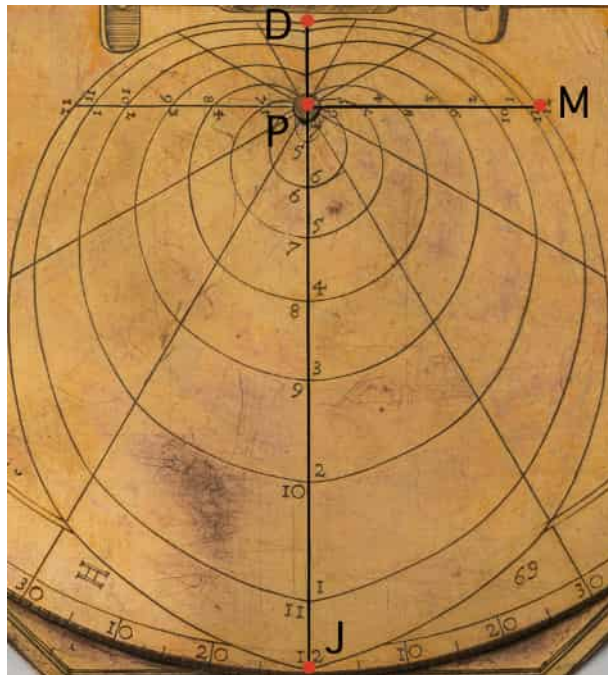
<sup>27</sup>Dans un cadran en limaçon de Pascal, on mesure sur la ligne midi du signe du Cancer la distance entre le gnomon et le point le plus bas; puis on fait la même opération sur la ligne midi du signe du Capricorne: la différence des deux mesures donne  $JD$ . On pratique de la même façon avec le point équinoxial pour obtenir  $JM$  (la droite équinoxiale est perpendiculaire à la droite du solstice d'été).

équinoxes. En appelant  $\varepsilon$  l'obliquité de l'écliptique (prise égale à  $23^{\circ}5$ ), on a :

$$\begin{cases} \tan \varphi = \frac{JD \tan \varepsilon}{2JM - JD} \\ a = \frac{JM \sin \varphi \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin \varepsilon} \end{cases} \quad (7)$$

Bien que rigoureuses, ces formules donnent un résultat qui est très sensible aux mesures effectuées sur l'instrument : 1 mm d'erreur entraîne une erreur de plus de  $1^{\circ}$  dans la latitude.

**Exemple :** sur le cadran en limaçon de Pascal de l'*Historisches Museum* (inv. n°X00852), on a mesuré  $JD = 67$  mm et  $JM = 46$  mm (fig. 20). D'où  $\varphi = 49^{\circ} 22'$  et  $a = 38$  mm. Possible après 15 h (et le matin avant 9 h).



**FIG. 20** – Principe de détermination de la latitude et de la longueur du gnomon à partir de deux mesures sur le tracé :  $J$  est la position de l'ombre à midi au solstice d'été,  $D$  celle au solstice d'hiver et  $M$  celle de l'équinoxe d'automne. Le gnomon est en  $P$ .

Pour un cadran de hauteur horizontal, les formules sont :

$$\begin{cases} \tan \varphi = \frac{JD - 2JM}{JD \tan \varepsilon} \\ a = \frac{JM \cos \varphi \cos(\varphi - \varepsilon)}{\sin \varepsilon} \end{cases} \quad (8)$$

**Par exemple** sur le cadran du *Kunsthistorisches Museum*, on a mesuré  $JD = 24,25$  mm et  $JM = 6$  mm d'où  $\varphi = 49^{\circ} 17'$  et  $a = 8,8$  mm ; ces valeurs donnent une indication sur les paramètres utilisés qui sont très sensibles aux mesures (épaisseur du trait, imperfection du tracé, etc). En prenant  $JD = 25$  mm au lieu de 24,25 mm, on aboutit à  $\varphi = 50^{\circ} 6'$  et  $a = 8,6$  mm. Ces résultats confirment néanmoins une latitude proche de Prague.

Tous ces cadrans solaires de hauteur confirment l'exceptionnelle maîtrise d'Érasme Habermel en matière d'instrumentation et de gnomonique. La finesse de ses réalisations, tant dans la gravure du

métal, dans les décors qui habillent harmonieusement ses cadrans et dans leurs principes novateurs de fonctionnement, resteront à jamais inégalées<sup>28</sup>.

Je remercie le *Deutsches Museum* de Munich, le *Germanisches National Museum* de Nüremberg et l'*Historisches Museum* de Francfort-sur-le-Main pour la qualité de leurs illustrations et leur mise à disposition gracieuse.

Je remercie également avec grand plaisir Brigitte Alix qui a pris le temps d'expérimenter toutes les formules de construction de cet article et qui a réalisé avec talent des tracés « modernes » pour la construction de véritables exemplaires en laiton de ces magnifiques cadrans solaires de hauteur.



---

<sup>28</sup>En 1935, Henri Michel (1885-1981) décrivait les instruments d'Habermel de la façon suivante même s'il n'en connaissait qu'un peu plus d'une quarantaine à l'époque (« L'art des instruments de mathématique en Belgique au XVI<sup>e</sup> siècle », *Bulletin de la Société Royale d'Archéologie de Bruxelles*, n°2, mars-avril 1935, p. 11-12) :

« Un Habermel se reconnaît au premier coup d'œil. Les proportions, les ciselures et les ornements en sont d'un goût parfait et d'une exécution impeccable. Les instruments les plus massifs ont une légèreté, une élégance magistrales. Certains détails, comme les index d'étoiles dans les astrolabes et les sphères, les décors des alidades et des pivots sont équivalents à des signatures. Enfin, l'écriture est absolument caractéristique. C'est une légère et splendide italique, enrichie de ligatures audacieuses, dont l'envolée n'est égalée par aucun calligraphe de l'époque. »

---

# Nature des courbes horaires dans les cadrans de hauteur d'Érasme Habermel

par DOMINIQUE COLLIN

---

## MOTS CLEFS

Ascension droite; Cadran vertical et horizontal de hauteur; courbe; déclinaison; équation cartésienne; Érasme Habermel; gnomon; longitude éclipique; octique; quartique; sextique; trigonométrie sphérique.

## RÉSUMÉ

Cet article est une étude mathématique de la trajectoire de l'extrémité du point d'ombre du gnomon dans les trois cadrans solaires de hauteur d'Érasme Habermel dont la description gnomonique complète est présentée dans ce *Cadran Info* même par Denis Savoie. La réelle inventivité tient dans ce qu'Habermel utilise la longitude éclipique du Soleil en lieu et place de la déclinaison habituellement utilisée dans les cadrans solaires de hauteur, conférant à ces derniers un aspect nomographique et gnomonique exceptionnel et rare.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Introduction

Dans cette édition de *Cadran Info*, Denis Savoie présente une analyse détaillée de remarquables cadrans solaires de hauteur conçus par le fabricant d'instruments Érasme Habermel (1538?–1606). Ces instruments, qui n'ont jusqu'à présent fait l'objet d'aucune description dans les traités de gnomonique, se déclinent en deux catégories distinctes :

- un cadran solaire de hauteur vertical, existant en quatre versions désignées par les lettres « a », « b », « c » et « d » ;
- un cadran solaire de hauteur horizontal.

Le lecteur est invité à se référer aux planches photographiques de l'article de D. Savoie pour une illustration visuelle de ces instruments (cf. Fig. 1, 9, 10, 12, 15, 16 et 18).

Ces cadrans solaires se caractérisent par leur utilisation de la longitude éclipique du Soleil ( $\lambda$ ) par opposition à sa déclinaison ( $\delta$ ). Leur principe de fonctionnement repose sur la connaissance de la longitude éclipique du Soleil à la date et à l'heure spécifiées. Cette valeur requise peut provenir

d'éphémérides astronomiques, telles que celles diffusées actuellement par la Commission des Cadres Solaires de la Société Astronomique de France (<https://ccs.saf-astronomie.fr/ephemerides/>), qui fournissent des indications sur la longitude écliptique quotidienne à 12 h UTC.

Pour utiliser le cadran vertical de hauteur, quelle que soit sa version, il convient de l'orienter face au Soleil. Lorsque l'ombre du gnomon devient verticale, le disque du réseau horaire doit être ajusté de manière à aligner le rayon correspondant à la longitude éclipstique du jour avec l'ombre du gnomon. L'extrémité de cette ombre, se projetant sur une courbe horaire, indique alors l'heure solaire vraie. Dans le cas du cadran de hauteur horizontal, l'instrument doit être orienté de sorte que l'ombre entière du gnomon coïncide avec la ligne de la longitude éclipstique du jour. L'extrémité de l'ombre touchant une ligne horaire, fournit également l'heure solaire vraie.

L'objectif de cette étude est de déterminer les équations cartésiennes décrivant les familles de courbes horaires de ces cadrans solaires de hauteur. Cette approche permettra non seulement de comprendre l'origine de leur forme géométrique, mais aussi d'évaluer le degré des courbes horaires. En outre, nous étendrons cette analyse à différentes latitudes afin d'explorer la variation de la forme du réseau horaire, notamment sous les latitudes tropicales<sup>1</sup>.

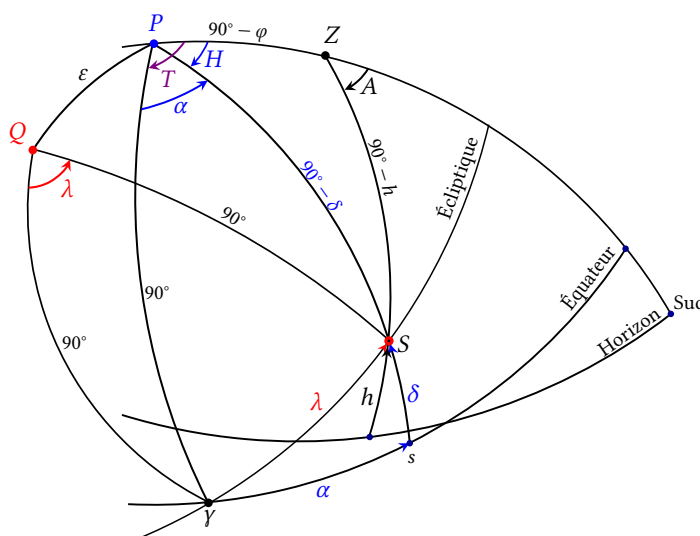
Enfin, des exemples numériques sont proposés afin de valider les tracés logiciels et de vérifier la précision des équations établies.

## 2 Méthodologie

## 2.1 Trigonométrie sphérique

Les cadrans d'Habermel utilisent exclusivement la longitude éclip-tique pour repérer la date, cependant rien n'est dit sur la hauteur du Soleil autrement comment elle est déterminée. Dans l'expression des coordonnées  $(x; y)$  de l'extrémité de l'ombre du gnomon, il n'apparaît explicitement que la hauteur  $h$  et la longitude éclip-tique  $\lambda$ . Les variables  $H$  et  $\delta$  sont implicites, de même que la latitude  $\varphi$ . Il est donc nécessaire de trouver un paramètre commun qui va associer  $\lambda$  et  $h$  : il s'agit bien sûr de la déclinaison  $\delta$  du Soleil. Pour trouver les différentes transformations de coordonnées du Soleil, considérons la sphère céleste et examinons les différents triangles sphériques de position.

Les formules de passage d'un système de coordonnées à un autre sont très classiques, mais il n'est



**FIG. 1** – Trigonométrie sphérique – Coordonnées écliptiques ( $\lambda; \beta$ ), équatoriales ( $\alpha; \delta$ ), horaires ( $H; \delta$ ) et locales ( $A; h$ ).  $S$  est la position du Soleil sur l'écliptique ( $\beta \approx 0^\circ$ ).

<sup>1</sup>Une étude précédente sur un cadran de hauteur particulier, le *cadran anneau*, a montré que la lecture du réseau horaire sous les tropiques est possible autour de midi solaire (typiquement entre 11 h et 13 h), contrairement aux latitudes tempérées où cette lecture s'avère impossible (cf. D. Collin : « Étude gnomonique d'une variété de cadran de hauteur : le cadran anneau », *Cadran Info* n°46, octobre 2022, pp. 38–70.)

jamais superflu de les rappeler. Dans la figure 1 et en reprenant les notations de Danjon<sup>2</sup>,  $Q$  est le pôle de l'écliptique,  $P$  est le pôle de l'équateur céleste (pôle nord céleste) et  $Z$  le zénith du lieu, pôle de l'horizon<sup>3</sup>.  $S$  est le Soleil.  $\gamma$  est le point Vernal, intersection de l'écliptique et de l'équateur céleste. En ce qui concerne les coordonnées écliptiques du Soleil :

- $\widehat{\gamma S} = \widehat{\gamma Q S} = \lambda$  (longitude écliptique);
- $\beta \approx 0^\circ$  (latitude écliptique).

En ce qui concerne les coordonnées équatoriales du Soleil :

- $\widehat{\gamma s} = \widehat{\gamma P S} = \alpha$  (ascension droite);
- $\widehat{s S} = \delta$  (déclinaison).

En ce qui concerne les coordonnées horaires locales du Soleil :

- $\widehat{Z P S} = H$  (angle horaire);
- $\widehat{s S} = \delta$  (déclinaison).

En ce qui concerne les coordonnées horizontales locales du Soleil :

- $\widehat{Z S} = z = 90^\circ - h$  (distance zénithale);
- $\widehat{Sud Z S} = A$  (azimut).

Ceci posé, nous ne retenons que les relations utiles à la détermination des équations cartésiennes des courbes horaires des cadrans d'Habermel. Elles sont au nombre de quatre :

$$\cos \lambda = \cos \alpha \cos \delta \quad (1)$$

$$\sin \lambda = \frac{\sin \alpha \cos \delta}{\cos \varepsilon} \quad (2)$$

$$\tan \alpha = \cos \varepsilon \tan \lambda \quad (3)$$

$$\sin \delta = \sin \varepsilon \sin \lambda \quad (4)$$

Et enfin, une cinquième, la plus importante de toutes, peu connue, pratiquement jamais utilisée en gnomonique :

$$\tan h = \frac{\sin \varphi \tan \delta + \cos \varphi \cos H}{\sqrt{(\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos H)^2 + \sin^2 H}} \quad (5)$$

Cette relation constitue la clé de la formation des équations cartésiennes recherchées. Il est particulièrement opportun qu'elle ne dépende que de la tangente de la déclinaison. En effet, une dépendance plus complexe (comme un mélange entre  $\sin \delta$  et  $\cos \delta$ ) rendrait les manipulations algébriques extrêmement ardues, voire empêcherait l'établissement des équations cartésiennes<sup>4</sup>.

## 2.2 Méthode

L'approche générale pour déterminer l'équation cartésienne des courbes horaires dans le plan du repère consiste à transformer la longitude écliptique  $\lambda$  en déclinaison solaire  $\delta$  en s'appuyant sur le

<sup>2</sup>André Danjon, *Astronomie générale, astronomie sphérique et éléments de mécanique céleste*, Seconde édition, Albert Blanchard, Paris, 1986.

<sup>3</sup>L'écliptique, l'équateur céleste et l'horizon sont tous trois des arcs de grand cercle de la sphère céleste.

<sup>4</sup>C'est notamment le cas dans les cadrans solaires bifilaires à fils rectilignes quelconques, où la nature des arcs diurnes reste encore indéterminée, en partie pour cette raison. En revanche, la nature des lignes horaires a pu être établie. Voir D. Collin : « Lignes horaires dans un cadran bifilaire », *Cadran Info* n°28, octobre 2013.

groupe de transformations des coordonnées écliptiques  $(\lambda, \beta)$  en coordonnées équatoriales  $(\alpha, \delta)$ . Ensuite,  $\delta$  est substituée dans l'expression de la hauteur du Soleil  $h$ , cette dernière étant préalablement exprimée à l'aide du groupe de transformations des coordonnées horizontales locales  $(h, A)$  en coordonnées horaires locales  $(H, \delta)$ . On obtient ainsi l'équation cartésienne d'une famille de courbes qui ne dépend que de la latitude  $\varphi$ , de l'obliquité de l'écliptique  $\varepsilon$ , de la longueur du style droit  $g$  et de l'angle horaire  $H$ . Ce dernier paramètre permet de passer d'une courbe horaire à une autre. Ces transformations successives peuvent être synthétisées comme suit :

$$\lambda \longrightarrow \alpha \text{ et } \delta \quad h \longrightarrow H \text{ et } \delta \quad \text{puis élimination de } \delta.$$

L'application de ces manipulations algébriques représente une innovation en gnomonique, car elle part de la longitude écliptique, une approche rarement utilisée aujourd'hui. Habermel a cependant abouti à ces réseaux nomographiques horaires par une méthode tout à fait différente, témoignant ainsi (lui-même ou ses collaborateurs) d'une connaissance approfondie de la gnomonique et du mouvement diurne<sup>5</sup>, tout en déployant une exceptionnelle habileté artistique.

### 3 Le cadran de hauteur vertical dit « spiralé »

Dans ce cadran de hauteur vertical, le réseau des lignes horaires présente des courbes circulaires ouvertes (dites spiralées) c'est-à-dire effectuant un tour complet sans se rejoindre. À chaque heure pleine correspond une courbe spiralée. Les lignes droites concourantes au centre du disque sont en liaison directe avec la longitude écliptique (et donc la date). Habermel a construit un réseau de courbes horaires : 12 h, 11 h–13 h, 10 h–14 h, 9 h–15 h, 8 h–16 h, 7 h–17 h, 6 h–18 h, 5 h–19 h inscrit dans un disque que l'on suspend, puis que l'on oriente face au Soleil et enfin on le tourne de sorte que la ligne de date s'aligne sur l'ombre verticale du gnomon. L'extrémité de l'ombre du gnomon tombe alors sur le réseau de courbes spiralées pour lire l'heure.

Dans la version dite "a", le midi correspond à la courbe la plus intérieure et les heures proches du coucher du Soleil sont les plus extérieures, c'est-à-dire proches du bord du disque (horizon). Le gnomon est placé à la périphérie du disque tournant et dont le pied appartient à la verticale passant par le centre du disque.

Dans la version dite "b", le gnomon est au centre du disque horaire et la répartition des lignes est inversée : la ligne la plus extérieure est la ligne de midi, la plus intérieure est voisine du coucher du Soleil, jusqu'à être réduite à un point, le pied du gnomon (Soleil à l'horizon).

---

<sup>5</sup>Habermel devait nécessairement disposer d'éphémérides astronomiques, incluant notamment une table journalière des hauteurs du Soleil, suffisamment détaillée pour la latitude de Prague et couvrant différentes heures de la journée. Les gravures observées sur les cadrans solaires d'Habermel présentent des courbures d'une remarquable continuité, exemptes de discontinuités ou de ruptures (excepté pour le cadran horizontal). Cette caractéristique suggère l'emploi d'une méthode de tracé reposant sur une succession dense et régulière de points, témoignant d'une maîtrise technique exceptionnelle dans l'exécution des gravures. En effet, en l'absence de technologies modernes à commande numérique, il est plausible qu'un système mécanique articulé ait été utilisé pour générer des courbes parfaitement continues. Cette hypothèse s'appuie sur les travaux d'I. I. Artobolevskii (1964), *Mechanisms for the Generation of Plane Curves* (traduction anglaise par R. D. Wills, Pergamon Press, GB), qui décrivent les mécanismes capables de produire de telles courbes. Une condition essentielle à cette réalisation est la connaissance préalable d'un système mécanique articulé répondant aux propriétés géométrico-algébriques spécifiques des courbes horaires. Ces propriétés, encore imparfaitement élucidées à ce jour, font l'objet de la présente étude, qui vise à apporter de nouveaux éclaircissements. Il est à noter que ces connaissances étaient vraisemblablement inaccessibles à l'époque d'Habermel, ce qui rend d'autant plus remarquable la précision et la sophistication de ses réalisations.

### 3.1 La version "a"

Munissons un plan vertical d'un repère orthonormal de centre  $C$  et dont les  $x$  sont dirigés vers la droite et les  $y$  vers le haut. Les coordonnées paramétriques d'un point courant  $I$  d'une courbe d'angle horaire  $H$  se calculent à l'aide des équations établies par D. Savoie :

$$\begin{cases} x = (R - g \tan h) \sin 2\lambda \\ y = -(R - g \tan h) \cos 2\lambda \end{cases} \quad (6)$$

où  $g$  est la hauteur du gnomon,  $R$  le rayon du disque,  $h$  la hauteur du soleil et  $\lambda$  sa longitude écliptique. De ce système de coordonnées, on extrait deux relations fondamentales :

$$\begin{cases} \tan 2\lambda = -\frac{x}{y} \end{cases} \quad (7a)$$

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = (R - g \tan h)^2 \end{cases} \quad (7b)$$

L'introduction de l'angle double de la longitude écliptique rend complexe les manipulations algébriques. On parvient cependant à établir une équation cartésienne des lignes horaires avec le procédé qui suit, lequel demande une certaine habileté dans les manipulations trigonométriques.

Grâce au groupe de transformation des coordonnées écliptiques en coordonnées équatoriales, on a :  $\tan \lambda = \frac{\tan \delta}{\sin \varepsilon \cos \alpha}$ , où  $\delta$  est la déclinaison du Soleil,  $\alpha$  est son ascension droite et  $\varepsilon$  l'obliquité de l'écliptique. En posant  $q = -\frac{x}{y}$  :

$$\tan 2\lambda = q = \frac{2 \tan \lambda}{1 - \tan^2 \lambda} = \frac{2 \tan \delta \cos \alpha \sin \varepsilon}{\cos^2 \alpha \sin^2 \varepsilon - \tan^2 \delta} \quad (8)$$

On peut d'une part extraire  $\tan \delta$  au moyen d'une équation du second degré et d'autre part extraire également la longitude écliptique au moyen d'une équation du second degré.

C'est ainsi que pour la déclinaison on obtient :

$$\frac{2 \tan \delta \cos \alpha \sin \varepsilon}{\cos^2 \alpha \sin^2 \varepsilon - \tan^2 \delta} = q \quad \Leftrightarrow \quad q \tan^2 \delta + 2 \tan \delta \cos \alpha \sin \varepsilon - q \cos^2 \alpha \sin^2 \varepsilon = 0$$

Le discriminant étant toujours positif :  $\Delta = 4 \cos^2 \alpha \sin^2 \varepsilon (q^2 + 1)$ , on a deux solutions distinctes  $\delta_1$  et  $\delta_2$  telles que :

$$\begin{cases} \tan \delta_1 = -\frac{\cos \alpha \sin \varepsilon}{q} (1 + \sqrt{q^2 + 1}) \end{cases} \quad \checkmark \quad (9a)$$

$$\begin{cases} \tan \delta_2 = -\frac{\cos \alpha \sin \varepsilon}{q} (1 - \sqrt{q^2 + 1}) \end{cases} \quad (9b)$$

On retiendra la solution  $\delta_1$  dans laquelle il restera à éliminer l'ascension droite  $\alpha$ .

Pour la longitude écliptique on obtient :

$$\frac{2 \tan \lambda}{1 - \tan^2 \lambda} = q \quad \Leftrightarrow \quad q \tan^2 \lambda + 2 \tan \lambda - q = 0$$

Le discriminant  $\Delta = 4(q^2 + 1)$  est toujours positif, ce qui signifie qu'il y a deux solutions réelles distinctes :

$$\begin{cases} \tan \lambda_1 = -\frac{1 + \sqrt{q^2 + 1}}{q} \end{cases} \quad \checkmark \quad (10a)$$

$$\begin{cases} \tan \lambda_2 = \frac{-1 + \sqrt{q^2 + 1}}{q} \end{cases} \quad (10b)$$

et dont on retiendra la première solution, à savoir  $\tan \lambda = -\frac{1+\sqrt{q^2+1}}{q}$ .

On s'occupe maintenant de l'ascension droite  $\alpha$ . Grâce au groupe de transformation des coordonnées (3) :  $\tan \alpha = \cos \varepsilon \tan \lambda$  et depuis que  $1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \varepsilon}$ , il vient d'abord :

$$\cos \alpha = \pm \frac{1}{\sqrt{1 + \cos^2 \varepsilon \tan^2 \lambda}} = \frac{\pm q}{\sqrt{q^2 + \cos^2 \varepsilon (1 + \sqrt{q^2 + 1})}} \quad (11)$$

En substituant  $\cos \alpha$  dans la relation (9a), on obtient tout calcul fait, une expression de  $\tan \delta$  en fonction de  $x$ ,  $y$  et  $\varepsilon$  :

$$\tan \delta = \mp \frac{(1 + \sqrt{q^2 + 1}) \sin \varepsilon}{\sqrt{q^2 + \cos^2 \varepsilon (1 + \sqrt{q^2 + 1})^2}} \quad \text{avec} \quad q = -\frac{x}{y}. \quad (12)$$

On établira l'équation des courbes horaires en combinant cette expression de  $\tan \delta$  dans l'équation fondamentale (7b) en substituant d'abord la tangente de la hauteur du soleil (équation (5)) :

$$x^2 + y^2 = \left[ R - g \frac{\sin \varphi \tan \delta + \cos \varphi \cos H}{\sqrt{(\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos H)^2 + \sin^2 H}} \right]^2$$

puis on remplace maintenant  $\tan \delta$  (12). L'affaire est de taille car il va falloir réduire le plus possible l'équation pour la rendre compréhensible afin de tenter de la rattacher à une famille de courbe.

En posant  $\rho^2 = x^2 + y^2$ , puis ensuite  $K = \frac{R-\rho}{g}$ , on obtient :

$$K^2 = \frac{(\sin \varphi \tan \delta + \cos \varphi \cos H)^2}{(\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos H)^2 + \sin^2 H}$$

$$K^2(\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos H)^2 + K^2 \sin^2 H = (\sin \varphi \tan \delta + \cos \varphi \cos H)^2$$

$$\begin{aligned} K^2 \cos^2 \varphi \tan^2 \delta + K^2 \sin^2 \varphi \cos^2 H - 2K^2 \sin \varphi \cos \varphi \cos H \tan \delta + K^2 \sin^2 H \\ = \sin^2 \varphi \tan^2 \delta + \cos^2 \varphi \cos^2 H + 2 \sin \varphi \cos \varphi \cos H \tan \delta \end{aligned}$$

On regroupe et on organise les tangentes de la déclinaison :

$$\begin{aligned} \tan^2 \delta (K^2 \cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) - 2 \sin \varphi \cos \varphi \cos H (K^2 + 1) \tan \delta \\ + K^2 \sin^2 H + (K^2 \sin^2 \varphi - \cos^2 \varphi) \cos^2 H = 0 \end{aligned}$$

Ce qui donne maintenant par substitution :

$$\begin{aligned} \left[ \frac{\sin^2 \varepsilon (1 + \sqrt{q^2 + 1})^2}{q^2 + \cos^2 \varepsilon (1 + \sqrt{q^2 + 1})^2} \right] [(R - \rho)^2 \cos^2 \varphi - g^2 \sin^2 \varphi] \\ - 2 \sin \varphi \cos \varphi \cos H [(R - \rho)^2 + g^2] \left[ \frac{\sin \varepsilon (1 + \sqrt{q^2 + 1})}{\sqrt{q^2 + \cos^2 \varepsilon (1 + \sqrt{q^2 + 1})^2}} \right] \end{aligned}$$

$$+ (R - \rho)^2 \sin^2 H + [(R - \rho)^2 \sin^2 \varphi - g^2 \cos^2 \varphi] \cos^2 H = 0$$

C'est-à-dire :

$$\begin{aligned} & \left[ \sin^2 \varepsilon \left( 1 + \sqrt{q^2 + 1} \right)^2 \right] [(R - \rho)^2 \cos^2 \varphi - g^2 \sin^2 \varphi] \\ & - 2 \sin \varphi \cos \varphi \cos H [(R - \rho)^2 + g^2] \left[ \sqrt{q^2 + \cos^2 \varepsilon \left( 1 + \sqrt{q^2 + 1} \right)^2} \right] \\ & + \left[ q^2 + \cos^2 \varepsilon \left( 1 + \sqrt{q^2 + 1} \right)^2 \right] [(R - \rho)^2 \sin^2 H + [(R - \rho)^2 \sin^2 \varphi - g^2 \cos^2 \varphi] \cos^2 H] = 0 \end{aligned}$$

Or, comme :

$$\begin{aligned} q &= -\frac{x}{y} & q^2 &= \frac{x^2}{y^2} & q^2 + 1 &= \frac{\rho^2}{y^2} & \sqrt{q^2 + 1} &= \pm \frac{\rho}{y} \\ 1 + \sqrt{q^2 + 1} &= \frac{y \pm \rho}{y} & \left( 1 + \sqrt{q^2 + 1} \right)^2 &= \frac{(y \pm \rho)^2}{y^2} \end{aligned}$$

Il vient, après développement et réduction, deux équations identiques au signe près qui définissent les courbes horaires de la version "a" du cadran de hauteur d'Habermel :

### 1. Première courbe ("1") :

$$\begin{aligned} & (y + \rho)^2 [(R - \rho)^2 (\sin^2 \varepsilon \cos^2 \varphi + \cos^2 \varepsilon (1 - \cos^2 \varphi \cos^2 H)) - g^2 (\sin^2 \varepsilon \sin^2 \varphi + \cos^2 \varepsilon \cos^2 \varphi \cos^2 H)] \\ & + (y + \rho) [(R - \rho)^2 + g^2] \sqrt{x^2 + \cos^2 \varepsilon (y + \rho)^2} \sin 2\varphi \sin \varepsilon \cos H \\ & + x^2 [(R - \rho)^2 (\sin^2 H + \sin^2 \varphi \cos^2 H) - g^2 \cos^2 \varphi \cos^2 H] = 0 \quad (13) \end{aligned}$$

### 2. Deuxième courbe ("2") :

$$\begin{aligned} & (y + \rho)^2 [(R - \rho)^2 (\sin^2 \varepsilon \cos^2 \varphi + \cos^2 \varepsilon (1 - \cos^2 \varphi \cos^2 H)) - g^2 (\sin^2 \varepsilon \sin^2 \varphi + \cos^2 \varepsilon \cos^2 \varphi \cos^2 H)] \\ & - (y + \rho) [(R - \rho)^2 + g^2] \sqrt{x^2 + \cos^2 \varepsilon (y + \rho)^2} \sin 2\varphi \sin \varepsilon \cos H \\ & + x^2 [(R - \rho)^2 (\sin^2 H + \sin^2 \varphi \cos^2 H) - g^2 \cos^2 \varphi \cos^2 H] = 0 \quad (14) \end{aligned}$$

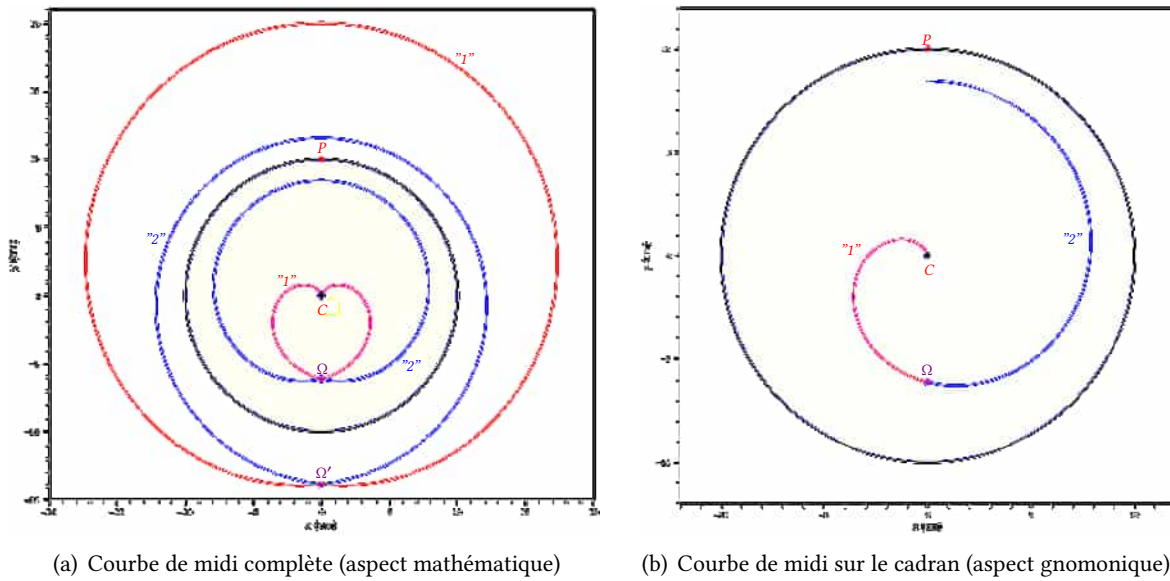
avec  $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ .

Les courbes horaires dans la version "a" du cadran de hauteur vertical d'Habermel sont des *sextiques*. Ce ne sont pas des spirales, mais on peut très bien conserver cette expression très "visuelle" comme on peut le voir en figure 2(b) page suivante par exemple pour la ligne de midi.

Ces équations donnent chacune deux courbes fermées imbriquées l'une dans l'autre (ce qui fait un total de quatre boucles concentriques – cf. Fig. 2(a)). Dans une paire de courbe (c'est-à-dire pour une équation donnée), l'une est à l'intérieur du cercle de rayon  $R$  et l'autre lui est extérieure (et sans point commun). Les deux paires de boucles sont parfaitement symétriques par rapport à l'axe vertical  $Cy$ . À l'intérieur du cercle de rayon  $R$  les boucles des équations "1" et "2" respectivement ont un seul point en commun ; en quelque sorte un point de connexion ou de continuité d'une partie de branche de courbe à l'autre<sup>6</sup>. C'est le point de coordonnées  $\Omega = \left( 0 ; \frac{g \cos \varphi}{\sqrt{\sin^2 \varphi + \tan^2 H}} - R \right) = (0 ; g \tan h_0 - R)$ ,

où  $h_0$  est la hauteur du Soleil à la latitude  $\varphi$  sous l'angle horaire  $H$  à l'équinoxe. C'est donc un point équinoxial ( $\delta = 0^\circ$ ). Le point courant  $I$  se déplace sur la courbe "1" lorsque  $\delta > 0$  et sur la courbe "2" lorsque  $\delta < 0$ . Pour  $H = 90^\circ$ ,  $\Omega$  est sur le cercle de rayon  $R$ , ce que l'on savait déjà

<sup>6</sup>Pour le domaine plan extérieur au cercle de rayon  $R$ , le point de connexion  $\Omega'$  des deux branches externes des courbes a pour coordonnées  $\Omega' = \left( 0 ; -\left( \frac{g \cos \varphi}{\sqrt{\sin^2 \varphi + \tan^2 H}} + R \right) \right)$ .



**FIG. 2** – Courbe horaire de midi (courbe du 6° degré) dans un cadran solaire de hauteur vertical d’Habermel, version “a”, avec  $\varphi = 43^\circ 43'$ ,  $R = 10$  cm, et le style placé en  $P$  (point fixe) a pour longueur  $g = R|\tan(\varphi - \epsilon)|$ . La courbe régie par l’équation “1” est en rouge, la courbe régie par l’équation “2” en bleu. Les points  $\Omega$  et  $\Omega'$  sont des points de raccord entre les deux courbes en rouge (été,  $\delta > 0$ ) et bleu (hiver,  $\delta < 0$ ). À l’équinoxe l’extrémité de l’ombre du style est en  $\Omega$ . Les courbes en-dehors du disque (cercle en noir sur la figure) n’ont pas d’existence réelle. Le disque est à faire tourner en fonction de la longitude écliptique (ou date), réseau de droites passant par  $C$  qui n’ont pas été représentées.

puisque par construction (et placement du style droit), les heures de coucher/lever du Soleil sont sur la circonférence du disque.

Si l’on se restreint au domaine plan délimité par le disque de rayon  $R$ , alors pour l’une des courbes (comme la “1”) on ne conservera que la partie des  $x < 0$  par exemple, et on gardera la partie des  $x > 0$  pour la courbe “2”. On peut tout à fait inverser l’ordre des boucles : cela ne changera pas l’utilisation du cadran (seul le sens de rotation des angles de la longitude écliptique pour le réseau de date sera inversé — droites concentriques espacées de  $2\lambda$ ).

Les équations (13) et (14) peuvent être encore simplifiées par des factorisations astucieuses, exploitant des identités remarquables. Cette démarche conduit, pour chacune des équations, à une forme factorisée du type :  $f(x, y, H) \times g(x, y, H) = 0$ . Chaque facteur définit une courbe fermée, correspondant respectivement à des équations  $f(x, y, H) = 0$  et  $g(x, y, H) = 0$ . Ainsi, chaque boucle est décrite par une équation distincte des autres. Pour une paire de courbes, l’une est située à l’intérieur du disque de rayon  $R$ , tandis que l’autre se trouve à l’extérieur. Il est toutefois possible qu’une même courbe traverse ces deux domaines et c’est là qu’intervient les points limites  $L_H$  et  $L_{H'}$  (cf. *infra*) situés sur la circonférence du cercle de rayon  $R$  permettant de délimiter le tracé de la courbe horaire.

La figure 2(a) illustre cette décomposition en présentant quatre courbes fermées : deux localisées à l’extérieur du disque de rayon  $R$  et deux à l’intérieur. Si l’on s’en tient uniquement aux courbes fermées situées à l’intérieur du disque de rayon  $R$  (les courbes horaires recherchées donc), on retiendra les équations algébriques suivantes, tout calcul fait :

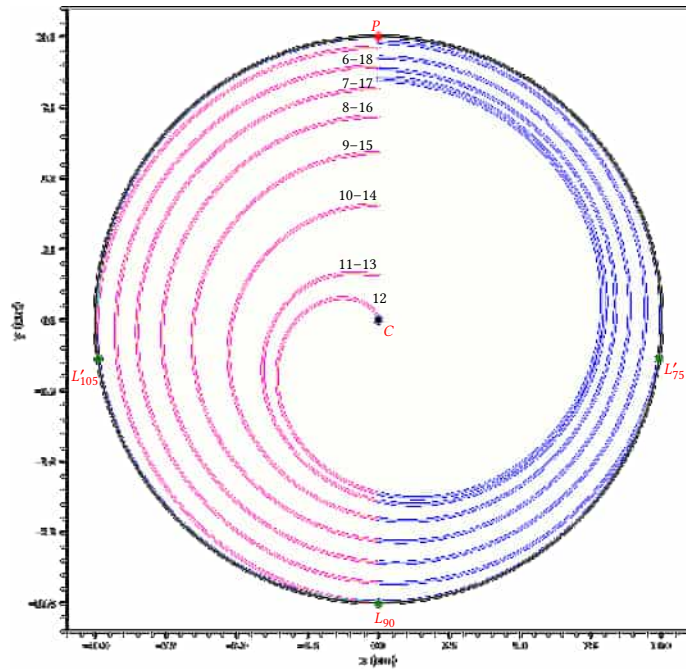
### 1. Première courbe ("1") :

$$(R - \rho) \sqrt{[(y + \rho) \sin \varepsilon \cos \varphi - \sin \varphi \cos H \sqrt{x^2 + (y + \rho)^2 \cos^2 \varepsilon}]^2 + \sin^2(H) [x^2 + (y + \rho)^2 \cos^2 \varepsilon]} - g [(y + \rho) \sin \varepsilon \sin \varphi + \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + (y + \rho)^2 \cos^2 \varepsilon}] = 0 \quad (15)$$

### 2. Deuxième courbe ("2") :

$$(R - \rho) \sqrt{[(y + \rho) \sin \varepsilon \cos \varphi + \sin \varphi \cos H \sqrt{x^2 + (y + \rho)^2 \cos^2 \varepsilon}]^2 + \sin^2(H) [x^2 + (y + \rho)^2 \cos^2 \varepsilon]} + g [(y + \rho) \sin \varepsilon \sin \varphi - \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + (y + \rho)^2 \cos^2 \varepsilon}] = 0 \quad (16)$$

**FIG. 3** – Réseau de courbes horaires dans un cadran solaire de hauteur vertical – version "a". Latitude :  $\varphi = 43^\circ 43'$ ;  $R = 10$  cm;  $g \approx 3,7$  cm. Le gnomon est en  $P$ . Les courbes horaires ont été tronquées à leur zone d'utilisation réelle. On a distingué en rouge les courbes fermées de la grande boucle (1<sup>re</sup> équation) de celles en bleue de la petite boucle (2<sup>e</sup> équation). On remarquera que pour  $H = 75^\circ$  et  $H = 105^\circ$  les courbes sont exactement les mêmes hormis bien entendu leur zone d'utilisation (il y a juste un échange entre grande boucle et petite boucle). Il y a symétrie ou plutôt un échange de rôle entre les deux courbes par rapport à  $H = 90^\circ$ . La ligne de 12 h est la plus centrale et passe par  $C$ , la plus extérieure est celle de 5 h–19 h s'arrêtant au point  $L'_{105}$ . Les lignes des longitudes écliptiques permettant de régler correctement la date sur le cadran n'ont pas été représentées.



Il est possible d'obtenir les points d'intersection de la courbe horaire avec la circonférence du disque de rayon  $R$  (points notés  $L_H$ ,  $L'_H$  sur la figure 3). En effet, la courbe horaire coupe la circonférence du disque lorsque le Soleil est à l'horizon et par conséquent le reste de la courbe est hors du disque et n'est plus à prendre en compte. À la latitude de Nice par exemple, cela se produit pour les angles horaires d'heure pleine comme  $H = 75^\circ$ ,  $H = 90^\circ$  et  $H = 105^\circ$ . Il est intéressant de déterminer pour quelle longitude écliptique cela se produit. Dans la figure 3 on a marqué les points d'intersection des courbes horaires avec le cercle de rayon  $R$  et stoppé le tracé de la courbe horaire en ce point de sorte que les autres branches de courbe n'apparaissent pas à l'intérieur du cercle. Le fabricant du cadran devra arrêter le tracé horaire en ces points  $L_H$  et  $L'_H$  dont les coordonnées sont définies par des angles de position  $\omega_H$  et  $180^\circ - \omega_H$  :

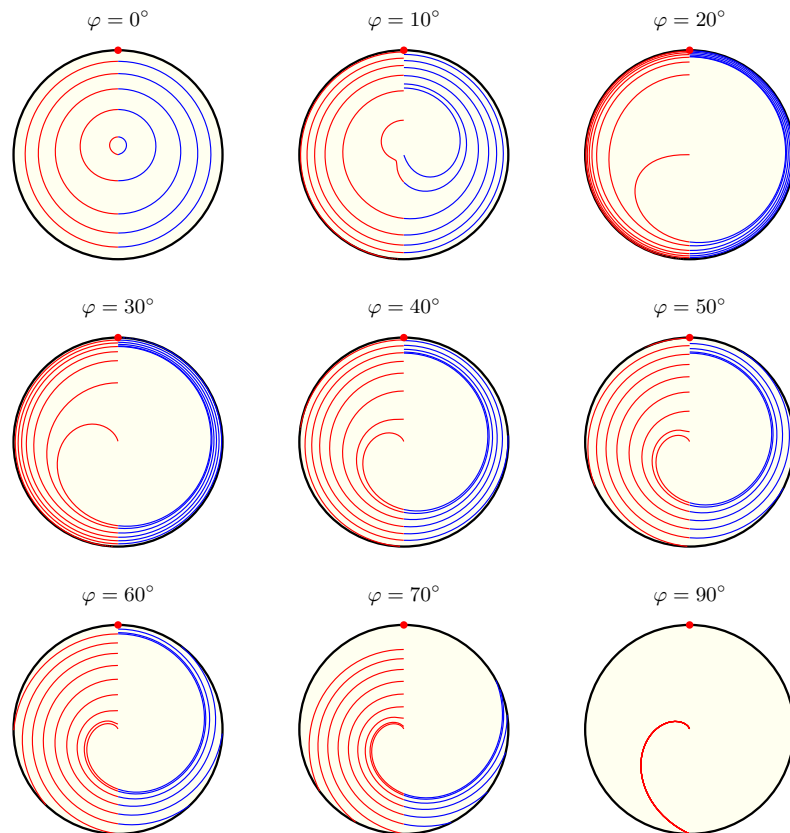
$$\begin{cases} \omega_H = - \left[ 90^\circ + 2 \arctan \left( \frac{\cos H}{\sqrt{\sin^2 \varepsilon \tan^2 \varphi - \cos^2 \varepsilon \cos^2 H}} \right) \right] \\ L_H = (R \cos \omega_H; -R \sin \omega_H) \\ L'_H = (-R \cos \omega_H; -R \sin \omega_H) \end{cases} \quad (17)$$

**Exemples numériques.** Dans le tableau suivant on donne les mesures principales des angles orientés  $\omega_H$  assurant le placement des points limites de fonctionnement de la courbe horaire dans le repère  $Cxy$ . On donne pour information les longitudes écliptiques correspondantes (arrondies à l'unité).

**TABLE 1**  
**Points d'intersection des courbes horaires avec le disque de rayon  $R$ .**  
[  $\varphi = 43^\circ 43'$ ,  $R = 10$  cm et  $g = R|\tan(\varphi - \epsilon)|$  ]

| $H$<br>(°) | $\omega_H$<br>(°) | $180^\circ - \omega_H$<br>(°) | $L_H$<br>( $x; y$ ) cm | $L'_H$<br>( $x; y$ ) cm | $\lambda$<br>(°) |
|------------|-------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|
| 0 à 60     | —                 | —                             | —                      | —                       | —                |
| 75         | -172.14           | -7.86                         | (-9.91; -1.37)         | (9.91; -1.37)           | 49 - 131         |
| 90         | -90.00            | -90.00                        | (0; -10)               | (0; -10)                | 90 - 270         |
| 105        | -7.86             | -172.14                       | (9.91; -1.37)          | (-9.91; -1.37)          | 229 - 319        |

**Aspect du disque horaire sous différentes latitudes.** La figure 4 montre l'évolution de la forme des courbes horaires tous les  $10^\circ$  de latitude nord. Lorsque  $\varphi = \epsilon$  le cadran ne fonctionne pas. Au pôle, le cadran ne présente qu'une courbe horaire conférant un fonctionnement de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne en passant par le solstice d'été.



**FIG. 4** – Aspect des lignes horaires sous différentes latitudes dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel — version "à". Le point rouge marque la position du style droit.

### 3.2 La version "b"

Dans cette version de cadran de hauteur vertical le gnomon est placé au centre d'un disque mobile de rayon  $R$ , de sorte que son ombre à midi solaire au solstice d'été touche la circonférence du disque. De cette manière proposée par Habermel, la longueur du gnomon est  $g = R|\tan(\varphi - \varepsilon)|$ . L'ensemble du tracé est intégralement inscrit à l'intérieur du disque avec la courbe de midi la plus extérieure et les heures du coucher du soleil convergeant vers le centre du disque (ou pied du gnomon).

Munissons un plan vertical d'un repère orthonormal de centre  $C$  et dont les  $x$  sont dirigés vers la droite et les  $y$  vers le haut. Les coordonnées paramétriques d'un point courant  $I$  d'une courbe d'angle horaire  $H$  se calculent à l'aide des formules établies par D. Savoie :

$$\begin{cases} x = -g \tan h \sin 2\lambda \\ y = g \tan h \cos 2\lambda \end{cases} \quad (18)$$

De ce système de coordonnées, on extrait deux relations fondamentales :

$$\begin{cases} \tan 2\lambda = -\frac{x}{y} \\ x^2 + y^2 = g^2 \tan^2 h \end{cases} \quad \begin{matrix} (19a) \\ (19b) \end{matrix}$$

L'introduction de l'angle double de la longitude écliptique complexifie grandement les manipulations algébriques. On parvient cependant à établir une équation cartésienne des lignes horaires avec le procédé qui suit.

Grâce aux groupe de transformations des coordonnées écliptiques en coordonnées équatoriales, on a :  $\tan \lambda = \frac{\tan \delta}{\sin \varepsilon \cos \alpha}$ , où  $\delta$  est la déclinaison du Soleil,  $\alpha$  est son ascension droite et  $\varepsilon$  l'obliquité de l'écliptique. En posant  $q = -\frac{x}{y}$ , on a :

$$\tan 2\lambda = \frac{2 \tan \lambda}{1 - \tan^2 \lambda} = \frac{2 \tan \delta \cos \alpha \sin \varepsilon}{\cos^2 \alpha \sin^2 \varepsilon - \tan^2 \delta} = q \quad (20)$$

On peut ainsi extraire  $\tan \delta$  au moyen d'une équation du second degré :

$$q \tan^2 \delta + 2 \tan \delta \cos \alpha \sin \varepsilon - q \cos^2 \alpha \sin^2 \varepsilon = 0$$

Le discriminant étant toujours positif :  $\Delta = 4 \cos^2 \alpha \sin^2 \varepsilon (q^2 + 1)$ , on a deux solutions distinctes  $\delta_1$  et  $\delta_2$  telles que :

$$\begin{cases} \tan \delta_1 = -\frac{\cos \alpha \sin \varepsilon}{q} (1 + \sqrt{q^2 + 1}) \quad \checkmark \end{cases} \quad (21a)$$

$$\begin{cases} \tan \delta_2 = -\frac{\cos \alpha \sin \varepsilon}{q} (1 - \sqrt{q^2 + 1}) \end{cases} \quad (21b)$$

On retiendra la solution  $\delta_1$  dans laquelle il restera à éliminer l'ascension droite  $\alpha$ .

Pour ce faire, reprenons l'équation (20) :  $\frac{2 \tan \lambda}{1 - \tan^2 \lambda} = q$ . Pour trouver  $\lambda$ , on doit aussi résoudre une équation du second degré :

$$q \tan^2 \lambda + 2 \tan \lambda - q = 0$$

Le discriminant  $\Delta = 4(q^2 + 1)$  est toujours positif, ce qui signifie qu'il y a deux solutions réelles distinctes :

$$\begin{cases} \tan \lambda_1 = -\frac{1 + \sqrt{q^2 + 1}}{q} & \checkmark \\ \tan \lambda_2 = \frac{-1 + \sqrt{q^2 + 1}}{q} \end{cases} \quad (22a)$$

$$(22b)$$

et dont on retiendra la première solution, à savoir  $\tan \lambda = -\frac{1 + \sqrt{q^2 + 1}}{q}$ .

Revenons maintenant à l'ascension droite  $\alpha$ . Grâce au groupe de transformation des coordonnées (3) :  $\tan \alpha = \cos \varepsilon \tan \lambda$  et depuis que  $1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$ , il vient désormais :

$$\cos \alpha = \pm \frac{1}{\sqrt{1 + \cos^2 \varepsilon \tan^2 \lambda}} = \frac{\pm q}{\sqrt{q^2 + \cos^2 \varepsilon (1 + \sqrt{q^2 + 1})}} \quad (23)$$

De là, en reprenant la relation (21a) et en substituant  $\cos \alpha$ , on obtient tout calcul faits, une expression de  $\tan \delta$  en fonction de  $x$ ,  $y$  et  $\varepsilon$  :

$$\tan \delta = \mp \frac{(1 + \sqrt{q^2 + 1}) \sin \varepsilon}{\sqrt{q^2 + \cos^2 \varepsilon (1 + \sqrt{q^2 + 1})^2}} \quad \text{avec} \quad q = -\frac{x}{y} \quad (24)$$

On établira l'équation des courbes horaires en combinant cette expression de  $\tan \delta$  dans l'équation fondamentale (19b). On a donc tout d'abord :

$$x^2 + y^2 = g^2 \frac{(\sin \varphi \tan \delta + \cos \varphi \cos H)^2}{(\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos H)^2 + \sin^2 H}$$

Puis en posant  $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ , en organisant d'abord en puissance décroissante de  $\tan \delta$  et en remplaçant ensuite par son expression (24), on parvient à écrire :

$$A_b \sin^2 \varepsilon [1 + \sqrt{q^2 + 1}]^2 - B_b \sin \varepsilon [1 + \sqrt{q^2 + 1}] \sqrt{q^2 + \cos^2 \varepsilon [1 + \sqrt{q^2 + 1}]^2} + C_b [q^2 + \cos^2 \varepsilon [1 + \sqrt{q^2 + 1}]^2] = 0 \quad (25)$$

avec :

$$\begin{cases} A_b = (x^2 + y^2) \cos^2 \varphi - g^2 \sin^2 \varphi \\ B_b = [x^2 + y^2 + g^2] \sin 2\varphi \cos H \\ C_b = (x^2 + y^2)(\sin^2 H + \sin^2 \varphi \cos^2 H) - g^2 \cos^2 \varphi \cos^2 H \end{cases} \quad (26)$$

Comme :

$$q = -\frac{x}{y} \quad q^2 = \frac{x^2}{y^2} \quad q^2 + 1 = \frac{\rho^2}{y^2} \quad \sqrt{q^2 + 1} = \pm \frac{\rho}{y}$$

$$1 + \sqrt{q^2 + 1} = \frac{y \pm \rho}{y} \quad (1 + \sqrt{q^2 + 1})^2 = \frac{(y \pm \rho)^2}{y^2}$$

on a finalement deux équations distinctes soumises aux signes + ou – et qui définissent les courbes horaires de cette version "b" du cadran de hauteur.

**1. Première courbe ("1") :**

$$C_b x^2 + (y - \rho)^2 [A_b \sin^2 \varepsilon + C_b \cos^2 \varepsilon] - (y - \rho)(x^2 + y^2 + g^2) \sqrt{x^2 + (y - \rho)^2 \cos^2 \varepsilon} \sin 2\varphi \sin \varepsilon \cos H = 0 \quad (27)$$

**2. Deuxième courbe ("2") :**

$$C_b x^2 + (y - \rho)^2 [A_b \sin^2 \varepsilon + C_b \cos^2 \varepsilon] + (y - \rho)(x^2 + y^2 + g^2) \sqrt{x^2 + (y - \rho)^2 \cos^2 \varepsilon} \sin 2\varphi \sin \varepsilon \cos H = 0 \quad (28)$$

avec  $A_b$  et  $C_b$  donnés en (26). On ne cherchera pas à enlever les racines carrées de ces équations algébriques complexes.

Les spirales apparentes dans les tracés horaires d'Habermel sont en fait composées de deux parties de courbes différentes. Ce sont des courbes fermées à une seule boucle<sup>7</sup> inscrites dans le disque de rayon  $R$  (cf. Fig. 5). Elles présentent une parfaite symétrie par rapport à l'axe vertical  $Cy$ . Le point commun  $\Omega$  qu'elles possèdent est situé sur l'axe vertical  $Cy$ ; il assure une continuité entre les deux courbes (Fig. 5(c) page suivante). On a également placé le point  $M$ , point le plus bas de la courbe "2" et où s'arrête en principe le tracé de la ligne horaire du cadran, et dont les coordonnées dépendent de  $H$  et  $\varphi$ . Celles-ci sont respectivement :

$$\Omega \begin{cases} x = 0 \\ y = g \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\sin^2 \varphi + \tan^2 H}} = g \tan h_0 \end{cases} \quad M \begin{cases} x = 0 \\ y = -g \frac{\sin \varphi \tan(-\varepsilon) + \cos \varphi \cos H}{\sqrt{(\cos \varphi \tan(-\varepsilon) - \sin \varphi \cos H)^2 + \sin^2 H}} = -g \tan h_{-\varepsilon} \end{cases}$$

où  $h_{-\varepsilon}$  n'est autre que la hauteur du Soleil le jour du solstice d'hiver et  $h_0$  est la hauteur du Soleil à l'équinoxe ... à la latitude  $\varphi$  pour un angle horaire  $H$  donné<sup>8</sup>.

On sait désormais qu'il ne s'agit pas d'une spirale au sens géométrique, mais on peut conserver le terme "courbe spiralée" qui donne une image immédiate des courbes horaires, à défaut de connaître à quelle classification exacte elles appartiennent<sup>9</sup>.

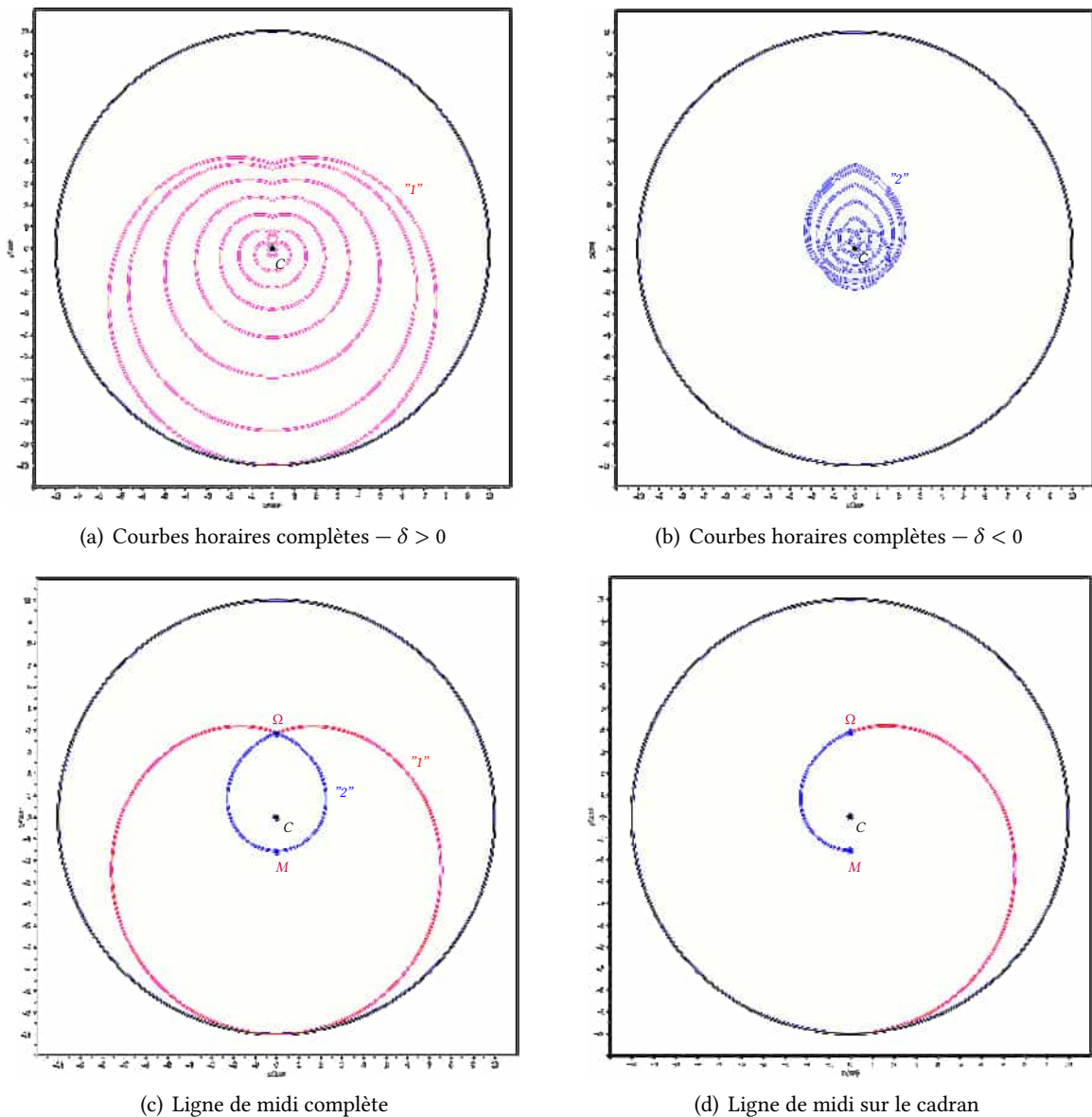
On obtient un réseau de courbes concentriques et, par construction, la plus extérieure est celle de 12 h et la plus petite, réduite à un point, le centre du style, pour les heures de coucher ou de lever du Soleil. Il ne faudra conserver pour notre tracé respectivement qu'une moitié des boucles. Par exemple, si l'on conserve pour la plus grande boucle la partie des  $x > 0$ , alors on conservera pour la boucle la plus petite (terminant l'aspect spiralé en  $M$ ) la partie des  $x < 0$ <sup>10</sup>. La connexion des deux moitiés de courbe donne cette belle apparence en *coquille d'escargot* qu'Habermel a su artistiquement exploiter. Apparence qui est conservée tant que  $\varepsilon < \varphi < 90^\circ - \varepsilon$ .

<sup>7</sup>Pour la ligne de midi et lorsque  $\varphi < \varepsilon$ , la grande boucle disparaît et présente des branches infinies. Les autres courbes horaires sont des boucles fermées quelle que soit la latitude, et possèdent deux boucles lorsque  $H > 90^\circ$ . La petite boucle est conservée tant que  $\varphi < 90^\circ - \varepsilon$ .

<sup>8</sup>L'ordonnée de ces points remarquables a été déterminée à partir de l'équation cartésienne des courbes horaires, fournissant ainsi, de manière indirecte, une validation algébrique de cette expression. En effet, il est immédiat d'établir autrement que ces ordonnées sont intrinsèquement liées à la longueur de l'ombre portée au solstice d'hiver et à l'équinoxe.

<sup>9</sup>Il s'agirait de *quartiques*, courbes du quatrième degré, mais le mélange de racines carrées et des lignes trigonométriques pilotées par l'angle horaire  $H$  et la latitude  $\varphi$  ne permet pas de soutenir réellement cette hypothèse ni d'englober toutes les situations possibles.

<sup>10</sup>Cela est d'ailleurs imposé par le choix des coordonnées paramétriques du point courant  $I$ , cf. équations (18).

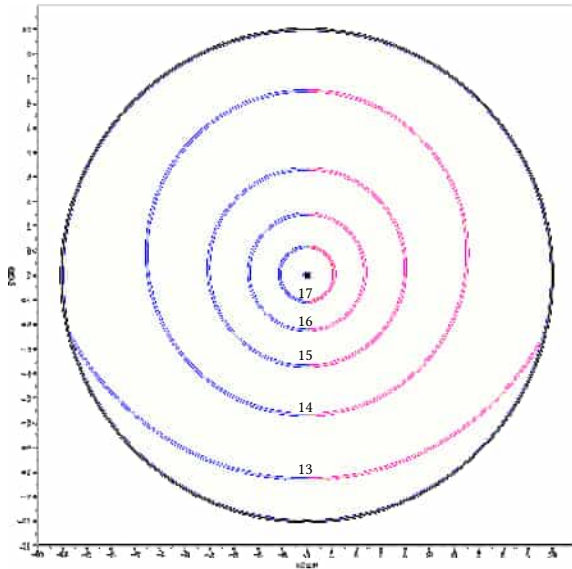
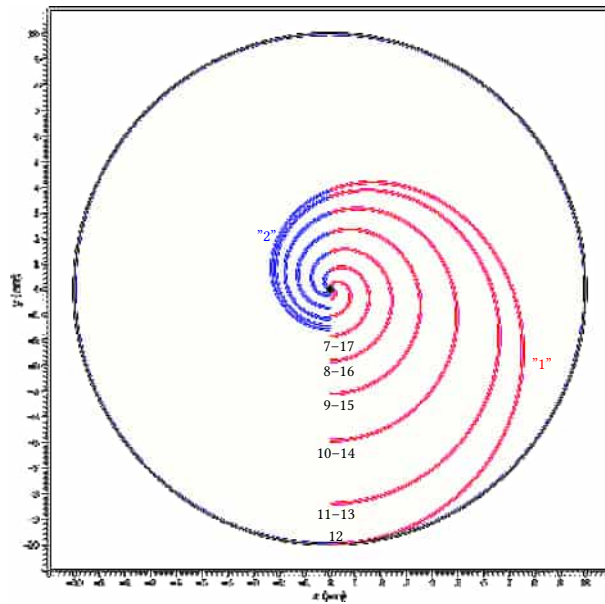


**FIG. 5** – (a) et (b) : réseau de courbes horaires dans le cadran solaire de hauteur vertical d’Habermel, version “b”, avec  $\varphi = 43^\circ 43'$ ,  $R = 10$  cm, et le style placé en  $C$  a pour longueur  $g = R|\tan(\varphi - \varepsilon)|$ . La courbe régie par l’équation “1” est en rouge (été,  $\delta > 0$ ), la courbe régie par l’équation “2” en bleu (hiver,  $\delta < 0$ ). Les courbes sont toutes des boucles fermées, la plus extérieure pour la ligne de midi puis 11 h–13 h, 10 h–14 h, etc. (c) : courbe de midi, intégrale et (d) : courbe de midi réellement tracée sur le disque. On observera le point de “cassure” ( $\Omega$ ) de la boucle, point qui constitue une forme de passage de la courbe “1” à la courbe “2”, ce que l’on pourra observer dans les différentes figures. Le disque est à faire tourner en fonction de la longitude éclipstique (ou date à amener dans la direction ( $CM$ )), marquée sur un faisceau de droites passant par  $C$  et qui n’a pas été représenté.

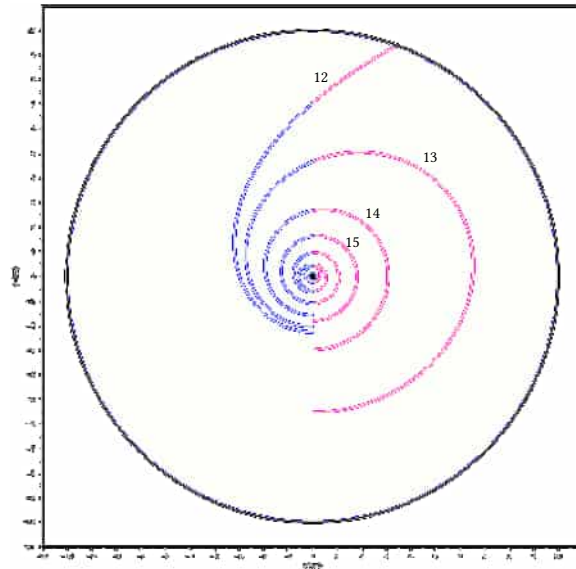
La forme en coquille d’escargot des lignes horaires dans un cadran de hauteur n’est pas unique et était connue bien avant Habermel dans le monde islamique<sup>11</sup>, mais Habermel ne semblait pas en connaître l’existence.

<sup>11</sup>Voir D.A. King & F. Charette, « A universal sundial made for Sultan Mehmet II, in the context of astronomical instrumentation in late-15<sup>th</sup> Century Istanbul », *Suhyal*, vol. 21, *International Journal for the History of the Exact and*

**FIG. 6** – Réseau des courbes horaires dans un cadran solaire de hauteur vertical – version "b". Latitude :  $\varphi = 43^\circ 43'$ ;  $R = 10$  cm;  $g \approx 3,7$  cm. Le gnomon est au centre du repère. Les courbes horaires ont été tronquées à leur zone d'utilisation réelle. On a distingué en rouge les courbes fermées de la grande boucle (première équation) de celles en bleue de la petite boucle (deuxième équation). On remarquera que les courbes pour  $H = 75^\circ$  et  $H = 105^\circ$  sont exactement les mêmes hormis bien entendu leur zone d'utilisation (il y a juste un échange entre grande boucle et petite boucle). Il y a symétrie ou plutôt un échange de rôle entre les deux courbes par rapport à  $H = 90^\circ$ .



(a) Cadran à l'équateur

(b) Cadran à la latitude  $\varphi = 13^\circ 73' N$ **FIG. 7** – Exemple de courbes horaires en zone intertropicale (version "b").

### En zone intertropicale

L'aspect des lignes horaires est fortement affecté par la latitude. Lorsque  $\varphi = \varepsilon$ , il n'existe aucun tracé horaire : le cadran ne fonctionne pas. Les figures 7 montrent un aspect des courbes horaires à l'équateur ( $\varphi = 0^\circ$ ), puis par exemple à une latitude  $\varphi = 13^\circ 73' N$  (Bangkok, parc Lumpini). Pour ces

*Natural Sciences in Islamic Civilisation*, Université de Barcelone (Espagne), décembre 2024, pp. 7-208. Cf. Fig. 1.1a-c, p. 16, ou encore Fig. 4-7, p. 56. Voir aussi J.J. Sédillot, *Traité des instruments astronomiques des arabes composé au treizième siècle par Aboul Hhassan Ali, de Maroc, traduit de l'arabe sur le manuscrit 1147 de la Bibliothèque Royale*, Paris, 1834; on consultera notamment le tome II, planche VIII, Fig. 70, pour un aspect du cadran nommé *halazūn*. Les courbes horaires, bien que semblant spirales, n'en sont pas réellement et encore moins des spirales d'Archimède.

cadrans verticaux de hauteur on a pris  $R = 10$  cm, et pour le style une longueur  $g = R \times |\tan(\varphi - \varepsilon)|$  respectivement.

## 4 Le cadran de hauteur vertical dit en « limaçon de Pascal »

### 4.1 La version "c"

Dans ce type de cadran de hauteur, le réseau des lignes horaires se compose de courbes circulaires fermées uniques. Ces courbes présentent une similitude avec un limaçon de Pascal, suggérant qu'il pourrait s'agir d'une quartique dans le repère considéré. Cependant, nous démontrerons que ces courbes diffèrent fondamentalement du limaçon de Pascal : les courbes du réseau horaire ne sont pas du même degré.

Dans les cas où  $|\varphi| > \varepsilon$ , c'est-à-dire en dehors de la zone intertropicale, chaque heure pleine correspond à une courbe horaire fermée. Cette situation persiste également dans la zone intertropicale ( $|\varphi| < \varepsilon$ ), à l'exception de la ligne de midi, qui présente deux branches infinies. Enfin, le cadran ne fonctionne pas pour quelque angle horaire que ce soit lorsque  $|\varphi| = \varepsilon$ .

Munissons un plan vertical donné d'un repère orthonormal de centre  $C$  et dont les  $x$  sont dirigés vers la droite et les  $y$  vers le haut. Les coordonnées paramétriques d'un point courant  $I$  d'une courbe d'angle horaire  $H$  se calculent à l'aide des formules établies par D. Savoie :

$$\begin{cases} x = -g \tan h \cos \lambda \\ y = -g \tan h \sin \lambda \end{cases} \quad (29)$$

où  $\lambda$  varie de  $0^\circ$  à  $360^\circ$  et la longueur du gnomon central est  $g = R |\tan(\varphi - \varepsilon)|$ .

De ce système d'équations il vient immédiatement deux relations importantes :

$$\begin{cases} \tan \lambda = \frac{y}{x} \\ x^2 + y^2 = g^2 \tan^2 h \end{cases} \quad (30)$$

Il faut dans un premier temps exprimer  $\lambda$  en fonction de  $\delta$ , puis se servir du système de coordonnées (29) pour trouver une expression de  $\delta$  en fonction de  $x$  et  $y$ . Expression que l'on utilisera ensuite dans  $\tan h$  afin d'éliminer  $\delta$ .

Par substitution des équations (1) & (2) dans le système (29) on a :

$$\begin{cases} x = -g \tan h \cos \alpha \cos \delta \\ y = -g \tan h \frac{\sin \delta}{\sin \varepsilon} \end{cases}$$

d'où par division membre à membre :

$$\tan \delta = \frac{y}{x} \sin \varepsilon \cos \alpha$$

Reste à exprimer  $\cos \alpha$  en fonction des coordonnées  $x$  et  $y$ . Pour cela, on partira de la relation (3) :  $\tan \alpha = \cos \varepsilon \tan \lambda$  et puisque que  $1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$  avec  $\tan \lambda = y/x$ , on peut exprimer le cosinus de l'ascension droite :

$$\cos \alpha = \pm \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon}}$$

D'où finalement une expression en fonction de  $x$  et  $y$  pour  $\tan \delta$  :

$$\tan \delta = \pm \frac{y \sin \varepsilon}{\sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon}} \quad (31)$$

En utilisant l'expression de  $\tan h$  (relation (5)) dans  $x^2 + y^2 = g^2 \tan^2 h$  on a :

$$x^2 + y^2 = g^2 \frac{(\sin \varphi \tan \delta + \cos \varphi \cos H)^2}{(\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos H)^2 + \sin^2 H}$$

On réorganise et on factorise  $\tan \delta$  puis on ordonne selon les puissances décroissantes de  $\tan \delta$  :

$$\begin{aligned} \tan^2 \delta [\cos^2 \varphi (x^2 + y^2) - g^2 \sin^2 \varphi] - \tan \delta \sin 2\varphi \cos H [x^2 + y^2 + g^2] \\ + (x^2 + y^2)(\sin^2 H + \sin^2 \varphi \cos^2 H) - g^2 \cos^2 \varphi \cos^2 H = 0 \end{aligned}$$

En utilisant la relation (31) on obtient l'équation des courbes horaires de la version "c" de ce cadran de hauteur. Toutes simplifications faites :

$$\begin{aligned} (x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) [(x^2 + y^2)(\sin^2 H + \cos^2 H \sin^2 \varphi) - g^2 \cos^2 \varphi \cos^2 H] \\ + y^2 \sin^2 \varepsilon \cos^2 \varphi [x^2 + y^2 - g^2 \tan^2 \varphi] + \sin 2\varphi \sin \varepsilon \cos H (x^2 + y^2 + g^2) y \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} = 0 \end{aligned}$$

Une factorisation est possible pour alléger quelque peu l'expression algébrique :

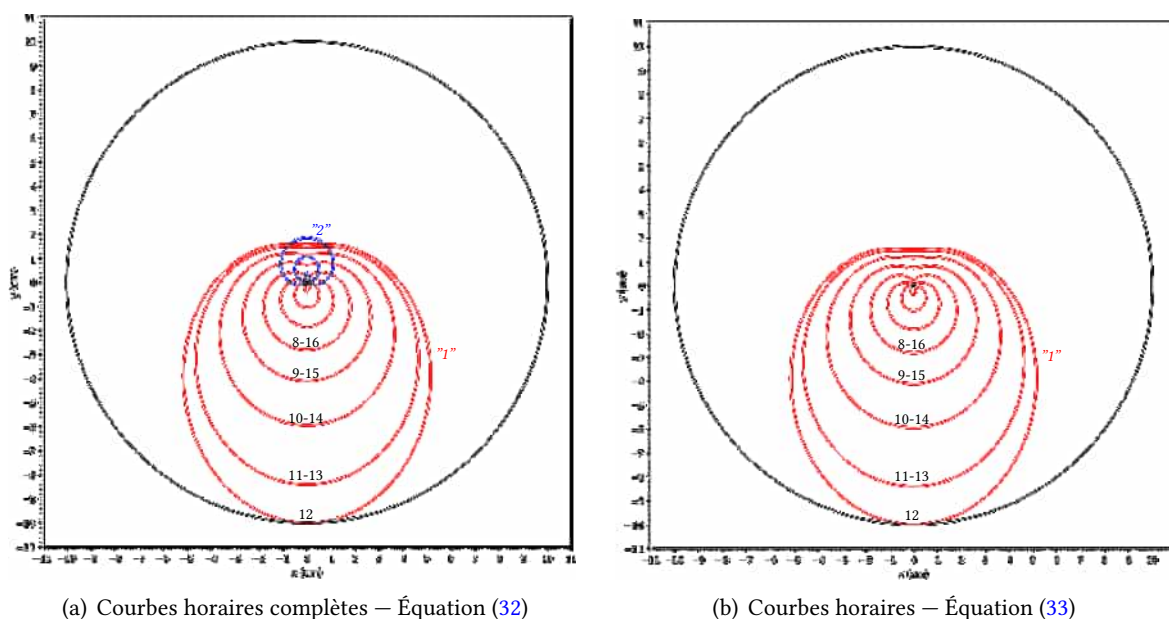
$$\begin{aligned} (x^2 + y^2) \left[ (\sin \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} + y \sin \varepsilon \cos \varphi)^2 + \sin^2 H (x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) \right] \\ - g^2 \left[ \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} - y \sin \varepsilon \sin \varphi \right]^2 = 0 \quad (32) \end{aligned}$$

Ce n'est pas une quartique, mais une *courbe du 8<sup>e</sup> degré*. L'angle horaire  $H$  joue le rôle de paramètre donnant une succession de courbes fermées concentriques et dont la plus extérieure est celle de 12 h – cf. Fig. 8(b) [page suivante](#). Construction désiré par Habermel et qui explique que le style centré en  $(0, 0)$  et de longueur  $R|\tan(\varphi - \varepsilon)|$  soit tel que son ombre à midi au solstice d'été atteigne le cercle de rayon  $R$ . Il n'est pas utile de pousser plus loin le développement, la forme établie est suffisante pour fournir un tracé intégral (comprenant aussi des parties de courbes qui ne peuvent être exploitées). Un développement complet conduirait à une équation cartésienne de degré 8 en  $x$  et  $y$  suivie d'un grand nombre de produits de la forme  $x^n y^m$  ( $n, m < 8$ ) dont l'écriture laborieuse n'apporterait pas de contribution significative à notre étude.

Il est encore possible d'effectuer une dernière factorisation en mettant l'équation (32) sous la forme de l'identité remarquable  $u^2 - v^2 = (u + v)(u - v)$  et dont on ne conserverait que le terme  $(u - v)$  de l'équation produit  $(u + v)(u - v) = 0$ . Cela donne pour l'équation des lignes horaires de cette version "c" du cadran vertical de hauteur :

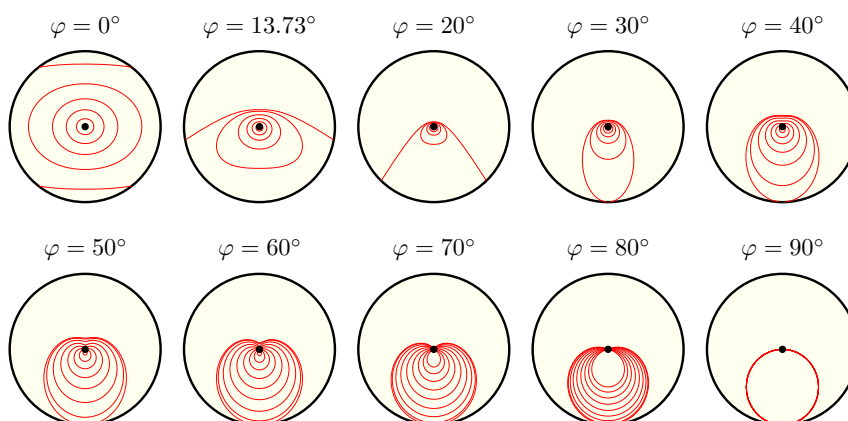
$$\begin{aligned} \sqrt{(x^2 + y^2) \left[ (\sin \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} + y \sin \varepsilon \cos \varphi)^2 + \sin^2 H (x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) \right]} \\ - g \left[ \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} - y \sin \varepsilon \sin \varphi \right] = 0 \quad (33) \end{aligned}$$

Cette expression est valable pour tout  $H$ , contrairement à la seconde équation (forme en  $u + v = 0$ ) où le tracé n'existe que pour  $H > H_0$ , où  $H_0$  est l'arc semi-diurne, et qui n'est pas à prendre en compte du point de vue gnomonique. On élimine automatiquement les tracés superflus des courbes horaires (Fig. 8(b) [page suivante](#)) ce que ne permet pas l'équation (32) qui les contient toutes (Fig. 8(a) [page suivante](#)).



**FIG. 8** – (a) et (b) : Courbes horaires complètes dans le cadran solaire de hauteur vertical d’Habermel, version “c”, avec  $\varphi = 43^\circ 43'$ ,  $R = 10$  cm, et le style placé en  $C$  a pour longueur  $g = R|\tan(\varphi - \varepsilon)|$ . La courbe régie par l’équation “1” est en rouge (été,  $\delta > 0$ ), la courbe régie par l’équation “2” en bleu (hiver,  $\delta < 0$ ). Les courbes sont toutes des boucles fermées, la plus extérieure pour la ligne de midi puis 11 h–13 h, 10 h–14 h, etc. Le disque est à faire tourner en fonction de la longitude éclipstique marquée sur un faisceau de droites passant par l’origine et qui n’a pas été représenté.

**Aspect du disque horaire sous différentes latitudes.** La figure 9 montre l’évolution de la forme des courbes horaires tous les  $10^\circ$  de latitude nord. Lorsque  $\varphi = \varepsilon$ , le cadran ne fonctionne pas : toutes les lignes horaires étant réduite au centre du disque. Au pôle, le cadran présente une courbe horaire quasi circulaire conférant un fonctionnement de l’équinoxe de printemps à l’équinoxe d’automne en passant par le solstice d’été. On observera les importantes déformations des courbes horaires suivant la latitude, notamment sous les tropiques.



**FIG. 9** – Aspect des lignes horaires sous différentes latitudes — version “c”. Le style droit est au centre du disque. La ligne la plus extérieure est la ligne de midi lorsqu’elle existe.

### Version "c" à l'équateur

Prenons  $\varphi = 0$ , l'équation (32) devient :

$$(x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon)[(x^2 + y^2)(\sin^2 H) - g^2 \cos^2 H] + y^2 \sin^2 \varepsilon [x^2 + y^2] = 0$$

ou encore :

$$\sin^2 H [x^4 + y^4 \cos^2 \varepsilon + x^2 y^2 (1 + \cos^2 \varepsilon)] + y^2 (x^2 + y^2) \sin^2 \varepsilon - g^2 \cos^2 H (y^2 \cos^2 \varepsilon + x^2) = 0 \quad (34)$$

La latitude  $\varphi$  modifie le degré de la courbe et affecte son allure. L'appellation "limaçon de Pascal" ne s'applique plus bien que la courbe obtenue à l'équateur soit du même degré que celle-ci (c'est-à-dire une quartique) !

### 4.2 La version "d"

Dans cette version de cadran de hauteur, le réseau des lignes horaires se compose de courbes circulaires fermées doubles (imbriquées l'une dans l'autre sans intersection) sous nos latitudes. Rappelons qu'ici le gnomon est placé sur le bord supérieur du cercle limite de rayon  $R$  délimitant les courbes horaires, et a pour longueur  $g = R|\tan(\varphi - \varepsilon)|$ .

Munissons un plan vertical donné d'un repère orthonormal de centre  $C$  et dont les  $x$  sont dirigés vers la droite et les  $y$  vers le haut. Les coordonnées du pied du gnomon sont  $P(0; R)$  de sorte qu'à midi solaire au solstice d'été l'extrémité de l'ombre du gnomon tombe au centre  $C$  du repère. Les coordonnées paramétriques d'un point courant  $I$  d'une courbe horaire  $H$  se calculent à l'aide du formulaire établie par D. Savoie :

$$\begin{cases} x = (R - g \tan h) \cos \lambda \\ y = (R - g \tan h) \sin \lambda \end{cases} \quad (35)$$

où  $\lambda$  varie de  $0^\circ$  à  $360^\circ$ .

De ce système d'équations il vient immédiatement deux relations importantes :

$$\begin{cases} \tan \lambda = \frac{y}{x} \\ x^2 + y^2 = (R - g \tan h)^2 \end{cases} \quad (36)$$

On a toujours suite aux transformations des coordonnées écliptiques en coordonnées équatoriales :

$$\cos \alpha = \pm \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon}}$$

avec  $\alpha$  l'ascension droite du Soleil. De la même façon que précédemment, on obtient toujours :

$$\tan \delta = \pm \frac{y \sin \varepsilon}{\sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon}} \quad (37)$$

où  $\varepsilon$  est l'obliquité de l'écliptique.

En ce qui concerne la tangente de la hauteur du Soleil, on a toujours la relation (5) que l'on va introduire dans l'équation (36) délivrant ainsi directement l'équation cartésienne recherchée des

courbes horaires. Mais tout d'abord, et pour simplifier les manipulations, posons  $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ , ce qui donne à partir de  $x^2 + y^2 = (R - g \tan h)^2$  :

$$\frac{R - \rho}{g} = \tan h \quad \Rightarrow \quad \left( \frac{R - \rho}{g} \right)^2 = \frac{(\sin \varphi \tan \delta + \cos \varphi \cos H)^2}{(\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos H)^2 + \sin^2 H}$$

Posons  $\Gamma = \frac{R - \rho}{g} = \frac{R - \sqrt{x^2 + y^2}}{g}$ . On obtient après développement :

$$\tan^2 \delta [\Gamma^2 \cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi] - \tan \delta \sin 2\varphi \cos H [\Gamma^2 + 1] + \Gamma^2 (\sin^2 H - \sin^2 \varphi \cos^2 H) - \cos^2 \varphi \cos^2 H = 0$$

Comme :

$$\tan \delta = \pm \frac{y \sin \varepsilon}{\sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon}} \quad ; \quad \tan^2 \delta = \frac{y^2 \sin^2 \varepsilon}{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} \quad ; \quad \frac{u}{\sqrt{u}} = \sqrt{u}$$

on a finalement :

$$y^2 \sin^2 \varepsilon [\Gamma^2 \cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi] + y \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} \sin 2\varphi \sin \varepsilon \cos H [\Gamma^2 + 1] + (x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) [\Gamma^2 \sin^2 H - \cos^2 \varphi \cos^2 H] + \Gamma^2 \sin^2 \varphi \cos^2 H = 0$$

Et en structurant un peu plus on obtient une équation des courbes horaires du cadran vertical de hauteur dans la version "d" :

$$\begin{aligned} & \left( R - \sqrt{x^2 + y^2} \right)^2 \left[ \left( y \sin \varepsilon \cos \varphi - \sin \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} \right)^2 + (x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) \sin^2 H \right] \\ & - g^2 \left( y \sin \varepsilon \sin \varphi + \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} \right)^2 = 0 \end{aligned}$$

L'équation que nous avons obtenue peut être réécrite sous la forme :

$$\left( R - \sqrt{x^2 + y^2} \right)^2 [(X - Y)^2 + Z] - g^2 \left( y \sin \varepsilon \sin \varphi + \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} \right)^2 = 0 \quad (38)$$

avec

$$\begin{cases} X = y \sin \varepsilon \cos \varphi \\ Y = \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} \sin \varphi \cos H \\ Z = (x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) \sin^2 H \end{cases} \quad (39)$$

On peut encore observer une factorisation en  $(a + b)(a - b)$ . Appliquons-là pour décomposer l'équation générale en un produit de deux équations distinctes conduisant ainsi à une paire de courbes dans le plan  $(x, y)$ .

#### 1. Première courbe ("1") :

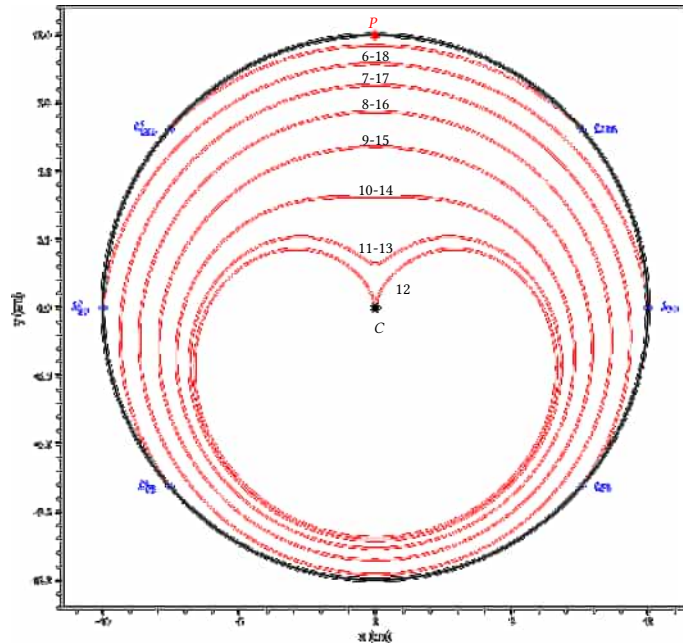
$$\left( R - \sqrt{x^2 + y^2} \right) \sqrt{(X - Y)^2 + Z} - g \left( y \sin \varepsilon \sin \varphi + \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} \right) = 0. \quad (40)$$

#### 2. Deuxième courbe ("2") :

$$\left( R - \sqrt{x^2 + y^2} \right) \sqrt{(X - Y)^2 + Z} + g \left( y \sin \varepsilon \sin \varphi + \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} \right) = 0. \quad (41)$$

Ces deux courbes sont symétriques par rapport à l'axe vertical  $Oy$ , elles sont de degré 4 (quartiques) et décrivent des trajectoires différentes dans le plan  $(x, y)$ . Seule celle contenue à l'intérieur du disque de rayon  $R$  a un intérêt gnomonique. On obtient de très belles courbes, comme on peut le voir en figure 10. L'équation générale (38) est de degré 6 : les courbes horaires de la version "d" sont des sextiques. Elles ressemblent à la famille des courbes de Watt<sup>12</sup>. Notre équation est cependant plus complexe en raison des termes impliquant des produits de sinus et cosinus et des racines carrées et il s'avère difficile de rapprocher notre équation de l'équation générale des courbes de Watt, ce qui rend l'identification incertaine sans une étude algébrique complète.

**FIG. 10** – Réseau de courbes horaires dans un cadran solaire de hauteur vertical – version "d". Latitude :  $\varphi = 43^\circ 43'$  ;  $R = 10$  cm ;  $g \approx 3,7$  cm. On a tracé l'intégralité des courbes internes ; les courbes externes ne sont pas affichées. On a placé les points limites de fonctionnement ( $L_H$  et  $L'_H$ ) pour les angles horaires au voisinage de  $90^\circ$  ; ce sont en ces points que le tracé de la courbe horaire doit s'arrêter, ce que l'on peut effectivement voir dans le tracé du cadran d'Habermel. La latitude a une forte influence sur ces angles horaires limites ainsi que sur la forme de la courbe. Les lignes des dates pour le réglage de la position du disque lors de la lecture de l'heure vraie n'ont pas été représentées.



Avec l'aide d'un traceur de courbes (logiciel, ou mieux encore, une programmation Python – fichiers fournis en annexe à la version numérique de *Cadran Info*) nous observons deux courbes distinctes dont l'une est appelée "interne" et l'autre "externe". Mais selon la latitude plus grande ou plus petite que  $\varepsilon$ , il y a échange de rôle entre les courbes "1" et "2". Il est toutefois nécessaire de ne tracer que la courbe interne au disque et de ne pas tenir compte de la courbe externe, secondaire et qui brouille le tracé. Le tracé des courbes externes est d'ailleurs inexploitable ; il suffit de se rappeler qu'on lit l'angle horaire par l'extrémité de l'ombre du gnomon et que celle-ci ne peut physiquement dépasser le cercle de rayon  $R$ . La figure 10 donne par conséquent un aperçu du tracé intégral des courbes horaires correspondant à l'équation (40) situées à l'intérieur du disque de rayon  $R$  sous la latitude de Nice à titre d'exemple. La planche de la figure 11 page suivante donne un aperçu du comportement des courbes horaires selon la latitude de  $0^\circ$  à  $70^\circ$ . La couleur rouge des courbes est associée à l'équation (40) (courbe "1"), la couleur bleue à l'équation (41) (courbe "2").

Les coordonnées des points d'intersection de la courbe interne avec le cercle limite de rayon  $R$  se déterminent facilement. Il suffit de poser  $R = \rho = \sqrt{x^2 + y^2}$  dans l'équation cartésienne de la courbe.

<sup>12</sup>Voir Eugène V. Shikin, *Handbook and Atlas of Curves*, Reprinted by CRC presse : Taylor and Francis Group from authentic sources (Library of Congress Cataloging-in-Publication Data), Londres / New-York, 1995 ; pp. 179-182, en particulier figures 158 & 159.

On obtient une droite qui a pour équation :

$$y = \pm \frac{x \cos H}{\sqrt{\sin^2 \varepsilon \tan^2 \varphi - \cos^2 \varepsilon \cos^2 H}}$$

La longitude écliptique<sup>13</sup> à ce moment-là est :

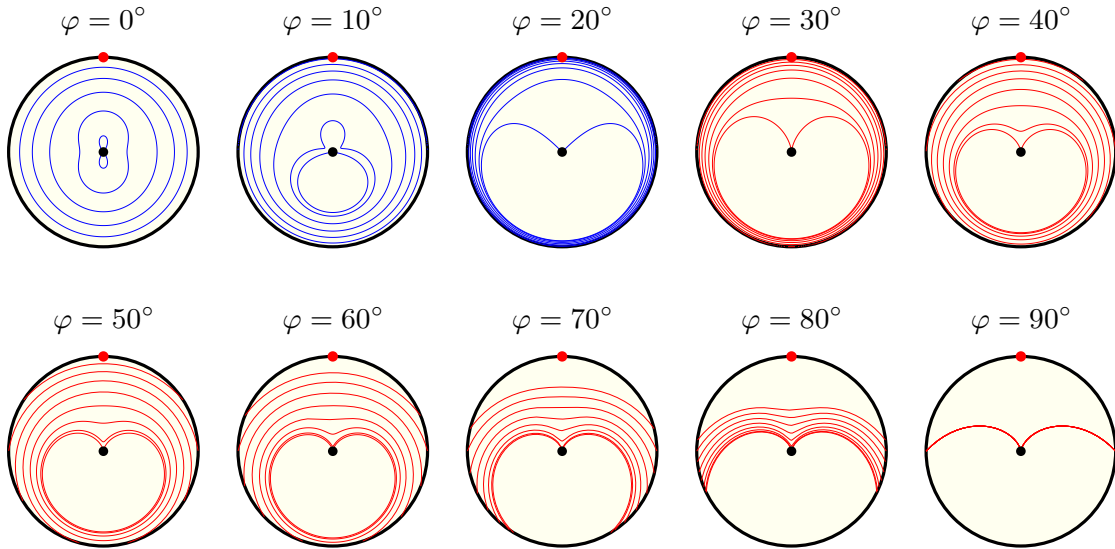
$$\lambda_H = \arctan \left( \frac{\cos H}{\sqrt{\sin^2 \varepsilon \tan^2 \varphi - \cos^2 \varepsilon \cos^2 H}} \right) + k\pi \quad \text{pour } k \in \mathbb{Z} \quad (42)$$

La dépendance avec  $H$  et  $\varphi$  est claire. Le tracé pour l'angle horaire  $H$  (donnant une solution à  $\lambda_H$ ) est limité par les points  $L_H$  et  $L'_H$ , dont les coordonnées sont respectivement :

$$\begin{cases} L_H = (R \cos \lambda_H; -R \sin \lambda_H) \\ L'_H = (-R \cos \lambda_H; -R \sin \lambda_H) \end{cases} \quad (43)$$

Ces points limites sont indiquées sur la figure 10 à titre d'exemple. Pour  $H = 90^\circ$ , les points sont situés sur l'axe des abscisses (et  $\lambda_{90} = 0^\circ$  et  $\lambda'_{90} = 180^\circ$ ).

**Aspect du disque horaire sous différentes latitudes.** La figure 11 montre l'évolution de la forme des courbes horaires tous les  $10^\circ$  de latitude Nord. Lorsque  $\varphi = \varepsilon$  le cadran ne fonctionne pas : excepté pour la ligne de midi, toutes les lignes horaires sont réduites au cercle de rayon  $R$ .



**FIG. 11** – Planche de dessin des courbes horaires de la version "d" du cadran d'Habermel pour différentes latitudes. Du centre vers le bord du disque, on lit 12 h, 13 h, 14 h, etc. Le tracé n'existe pas lorsque  $\varphi = \varepsilon$ . Lorsque  $\varphi < \varepsilon$ , c'est l'équation 2 qui est utilisable (courbes bleues), et lorsque  $\varphi > \varepsilon$ , c'est l'équation 1 (courbes rouges).

<sup>13</sup>Dans cette version "d",  $\lambda$  est aussi l'angle de position d'un point de la courbe horaire dans le repère  $Cxy$ .

## 5 Le cadran de hauteur horizontal

### 5.1 Pour toutes les latitudes

Dans un plan horizontal prenons un point  $C$  origine d'un repère direct d'axes orthonormé  $Cxy$  avec  $Cx$  vers l'Est et  $Cy$  vers le nord. Cette orientation n'a, par la suite, aucune importance puisque le cadran, pour fonctionner correctement, doit être tourné de telle sorte que l'ombre du gnomon (de hauteur  $g$  placé en  $C$ ) recouvre une ligne du zodiaque (écliptique) correspondant à la date considéré. Dans ce repère, l'extrémité de l'ombre du gnomon a pour coordonnées (cf. D. Savoie) :

$$\begin{cases} x = -\frac{g}{\tan h} \cos \lambda \\ y = \frac{g}{\tan h} \sin \lambda \end{cases} \quad (44)$$

De là découle deux relations fondamentales dont une permettra de construire l'équation cartésienne des lignes horaires par élimination de la déclinaison du Soleil :

$$\begin{cases} \tan \lambda = -\frac{y}{x} \\ x^2 + y^2 = \frac{g^2}{\tan^2 h} \end{cases} \quad (45a)$$

$$(45b)$$

Exprimons  $\cos \lambda$  et  $\sin \lambda$  à l'aide des transformations de coordonnées comme cela a été déjà présenté :

$$\begin{cases} x = -\frac{g}{\tan h} \times \cos \alpha \cos \delta \\ y = \frac{g}{\tan h} \times \frac{\sin \delta}{\sin \varepsilon} \end{cases} \quad (46)$$

Il vient alors  $\frac{y}{x} = \frac{\tan \delta}{\cos \alpha \sin \varepsilon}$ , et par conséquent :  $\tan \delta = \frac{y}{x} \sin \varepsilon \cos \alpha$ . Il reste à éliminer  $\cos \alpha$ . Toujours à l'aide des formules de transformations des coordonnées écliptiques en coordonnées équatoriales, nous avons :  $\tan \alpha = \tan \lambda \cos \varepsilon$ . Mais depuis que  $1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \lambda \cos^2 \varepsilon$  on obtient :

$$\cos \alpha = \frac{\pm x}{\sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon}}$$

On peut ainsi exprimer la déclinaison en fonction de  $x$  et  $y$  :

$$\tan \delta = \frac{\pm y \sin \varepsilon}{\sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon}} \quad (47)$$

Il ne reste plus qu'à substituer  $\tan \delta$  dans l'équation (45b) pour obtenir l'équation cartésienne des lignes horaires du cadran de hauteur horizontal.

On a tout d'abord grâce à l'équation (5) :

$$x^2 + y^2 = g^2 \frac{[\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos H]^2 + \sin^2 H}{[\sin \varphi \tan \delta + \cos \varphi \cos H]^2}$$

Un premier développement et une organisation en  $\tan \delta$  conduit à :

$$\tan^2 \delta [\rho^2 \sin^2 \varphi - g^2 \cos^2 H] + \tan \delta [\rho^2 + g^2] [\sin 2\varphi \cos H] + \cos^2 H [\rho^2 \cos^2 \varphi - g^2 \sin^2 \varphi] - g^2 \sin^2 H = 0$$

Ce qui peut s'écrire temporairement sous la forme :

$$\tan^2 \delta [A] + \tan \delta [B] + C = 0$$

avec

$$\begin{cases} A = \rho^2 \sin^2 \varphi - g^2 \cos^2 H \\ B = \sin 2\varphi \cos H (\rho^2 + g^2) \\ C = \cos^2 H [\rho^2 \cos^2 \varphi - g^2 \sin^2 \varphi] - g^2 \sin^2 H \end{cases}$$

Après substitution de  $\tan \delta$  (en prenant le signe +) :

$$Ay^2 \sin^2 \varepsilon + B y \sin \varepsilon \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} + C(x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) = 0$$

Et finalement, en ayant posé  $\rho^2 = x^2 + y^2$  :

$$y^2 \sin^2 \varepsilon (\rho^2 \sin^2 \varphi - g^2 \cos^2 H) + y \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} (\rho^2 + g^2) \sin \varepsilon \sin 2\varphi \cos H + [(\rho^2 \cos^2 \varphi - g^2 \sin^2 \varphi) \cos^2 H - g^2 \sin^2 H] [x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon] = 0$$

Il est possible d'améliorer l'aspect algébrique de l'équation par quelques factorisations bien choisies.

$$[x^2 + y^2] \left[ y \sin \varepsilon \sin \varphi + \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon} \right]^2 - g^2 \left[ (y \sin \varepsilon \cos \varphi - \sin \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon})^2 + (x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) \sin^2 H \right] = 0 \quad (48)$$

Après suppression de la racine carrée et élévation au carré, l'équation se transforme en un polynôme de degré 8 en  $x$  et  $y$ , ce qui confère à la courbe un degré égal à 8. Cette dernière, qualifiée d'*octique*, prend des configurations variées selon la valeur de l'angle horaire  $H$ . Elle peut se manifester sous la forme d'une courbe fermée unique ou de deux branches parallèles aux asymptotes infinies, dont seule l'une revêt une signification gnomonique. Une factorisation supplémentaire sous la forme remarquable  $(a+b)(a-b)$  permet d'isoler la courbe horaire pertinente, notamment lorsqu'elle n'est pas fermée, en ne conservant que la branche correspondant à la position de l'extrémité de l'ombre. Cette approche facilite l'identification de la courbe à tracer, essentielle pour indiquer l'heure vraie sur le cadran.

Les deux équations distinctes se présentent comme suit :

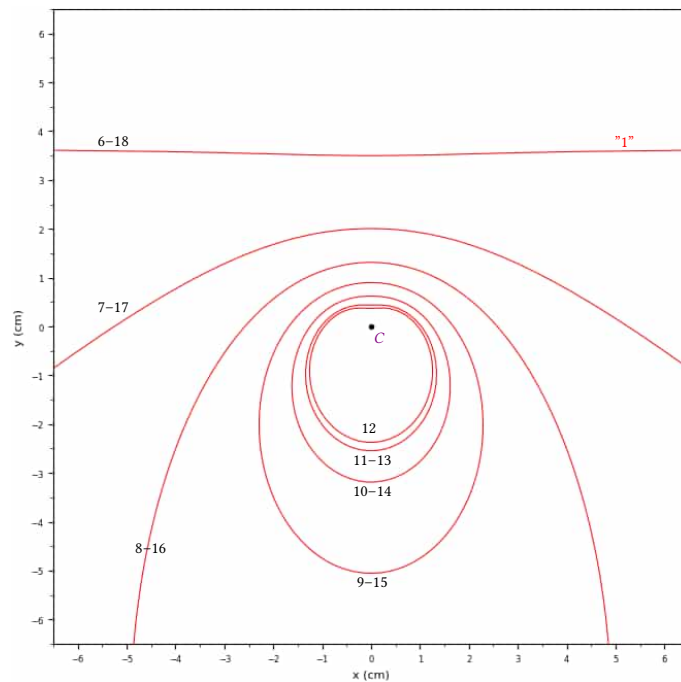
#### 1. Courbe "1" :

$$\sqrt{x^2 + y^2} (y \sin \varepsilon \sin \varphi + \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon}) - g \sqrt{(y \sin \varepsilon \cos \varphi - \sin \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon})^2 + (x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) \sin^2 H} = 0 \quad (49)$$

#### 2. Courbe "2" :

$$\sqrt{x^2 + y^2} (y \sin \varepsilon \sin \varphi + \cos \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon}) + g \sqrt{(y \sin \varepsilon \cos \varphi - \sin \varphi \cos H \sqrt{x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon})^2 + (x^2 + y^2 \cos^2 \varepsilon) \sin^2 H} = 0 \quad (50)$$

**FIG. 12** – Courbes horaires dans un cadran solaire de hauteur horizontal – Cadran d'Habermel. Latitude :  $\varphi = 43^\circ 43'$ ,  $g = 1$ . Seule l'équation de la courbe "1" a été utilisée. Les lignes des dates (zodiaque/longitudes écliptiques) pour le réglage de la bonne orientation du cadran lors de la lecture de l'heure vraie n'ont pas été représentées. Sous cette latitude,  $H_l \approx 65;5$  : la courbe horaire 8 h-16 h est une courbe fermée, les autres courbes horaires 7 h-17 h, 6 h-18 h, etc. sont des courbes ouvertes.



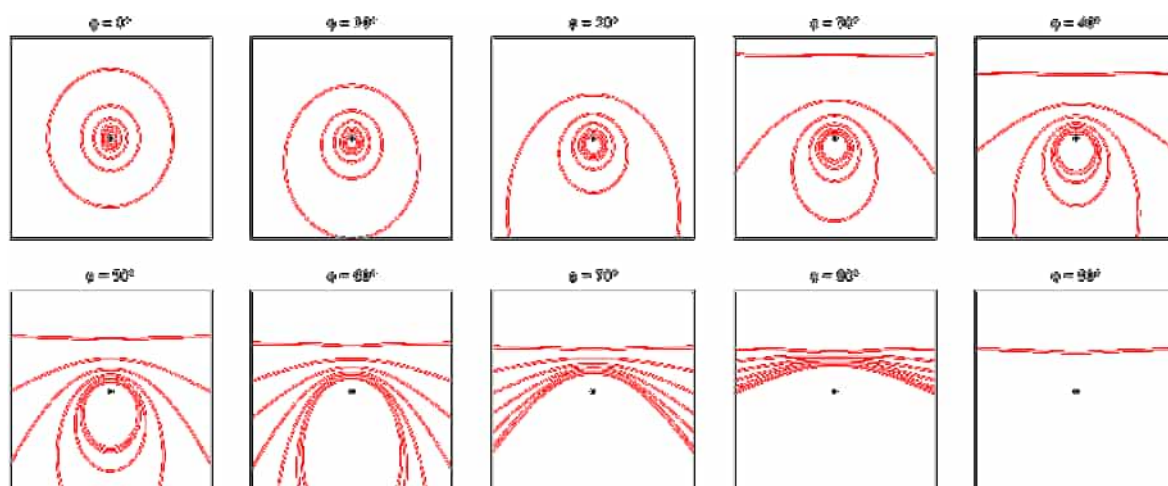
Selon la valeur de  $H$ , ces équations donnent naissance à une courbe horaire fermée ou à deux branches asymptotiques distinctes.

Pour une latitude donnée, tant que l'angle horaire est inférieur à  $H_l = \arccos(\tan \varepsilon \tan \varphi)$ , la courbe horaire "1" est fermée, la courbe "2" ne possède aucun couple  $(x; y)$  solution. Les courbes "1" et "2" présentent deux branches infinies pour des valeurs supérieures à l'angle horaire  $H_l$ <sup>14</sup>. Cependant, seule la courbe "1" est retenue pour représenter une ligne horaire sur le cadran (cf. Fig. 12). L'équation (50) (courbe "2") est ainsi sans intérêt particulier pour le tracé des courbes horaires sur le cadran horizontal. On ne l'a pas représentée dans la figure 12.

Prises indépendamment, les courbes "1" et "2" sont des quartiques, c'est-à-dire des courbes algébriques de degré 4. Cette propriété souligne la complexité algébrique de ces lignes horaires, tout en offrant une base analytique pour leur étude et leur représentation graphique.

**Aspect des courbes horaires sous différentes latitudes.** La figure 13 montre l'évolution de la forme des courbes horaires tous les  $10^\circ$  de latitude Nord. Pour  $\varphi < \varepsilon$  toutes les courbes horaires sont fermées. Elles sont toutes ouvertes (branches asymptotiques) pour  $\varphi > 90^\circ - \varepsilon$ . Le réseau des courbes horaires a été tracé en utilisant uniquement l'équation cartésienne (49).

<sup>14</sup>Cette distinction est essentielle, car elle met en évidence le fait que l'ombre du gnomon devient infiniment grande au solstice d'hiver ( $\delta = -\varepsilon$ ), à la latitude  $\varphi$ , à partir de l'angle horaire  $H_l$  (on aura reconnu l'arc semi-diurne). Ce phénomène correspond à un Soleil à l'horizon au solstice d'hiver. Lorsque la longueur de l'ombre du gnomon est toujours finie pour  $H < H_l$ , alors la courbe horaire est de toute évidence une courbe fermée.



**FIG. 13** – Planche de dessin des courbes horaires du cadran de hauteur horizontal d’Habermel pour différentes latitudes. Du centre vers l’extérieur, on lit 12 h, 13 h, 14 h, etc. Les lignes des dates (zodiaque/longitudes écliptiques) pour le réglage de la bonne orientation du cadran pour la lecture de l’heure vraie n’ont pas été représentées.

#### En annexe de la version numérique :

Vous trouverez les différents fichiers de programmation en langage *Python* qui ont servi au tracé des figures de cette étude

-  [Cad\\_hauteur\\_vertical\\_version\\_a.py](#)
-  [Cad\\_hauteur\\_vertical\\_version\\_b.py](#)
-  [Cad\\_hauteur\\_vertical\\_version\\_c.py](#)
-  [Cad\\_hauteur\\_vertical\\_version\\_d.py](#)
-  [Cad\\_hauteur\\_horizontal.py](#)



---

## Canoniaux et heures bénédictines (suite du N°15, *Cadran Info* mai 2007)

par DENIS SCHNEIDER

---

---

### MOTS CLEFS

Coutumier ; Règle de S<sup>t</sup> Benoît ; Subdivisions.

---

### RÉSUMÉ

Cet article complète le chapitre de l'article "Cadran canoniaux" paru dans le n°15 de *Cadran-Info* suite à la redécouverte d'un troisième canonical appartenant aussi à une abbaye se rattachant à l'arbre cistercien et présentant des subdivisions assez similaires à celles décrites en mai 2007. La lecture de la Règle de S<sup>t</sup> Benoît n'apporte pas de réponse au positionnement de ces subdivisions si ce n'est pour la fluctuation de l'heure de None. L'étude du coutumier général cistercien n'apporte pas davantage de solution. Ces canoniaux à 12 secteurs égaux révèlent par leurs subdivisions que la Règle de S<sup>t</sup> Benoît permettait aux communautés certains ajustements et interprétations.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Je reprends le sujet suite à la redécouverte dans l'inventaire d'un des canoniaux de l'abbaye bénédictine du Buisson-de-Cadouin (Dordogne) (Fig. 1), consacrée en 1154, qui présente des similarités avec les canoniaux de l'abbaye de La Tenaille (Charente-Maritime) (Fig. 2 [page suivante](#)) datant de 1125, d'abord bénédictine puis, peut-être, cistercienne en 1162 et celle, cistercienne, d'Acquafredda (à Lenno, lac de Côme) (Fig. 3 [page suivante](#)) datant de 1193 et dont j'avais déjà parlé. Il faut signaler ici que l'abbaye de Cadouin rejoignit l'ordre cistercien entre 1199 et 1201.

Les trois canoniaux ont beaucoup de points communs : ils sont circulaires avec trou central cerclé et à douze secteurs avec des traits courts dans certains d'entre eux. Si celui du Buisson-de Cadouin n'a pas de subdivision dans le huitième secteur, ni dans le dixième, il en possède de semblables pour les secteurs du matin en particulier avec ceux du canonical de La Tenaille. La seule différence avec ce dernier réside dans l'inégalité de longueur de deux traits à la fin des troisième et cinquième secteurs ; ces traits plus courts que les autres doivent avoir une signification à rechercher soit dans la Règle de S<sup>t</sup> Benoît, soit, à défaut, dans des coutumes.

Dom A. de Vogüé, dans son étude très poussée de la Règle, l'avait conduit à s'étonner : « les offices paraissent se faufiler dans l'horaire au lieu d'en déterminer la structure ».

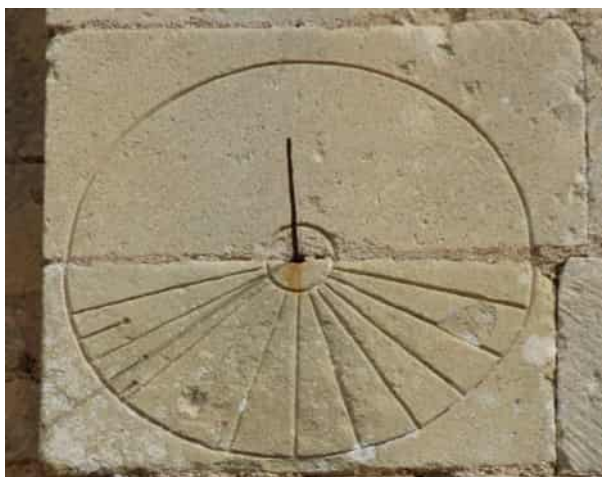


FIG. 1 – Crédit photographique : I & Ph. Lefèvre.



FIG. 2 – Photo de J. Viale.

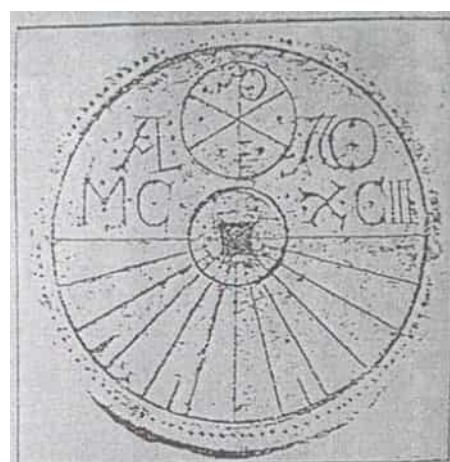


FIG. 3 – Photo de M. Arnaldi.

Dans la Règle, c'est le chapitre XLVIII, « Du travail manuel quotidien » (et non le chapitre XVI, « Comment célébrer les divins offices pendant le jour ») qui apporte quelques informations calendaires sur les modifications des horaires de l'Office : « De Pâques au premier octobre, ...None sera un peu avancée, vers 1 heure et demie de l'après-midi (*mediante octava hora*)... », et Tierce retardée à 10 heures du matin (4<sup>e</sup> heure), selon Dom A. de Vogüe et souvent dite aux champs.

« Du premier octobre au début du carême, ...Tierce se célébrera à 8 heures (*hora secunda*) ». Durant le carême, Tierce se dira à 9 heures (3<sup>e</sup> heure), None sera probablement retardée jusqu'à 4 heures de l'après-midi (10<sup>e</sup> secteur) d'après A. de Vogüe, sinon complètement omise.

Cette fluctuation des horaires de l'Office divin décrite dans la Règle n'est conforme que pour l'office de None en été (8<sup>e</sup> secteur, « *mediante octava hora* ») pour les canoniaux de La Tenaille et d'Acquafredda et, pour celui de La Tenaille seul (10<sup>e</sup> secteur) durant le carême.

Pour ce qui concerne la fluctuation de l'office de Tierce selon les trois périodes de l'année décrites par S<sup>t</sup> Benoît, le retard ou l'avancement de Tierce ne correspond pas aux subdivisions des trois canoniaux ; relèveraient-elles de coutumes monastiques ?

Les subdivisions pointées du matin des canoniaux du Buisson-de-Cadouin et de La Tenaille sont remarquablement identiquement positionnées ; la seule différence réside dans la longueur plus courte de deux des quatre subdivisions à la fin des troisième et cinquième secteurs du canonical du Buisson-de-Cadouin. Que peuvent signifier ces subdivisions courtes ?

Est-ce pour signaler un office pour une période de l'année ?

La subdivision (courte ou longue) à la fin du 5<sup>e</sup> secteur (fin de la 5<sup>ème</sup> heure ou 10 h 45) reste aussi mystérieuse.

La Règle de S<sup>t</sup> Benoît ne légifère pas tout, des coutumes l'adaptant : «...l'interprétation des règles et autres commentaires diverge considérablement d'une communauté à l'autre. » écrit Steven Vanderputten page 272 dans « Cahiers de civilisation médiévale, 265, 2024 ».

Au vu de la relative proximité géographique des abbayes de La Tenaille et du Buisson-de-Cadouin et de leur situation sur le chemin de Saint-Jacques-de-Compostelle, on peut penser que la ressemblance frappante de leur canonial est liée à des contacts paraissant moins évidents pour l'abbaye d'Acquaafredda.

Alain Rauwel, historien du Moyen-Age à l'université de Bourgogne :

« Comme vous je pense que le décalage des petites heures à certaines saisons de l'année, soit en raison de l'importance inégale du travail agricole soit en raison du placement des repas, explique vos "marques secondaires". La clef pourrait être cistercienne : bien qu'aucune de vos trois abbayes ne s'inscrive en ligne parfaitement droite dans l'arbre cistercien, les trois s'y rattachent. Il me semble que le plus opportun serait alors de consulter *Les ecclesiastica officia cisterciens du XII<sup>e</sup> s.* (éd. Choisselet et Vernet, La Documentation cistercienne, 1989), qui constituent une sorte de coutumier général de l'Ordre à la génération d'après saint Bernard. »

J'ai consulté ce volume à la bibliothèque dominicaine du Saulchoir à Paris et n'y ai trouvé aucune coutume particulière expliquant ces marques secondaires.

Encore à suivre ?!



---

## Datation des instruments de mesure

par JEAN SCORDIA

---

---

### MOTS CLEFS

Analyse ; chiffres ; datation ;  
écriture ; époque ; style.

---

### RÉSUMÉ

Approches de la datation d'instruments de mesure comme les cadrans solaires, astrolabes ... par le style des écritures, l'évolution de la graphie des chiffres ...

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 L'écriture

Par le style d'écriture des inscriptions, il s'agit d'estimer une date, sans doute approximative, pour l'objet concerné. À partir de l'observation d'autres astrolabes datés, d'écrits de théoriciens d'astrolabe et d'astronomes, d'enluminures de livres d'Heures, de manuscrits, j'ai tenté d'envisager ou de confirmer la datation assez précise de l'astrolabe des Frères prêcheurs de Toulouse (n°D 005. 1. 1.) étudié par Éric Mercier [voir *Cadran Info* n°50, p. 79, Fig. 1]. La fourchette de dates est estimée de 1350 à 1450 en comparaison avec l'astrolabe n°45307 du Musée des Sciences d'Oxford (cf. Fig. 2 [page suivante](#)), c'est-à-dire une fourchette d'un siècle.

Le tracé des caractères latins, et plus tard celui des chiffres « arabes », a toujours évolué au long des siècles. Cela est dû à l'outil employé : calame en roseau ou bambou ; plume d'oie ou de cygne biseautée à droite ou à gauche (dans le domaine anglo-normand), à double biseautage ; plume métallique à partir du XVI<sup>e</sup> siècle. Également au tracé lettre par lettre (à main levée) ou en continu, avec liaison entre chaque lettre d'un mot (sans levée de la plume, dans une écriture rapide) ; au fait que le scribe soit gaucher ou droitier ; à des nouvelles modes (par exemple italienne pour « l'italique » penchée) ou à des prescriptions officielles (v. g. la Chancellerie parisienne au XIV<sup>e</sup> siècle).

L'évolution des nombres/chiffres latins est imperceptible quand ce sont des lettres romaines majuscules ; elle est visible avec l'apparition des minuscules en écriture gothique. Les chiffres arabes, apparus au XIII<sup>e</sup> siècle (ils auraient été introduits par l'italien *Fibonacci*, mort en 1250), ne deviennent d'usage courant qu'à partir de la fin du Moyen Âge. Par rapport aux chiffres arabes originels, ils subiront une rotation de 45°/90°/180°, un renversement, une inversion ; les traits seront courbes ou



FIG. 1 – Horloge astronomique de Bourges : 1424.



FIG. 2 – Astrolabe 45307 (Musée des Sciences d'Oxford) : entre 1350 et 1400 ?

anguleux (par exemple le  $\alpha/4$ ,  $Z/2$ ,  $d/\delta$ ; les boucles ouvertes deviendront fermées (6, 9), le zéro petit et rond, plus haut que la ligne (o), devient de taille normale et ovale (0).

Parallèlement, les lettres subissent de légères modifications à partir des caractères classiques du latin de Rome (grandes majuscules droites, pas de ponctuation, parfois séparation des mots par un point à mi-hauteur). Dans une inscription, on mélange des minuscules avec des majuscules; certaines lettres dépassent (la *haste*) ou descendent (la *hampe*) sous la portée (deux ou trois lignes horizontales limitant les hauteurs des minuscules et majuscules : le F et le S anciens); l'espacement, la hauteur, l'inclinaison, la ponctuation se modifient. Les caractères ayant le plus variés sont : *d*, *e*, *m*, *s*, *t* (beaucoup moins *v* et *i*, dérivant en *u* et *j*).

Concernant le Moyen Âge, essentiellement trois styles de lettres (trois calligraphies) se succèdent en France, à un rythme différent selon les régions et la capitale, la proximité avec l'Espagne ou l'Italie (prédominance de l'*onciale*). Une d'elles survit plus longtemps en Alsace (la gothique), ou bien dans les titres de certains journaux comme le « *New York Times* ». Ce sont la *caroline* mêlée d'*onciale* (IX<sup>e</sup> s.), les gothiques *textura* (du XIII<sup>e</sup> à la fin du XVI<sup>e</sup> s.) [avec la variante *cursive* en écriture rapide] et *rotunda* (du XI<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> s.) [avec la variante *fraktur*]. Bien entendu, ces dates ou périodes sont à relativiser. L'*onciale* et la *caroline* sont l'évolution directe de l'alphabet latin; la gothique a modifié les caractères romains après avoir subi l'influence des caractères de la langue des Goths. Chaque lettre a une hauteur dans la portée, un angle d'écriture ou gravure par rapport à la ligne de base, un poids caractérisé par un trait épais ou mince. Concernant le volume dans lequel s'inscrit la lettre, c'est un carré habituellement ou un rectangle vertical pour la *textura*.



FIG. 3 – Livre d'Heures de Charles VIII, époux d'Anne de Bretagne (Château d'Amboise) : vers 1490.

Au XIV<sup>e</sup> siècle, généralement, le C ressemble à un D inversé : **C** ; le **E** ressemble à un C fermé par un trait mince ; le **i** (i en forme de l/el) ne porte pas de point ou c'est un accent aigu très fin ; le **m** a deux jambes courbées vers l'extérieur ; le S est penché vers la gauche, écrasé et presque fermé ; le U n'existe pas, c'est un **U** (sans l'accent au-dessus !) ; la jambe du T est courbe **T** ; les 6 et 9 sont penchés vers la droite et la boucle n'est pas fermée. À la fin d'un mot latin, un 9 en exposant, penché vers la droite, remplace la terminaison -us/VS : *domin*-<sup>9</sup>.

Au XV<sup>e</sup> siècle, le l (= i) en forme de l (el) et sans le point qui le surmonte commence à en porter un, surtout dans le sud, en Italie. L'inclinaison des lettres et des chiffres diminue un peu, leur alignement sur la ligne également. On se rapproche des dispositions régulières du XVI<sup>e</sup> siècle ; de nouvelles règles de calligraphie sont instituées et la lecture des inscriptions devient beaucoup plus aisée. Cependant des traits anciens se perpétuent dans les siècles suivants, même après le XVIII<sup>e</sup> siècle.

| Caroline<br>≈ 900-1400<br>X <sup>e</sup> -XIV <sup>e</sup> s. | Textura<br>≈ 1200-1400<br>XIII <sup>e</sup> -XIV <sup>e</sup> s. | Rotunda<br>≈ 1400-1600<br>XV <sup>e</sup> -XVI <sup>e</sup> s. |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| a                                                             | τ                                                                | α                                                              |
| b                                                             | u                                                                | u                                                              |
| c                                                             | x                                                                | c                                                              |
| d                                                             | γ                                                                | d                                                              |
| e                                                             | z                                                                | e                                                              |
| f                                                             | Absence de ket v.                                                | f                                                              |
| g                                                             | g                                                                | g                                                              |
| h                                                             | h                                                                | h                                                              |
| i                                                             | i                                                                | i                                                              |
| l                                                             | l                                                                | l                                                              |
| n                                                             | n                                                                | n                                                              |
| o                                                             | o                                                                | o                                                              |
| r                                                             | r                                                                | r                                                              |
| s                                                             | s                                                                | s                                                              |

FIG. 4

|          |                       |           |                         |
|----------|-----------------------|-----------|-------------------------|
| z h = 25 | z h = 27              | z = 1     | ξ = signe de séparation |
| α, ε = c | ε, z, c, ε, α, ε = et | α, ε = de |                         |
| c = c    | d = d + d             | ε = e     | m = m                   |
| n = n    | o = o + o + o         |           |                         |
| z = r    | g, f = s              | τ = t     | β = v                   |

FIG. 5

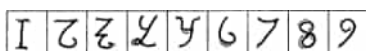
## 2 Évolution de la graphie des chiffres arabes

Dans l'évolution des chiffres, les deux principes sont leur **rotation** (de 90°, de -90°, de 180°) et l'« effet de miroir ». En Europe, aux XV<sup>e</sup>, XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles, on peut trouver des chiffres appelés *arabes* sous les formes données dans le tableau 1 suivant :

TABLE 1

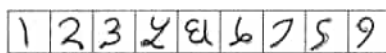
|             |   |   |   |   |   |   |      |
|-------------|---|---|---|---|---|---|------|
| 1           | ⅃ | ⅃ | ⅃ | ı |   |   | Ⅱ=11 |
| 2           | ⅃ | ⅃ | ⅃ | ~ |   |   |      |
| 3           | m | ⅃ | ⅃ | 3 |   |   |      |
| 4           | ⅃ | ⅃ | ⅃ | 4 | ⅃ | ⅃ | 4    |
| 5           | ⅃ | ⅃ | ⅃ | 5 | ⅃ | ⅃ | ⅃    |
| 6           | ⅃ | ⅃ | ⅃ |   |   |   |      |
| 7           | ⅃ | ⅃ |   |   |   |   |      |
| 8           | ⅃ | ⅃ | ⅃ | ∞ | ⅃ | ⅃ |      |
| 9           | ⅃ |   | 6 | ⅃ |   |   |      |
| 10 gothique | ⅃ | ⅃ | ⅃ | ⅃ |   |   |      |

Chiffres présents dans un codex célèbre, daté 976.

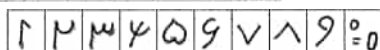


Le *Códice Vigiliano* (Monastère de Santo Domingo de Silos, en Espagne) : le zéro n'est pas encore présent !

Chiffres arabes d'Orient (vers le début du IX<sup>e</sup> siècle) :



Chiffres arabes d'Occident, au *Maghreb*, après rotation de 90° :



[Chiffres indiens, à l'origine : 0 = 0, 4 = 4, 8 = 8].

### 3 Exemples de tracés anciens

Exemples de tracés anciens (X<sup>e</sup> & XVI<sup>e</sup> siècles) sur manuscrit et cadrans solaires (Espagne), et sur des maisons (Alsace).

**Codex Vigiliano (Santo Domingo de Silos, Burgos, 976) :** Comme pour l'arabe, l'écriture des chiffres a été de droite à gauche (elle sera conservée dans les opérations mathématiques : addition, multiplication par exemple). Lire en bas : « *Lae De cronice vocABuLo* » (?).

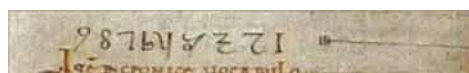


FIG. 6

**Lerin (Navarra, 1576) :** Les chiffres sont anguleux.



FIG. 7

**À Vid de Ojeda (Palencia, 1594) :** « AÑO 1594 ». Le 0 est bien rond, le 5 sinueux, le 9 penché mais avec boucle fermée, le 4 en forme d'alpha renversé se redresse et devient anguleux.



FIG. 8

**Villamiel de Muño (Burgos, 1598) :** Le 5 est relevé et inversé, la hampe du 9 descend légèrement sous la ligne imaginaire, le haut du 8 n'est pas fermé et sa boucle inférieure est circulaire.



FIG. 9

**France (Alsace) :** deux linteaux de porte. « 1612 » (au lieu de 11612) & « 1739 ». Notez la graphie du 2, le 9 non fermé. Sur ce blason, le 1 et le 9 sont archaïques. Au milieu, un « 4 de chiffre », qui est la marque codée d'un marchand chrétien.



FIG. 10

**Crédits photographiques :** Cadran Info n°44 (2021) & 50 (2024); PDF : « Dating a Latin astrolabe » (Davoust E., 2024); *Les cahiers Sciences & Vie* (n°134, 2013) : *L'invention du temps*; [Bing.images](#).

**Sources :** *La calligraphie* (Édit. Place de la Victoire, Paris, 2008); *Lire le français d'hier*, Manuel de paléographie moderne XV<sup>e</sup>–XVIII<sup>e</sup> siècle (Armand Colin Éditeur, Paris, 2003); *Encyclopédie Bordas* (volume « linguistique »), 1972; *Enluminures*, collection Wildenstein (Musée Marmottan Monet, Paris, 2010); *Cadran Info* n°50 (oct. 2024).

## 4 Illustrations

L'alphabet gothique peut être écrit, gravé, imprimé. Les lettres sont inscrites dans un rectangle □ vertical ou un carré □ imaginaire dans une *portée*. L'épaisseur des traits est variable, avec des pleins et des déliés; les accents apparaissent tardivement.

**Psautier de Ste-Elizabeth : vers 1250.** Lire (cf. Fig. 11) : « *S Catherina / omine / exavdi oracionem meam et* ». Ste Catherine / Par vœu / exauce mes paroles et. Écriture qui ressemble à la « caroline ». Noter : E fermé, L avec crochets, M arrondi.

**Astrolabe n°45307 (Musée des Sciences, Oxford) :** (cf. Fig. 12) début XIV<sup>e</sup>s. (vers 1300; Espagne ?). La gravure de LEO et SEPTEMB9. Observer le E, M; Z(=2), 4 (α renversé), 5, 8, 10.



FIG. 11



FIG. 12



FIG. 13

**Canonical de l'église de St-Paul-de-Fenouillet (Aude) : 1313/MCCCXIII.** Noter le C, D, M, T. Lire (cf. Fig. 13 page ci-contre) : « Anno/Dñi/MCCCXIII/II/ID/MAGLI/FUIT/InCEP TA/ECLA/SCI/-PETRI/APL ». « En l'an du Seigneur 1313, le 14 mai [II des Ides], fut commencée la construction de l'église St-Pierre Apôtre ». Remarquer le l (=i) sans point, A, D, E, L, M, T (pied courbé).

**Astrolabe n°45133 (Musée des Sciences, Oxford) : 1320 (Angleterre).** En agrandissant l'image (Fig. 14), il est possible de lire par exemple une écriture caractéristique du XIV<sup>e</sup> s. On devine la graphie de « ARIES » (des lettres avec des crochets aux extrémités ; le E arrondi et fermé par un trait fin), le 6 et le 9 (boucle non fermée).

**Astrolabe n°40829 (Musée des Sciences, Oxford) : XIV<sup>e</sup> siècle ? (Sicile).** Il paraît être du début de ce siècle (1300 ?) — cf. Fig. 15. Sont notables les o (zéro), 5 (en forme de y), 6 (non fermés), 9 (penchés vers la droite et non fermés) ; les lettres du zodiaque : Aries, etc.

**Astrarium de Dondi (Padoue en Italie ; une réplique à Paris) : 1365-1380.** Mêmes observations que plus haut concernant la gravure des chiffres (1, 3, 5, 6, 0) et lettres (le *i* pointé apparaît sur cet instrument) — cf. Fig. 16. Le M arrondi (Ω avec barre au milieu) est propre à l'écriture « onciale » (IV<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> s.) ; celle-ci emploie seulement des majuscules, aux formes arrondies ; les copistes utiliseront cette forme pendant le XIV<sup>e</sup> siècle.



FIG. 14



FIG. 15



FIG. 16

**Jean Fusorius, « Traité d'arithmétique » (France) : 1401.** On déchiffre (Fig. 17 page suivante) « Pour faire le cercle d'aries et de libra // Puis / fay / ce ... ». Des traits épais et fins, les F et les S allongés et qui descendent sous la ligne, les d/δ à la haste courbée vers la gauche ; les caractères sont séparés les uns des autres, mais apparaissent certaines liaisons : « et » (&).

**Astrolabe quadrant (Musée d'Angers) : 1415.** On peut lire « *Completum rirrefum (?) a mensis aprelis anno domini ...* » (cf. Fig. 18 page suivante).

**« Livre des Heures du duc de Berry » : 1416.** Calendrier de septembre (cf. Fig. 19 page suivante). « *finis / graduum / virginis / ...nutationes / lune/ september* ».

**Le livre « L'horloge de la sagesse », XV<sup>e</sup> siècle, par le dominicain Henri Suso (cf. Fig. 20 page suivante).** Après la citation latine, le texte est :

« Ce sont les parolles que Sal[o]mon le sage dict en son livre de sapience au VIII<sup>e</sup> chapitre. en quoy il dict.[= : “ ”] J’ay aimé sapience et si l’ay quité set (ou -ses ? = c’est) en ma jeunesse pour de elle faire mon/ ».

On observe que 1(i) ne porte toujours pas de point mais qu’apparaît le J (en forme de 3).



FIG. 17



FIG. 18



FIG. 19



FIG. 20



FIG. 21

**Astrolabe D 005.1.1. des Frères Prêcheurs (Toulouse).** En agrandissant le cliché du dos de l'instrument (cf. Fig. 22 page ci-contre), il est possible de lire avec assez de netteté quelques mots et chiffres. « Cont9. Tolos. Ord. F.F.P.P. » [les transcrits ont oublié l'abréviation latine 9 en exposant de -t : = us]. Cette écriture est différente de l'autre, plus ancienne. Elle est de style « ronde », aux lettres régulières, légèrement penchées à droite (comme l'est l'« italique »), aux majuscules ornées d'arabesques (F) : on la rencontre au XVIII<sup>e</sup> siècle. J'ai alors pensé que ce titre de propriété avait été gravé lorsque Jacques Vidal (1747-1819) soit devenu le possesseur de cet astrolabe.

Il possédait aussi un astrolabe arabe, 180088, du début du XIII<sup>e</sup> siècle Les lettres au sommet du dos sont d'un type plutôt « textura » ; je lis « Junivs / Gemini / Cancer ». On peut observer l'appariation d'un J, le S descend sous la ligne, le G ressemble au J, le C a un trait fin vertical à l'intérieur ; le 2 a la forme de Z, le 3 est fait de traits brisés, le chiffre 5 est encore redressé de presque 160° ; le zéro (o) est petit, rond et à mi-hauteur de la portée.

Ces détails, basés uniquement sur l'écriture, font supposer une datation entre le XIV<sup>e</sup> et le XV<sup>e</sup> siècle, aux alentours de 1400 ou le premier quart du XV<sup>e</sup> siècle. L'autre astrolabe, n°45307, avec lequel il est comparé, et qui non plus n'est pas daté, serait du début sinon de la seconde moitié du XIV<sup>e</sup> siècle (cf. Fig. 23). Bien que la patine du temps soit plus marquée sur l'instrument le plus récent, à la vue des clichés disponibles. Ce qui correspond à la fourchette plutôt large de 1350-1450 proposée par la spécialiste Hernandez-Perez (*Cadran Info* n°50, p. 84, en bas).



FIG. 22



FIG. 23

*de A à Z ...*

*(...) le site web amateur ou professionnel des membres de la CCS consacré à la gnomonique ou abordant ce domaine*

**BENOIT Didier : <https://cadransolaire-benoit.fr/>**

**Didier BENOIT Gnomoniste**  
 Création et restauration de cadrans solaires

|                         |                             |                   |                          |                |               |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------|----------------|---------------|
| Création cadran solaire | Restauration cadran solaire | Cadrans à l'étude | Cadrans solaires en Tain | Cadrans canaux | Devise cadran |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------|----------------|---------------|

(bandeau complet ou partiel)

---

# 12 heures de la nuit dans un sarcophage

par JEAN SCORDIA

---

---

## MOTS CLEFS

Égypte; heures; nuit.

---

## RÉSUMÉ

Présentation des inscriptions découvertes dans un sarcophage égyptien présentant la division de la nuit en douze heures.

©2025 CCS/SAF. Publié par la CCS. Cet article est publié sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Introduction

L'Égypte nous a légué la division de la nuit en douze heures. Pour la première fois, ces heures nocturnes sont peintes sur le dessous du couvercle d'un sarcophage découvert au début de l'année 2023 dans la région de Myniah (Moyenne Égypte) [Fig. 1].



**FIG. 1** – Découverte et ouverture du sarcophage de TADI. *Crédit photographique* : agoraafricaine.info.

## 2 Découverte d'une représentation des 12 heures de la nuit dans un sarcophage égyptien

Le sarcophage en bois, contenant la momie d'une femme nommée TADI-IST, daterait de la Basse-Époque de l'Histoire égyptienne (entre -664 et -336). *Tadi* était une fille du grand-prêtre *Djehouti*. La bonne conservation des inscriptions peintes et la maladresse relative du dessin penchent pour cette époque tardive. La partie inférieure du couvercle représente une femme allongée, les bras levés, dotée d'une chevelure abondante ; elle est vêtue d'une robe verte (teinte qui évoque la mort) descendant jusqu'à la cheville [Fig. 2]. Qui est-elle ? Serait-ce le portrait de la défunte ?



**FIG. 2** – Peinte sur le dessous du couvercle, une figure féminine accompagnée de 12 orantes que surmonte l'inscription d'une heure ; le décor peint de la déesse *Nout* (ou de la défunte *Tadi*) est de style peu soigné ou « décadent ». *Crédit photographique* : magazine Égypte Ancienne, n°53.

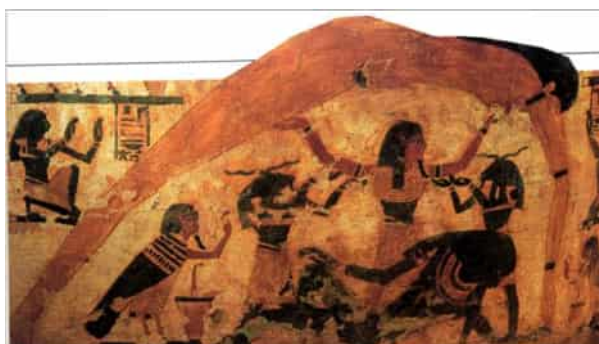


**FIG. 3** – Le couvercle du sarcophage en basalte de Djedhor, scribe royal : image de *Nout*, IV<sup>e</sup> s. av. J.-C. ; Musée du Louvre. *Crédit photographique* : <http://go.microsoft.com>.

Sur deux colonnes, 12 personnages féminins, de dimension réduite, font le geste d'adoration devant le grand corps allongé ; l'auteur de l'article relatant la découverte avance qu'il s'agit de prêtresses représentant les 12 heures de la nuit (*ounout gérèh* ), peintes en écriture cursive hiératique au-dessus de chacune d'elles. Il est écrit successivement « *Heure 1* » jusqu'à « *Heure 6* » [ *ounout I* III III ], dans la colonne de gauche (lecture de droite à gauche, de haut en bas) ; « *Heure 7* » jusqu'à « *Heure 12* » [ *ounout III III* ], dans la colonne de droite (lecture de gauche à droite ; est le nombre 10). On remarque que l'écriture hiéroglyphique du nom « heure/ounout » se termine par deux signes « déterminatifs » (qui ne se prononcent pas, qui précisent le sens) : le disque solaire (jour/mesure du temps ) et l'étoile (nuit/ciel )

Je ne pense pas que la personne représentée sur le sarcophage soit Tadi mais plutôt la déesse du ciel *Nout* (*nwt* ) , symbole de la voûte céleste, du Ciel, épouse de Geb, la Terre. Plusieurs sarcophages de hauts personnages de l'administration pharaonique portent au dos du couvercle la délicate gravure de la déesse céleste, en position allongée et vue de face par la momie [Fig. 3] ; sur les papyrus funéraires, les tombes ou les sarcophages, elle est habituellement représentée de profil,

arquée : les pieds et les mains appuyés sur le sol, la tête penchée vers la terre ainsi que la chevelure [Fig. 4] ; son corps est soit nu, soit constellé d'étoiles ou contenant 3, 6, 12 disques solaires de couleur rouge [Fig. 5].



**FIG. 4** – Peinture de la déesse du ciel *Nout* sur le côté interne d'un sarcophage en bois : elle prend la forme de la voûte céleste ; l'oiseau *ba* – âme-*ba* – est visible à gauche. *Crédit photographique* : magazine Égyptomania, vol. 1.



**FIG. 5** – Au British Museum de Londres, le couvercle du sarcophage en granite de *Ankhnesneferibre*, qui est la fille du pharaon Psammétique II (-595, -589) ; 3 soleils figurent sur le corps de *Nout*. *Crédit photographique* : <http://microsoft.bing.image>.

Selon la croyance religieuse égyptienne, le soleil Rê parcourt durant la nuit le monde souterrain. Plusieurs papyrus funéraires, « Le Livre de l'Amdouat »<sup>1</sup>, « Le Livre des Portes », décrivent les 12 heures nocturnes ; chaque heure correspond à une étape du dangereux périple souterrain du soleil ou bien chaque porte ouvre sur une heure du trajet risqué. La 1<sup>re</sup> heure correspond au crépuscule, à l'entrée dans monde sous Terre ; la 12<sup>e</sup> à l'aurore, à la sortie au Jour.

Pour l'Égyptien pieux et cultivé, la mort n'était pas une fin absolue mais le passage à une nouvelle vie, idéalisée, à condition que le corps demeure intact après le décès.

Il rejoignait le Ciel, les « étoiles impérissables »<sup>2</sup> ou se fondait avec le Soleil et naviguait sur sa barque. La déesse **Nout**, sa Mère divine, l'accueillait et le protégeait de ses ailes ; identifié au Soleil, il espérait sortir au jour chaque matin, pour rejoindre la tombe le soir venu (l'image de l'âme du défunt était un oiseau-**ba** à tête humaine, sortant à sa guise de la tombe).

Dans l'iconographie des plus belles tombes, *Nout* avale par sa bouche le disque solaire au crépuscule ; celui-ci parcourt son corps pendant la nuit ; *Nout* le fait renaître à l'aurore (le Soleil est peint sous le pubis ou au pied de la déesse) [Fig. 6 page suivante].

<sup>1</sup>Monde de l'Au-delà.

<sup>2</sup>Les étoiles circumpolaires.



**FIG. 6** – Sur un papyrus funéraire déposé dans une tombe, le dessin à l'encre de Nout arc-boutée au-dessus de Geb, dieu de la Terre, à demi-allongé, à droite; le nom de Nout  est inscrit sous le nombril de la déesse; l'oiseau « âme-ba » est situé à gauche, il représente l'âme du défunt. Extraits du papyrus « *Le Livre des Morts/Sortir au jour* » (ch. LXVIII, LXXIX, CLXXVII) : « Le ciel est le sein de Nout, ma Mère divine, ... qui m'a conçu et mis au monde ». « Nout, ma Mère céleste, m'enfante pour une autre existence, pour les Mondes de l'Au-delà ». « Ô Nout! ... dont les ailes sont puissantes ». Crédit photographique : XXXXXX.



**FIG. 7** – Le cercueil de Tadi, les 12 heures de la nuit. Crédit photographique : magazine Égypte Ancienne, n°53.

Les 12 orantes entourant Nout seraient des génies ou des déesses symbolisant les heures de la nuit [Fig. 7] : elles ne portent pas les mêmes noms que les heures du jour. Leurs noms évoquent le parcours périlleux de Rê naviguant sur sa barque. La 1<sup>re</sup> Heure : « Celle qui fracasse le front des ennemis de Rê »; II<sup>e</sup> : « La sage qui protège son seigneur »; III<sup>e</sup> : « Celle qui taille en pièce les âmes-baou »; IIII<sup>e</sup> : « Grande par ses pouvoirs »; IIII II<sup>e</sup> : « La guide qui est au milieu de sa barque »; IIII III<sup>e</sup> : « La dame des habitants du monde souterrain »; IIII IIII<sup>e</sup> : « Celle qui repousse les forces du chaos »; IIII IIII<sup>e</sup> : « Le coffre de ses dieux »; IIII IIII : « La protectrice de son maître »<sup>3</sup>;  [10<sup>e</sup>] : « La vengeresse qui ébouillante le rebelle quand il surgit »;  « L'institutrice, la dame de la barque sacrée »;  « L'heure qui voit la perfection de Rê ».



**FIG. 8** – La voûte céleste avec la Voie Lactée photographiée en Namibie, Afrique; il s'agit d'un assemblage de 18 clichés! Crédit photographique : J.-P. Mission, Ciel & Espace, n°545, p. 113.

<sup>3</sup>Nom similaire à l'heure II].

## Références

- [1] <https://www.agoraafricaine.info/2024/08/20/le-sarcophage-de-tardi-ist...>
- [2] Magazine « Égypte ancienne », n°53, 2024, p. 24 (*Diverti éditions*).
- [3] Stephen Quirke : « Le culte de Rê », collection Champollion, Éd. Rocher, 2004.
- [4] Ph. Forissier : « Les ombres et les heures dans l'Antiquité », Actes Graphiques, 2007.
- [5] Encyclopédie « Égyptomania », vol. I, p. 29, Éd. Altaya.
- [6] Insertion des hiéroglyphes par le logiciel **JShesh**.

*de A à Z ...*

*(...) le site web amateur ou professionnel des membres de la CCS consacré à la gnomonique ou abordant ce domaine*

BLATEYRON François : [www.shadowspro.com](http://www.shadowspro.com)

Accueil Télécharger Shadows- Cadrans solaires- Astrolabes-

EN DE ES IT 



**Cadrans solaires**

Apprenez la gnomonique, la science des cadrans solaires

(bandeau complet ou partiel)

BOCQUERAZ François : [cadranssolaires.com](http://cadranssolaires.com)

*CADRANS SOLAIRES ~ Itinéraire d'un curieux*



(bandeau complet ou partiel)

### 1 Dernières découvertes ou réalisations

#### — Cadran à Saintes : Paul Gagnaire (CCS)

M. J. Pakhomoff a été contacté par une personne habitant à Saintes. Celle-ci me demande son avis sur un vieux cadran solaire qu'elle a trouvé dans le jardin d'une de ses parentes suite à son décès. J'ai pensé à un cadran vertical plein sud puisqu'il paraît y avoir un socle. Mais alors les lignes horaires avant 6 h et après 18 h n'auraient pas lieu de figurer. Un horizontal ? La date pourrait être 1898 ou même vu l'état de la pierre 1798.

Voici les remarques de Paul Gagnaire qui a examiné les photographies.

Cadran solaire à Saintes (17 415), Charente Maritime. Latitude :  $45^{\circ} 44' 47''$  N. En station verticale (+ ou -) sur un socle.



**FIG. 1** – Cadran solaire à Saintes.

- Sans hésitation, la date est 1798.
- Mesure des tracés (angles des lignes horaires rondes). La présence de 17 lignes d'heures rondes, avec les demies intercalées, pose la question de l'inclinaison du cadran : ou bien un horizontal, ou bien un vertical méridional avec des lignes superflues, car au-dessus de l'horizon (VI – XVIII).

- Explorons l’hypothèse du cadran vertical méridional. La méthode utilisée — la seule à notre portée — a consisté à capturer l’image inclus dans le mail puis à grossir l’image JPG, à l’imprimer, à mesurer les angles avec un grand rapporteur, donc à enchaîner des manœuvres approximatives qui excluent une précision meilleure que 1° ou 22°, ce qui est beaucoup. En outre, la photo initiale n’a apparemment pas été prise avec l’axe optique perpendiculaire au centre du cadran. Nos résultats sont donc très médiocres. Les voici :

**TABLE 1**  
**Hypothèse cadran vertical méridional**

| Heures du matin | Degrés | Heures du soir | Degrés |
|-----------------|--------|----------------|--------|
| XII à IV        | 127,5  | XII à XX       | 124,5  |
| XII à V         | 111,5  | XII à XIX      | 108,0  |
| XII à VI        | 90,5   | XII à XVIII    | 89,5   |
| XII à VII       | 71,5   | XII à XVII     | 69,5   |
| XII à VIII      | 55,0   | XII à XVI      | 53,0   |
| XII à IX        | 38,0   | XII à XV       | 37,5   |
| XII à X         | 24,0   | XII à XIV      | 23,5   |
| XII à XI        | 11,5   | XII à XIII     | 12,0   |

La minoration systématique (sauf à XIII heures) des heures du soir par rapport à celles du matin donne à penser à un biaisement de l’axe optique. Il faudrait mesurer sur le cadran lui-même.

Ces éventails horaires conviendraient, pour un cadran vertical méridional, sans trop de dérives, vers une latitude de 39°/40° Nord

- Si on les introduit dans l’hypothèse du cadran horizontal on se situe vers 50°/51°.

Dans les deux cas on peut se demander si l’on est encore en France.

Cette interrogation se renforce si l’on considère la date gravée, probablement 1798. Elle se place en plein milieu de la période où la France vivait sous le calendrier révolutionnaire. Celui-ci a été instauré par la loi du 5 octobre 1793, avec effet rétroactif au 22 septembre 1792 et aboli seulement avec effet au 31 décembre 1805 (10 Nivose An XIV) dont le lendemain fut le 1<sup>er</sup> janvier 1806.

### — Cadran bifilaire : Jean-Pakhomoff (CCS)

Après le cadran fait en août 2024<sup>1</sup>, je viens d’installer un autre cadran bifilaire sur ma maison. Par rapport au précédent, j’ai inversé la position des tiges. Il fonctionne à la perfection.

Il est situé 1 impasse Le Verrier à Azille (11 700). Latitude : 43,275 Nord, Longitude : -2,659 Est. La déclinaison gnomonique est de 54,594 vers l’Est.

La pierre est de Lens, 85×40 cm. Les peintures sont acryliques et les tubes en laiton 6 mm contenant chacun une tige filetée en inox de 5 mm.

La distance du centre de la tige horizontale au mur est de 13,13 cm. La distance du centre de la tige verticale au mur est de 9,85 cm.

La devise écrite en russe signifie "*carpe diem*". J’ai inséré une croix de Camargue qui complète la croix occitane sur l’autre bifilaire ouest.

<sup>1</sup>Cadran Info n°50 page 104 : « Cadrans analemmatiques circulaires de Foster et Lambert » par Jean Pakhomof.

**Pour la petite histoire :** C'est suite à la construction de mon bifilaire tourné vers l'Ouest avec son fil horizontal plus proche du cadran que le fil vertical que j'ai eu l'idée de faire un autre bifilaire sur le mur perpendiculaire en inversant la position des fils.

J'ai eu à modifier les équations des coordonnées et le prototype s'est avéré concluant mais... si les arcs diurnes des solstices et équinoxes étaient exacts, malheureusement les angles tabulaires s'avéraient fantaisistes. Après réflexion j'ai compris que seul le fil horizontal déterminait le gnomon d'où partaient les angles tabulaires horaires. Ce fil horizontal correspondant en effet à l'horizon du lieu d'implantation du cadran. Après une simple rectification tout fonctionnait à merveille. Vous pourrez remarquer que l'ébauche d'une équation du temps sur 11 h 30 solaire a été gravée sur le cadran (du 1<sup>er</sup> mai au 1<sup>er</sup> août).

En effet, j'avais commandé une pierre de 85 cm de long et après calcul mon équation du temps sur la méridienne ne devait pas dépasser ces 85 cm. Or lorsque je suis arrivé au 10 juin ce point dépassait 86 cm. Donc je pensais m'être trompé dans mon appréciation et ai donc commencé le tracé de la partie qui aurait pu être absente sur 11 h 30.

Entre temps je me suis aperçu que mon ancien ordinateur sous windows 7, qui accepte heureusement le gwbasic, m'avait donné des résultats fantaisistes (je n'ai toujours pas compris ce qu'il s'était passé). En effet les données sont affichées et correctes et les résultats fluctuaient d'un essai l'autre. À ne rien y comprendre. Cela n'a duré qu'un jour vers la fin novembre. Puis, je ne sais pourquoi, tout est rentré dans l'ordre. J'ai alors abandonné le tracé sur 11 h 30 et achevé mon équation du temps en totalité sur la méridienne.

Je mets en annexe une mise à jour de mon travail sur les bifilaires. Cette mise à jour tient compte des changements dans la position des fils.

### En annexe de la version numérique :

Vous trouverez Le fichier :

📎 « [Les cadrans solaires bifilaires-MAJ08122024.pdf](#) » qui présente une théorie des cadrans solaires bifilaires horizontaux et verticaux, mise à jour à décembre 2024.

### — Diptyques du musée de Cherbourg : Éric Mercier (CCS)

Dans le cadre de demandes d'études gnomoniques, adressées à la commission, voici-ci celle concernant une exposition sur le Temps (mars 2025) du *Groupe Astronomique de Querqueville*. Elle concerne deux cadrans solaires diptyques du Musée de Cherbourg. Ils sont référencés 456 & 471.

Il ne sera présenté ici que l'analyse du premier cadran. É. Mercier, qui a réalisé les études prévoit en effet un article spécifique consacré au deuxième :

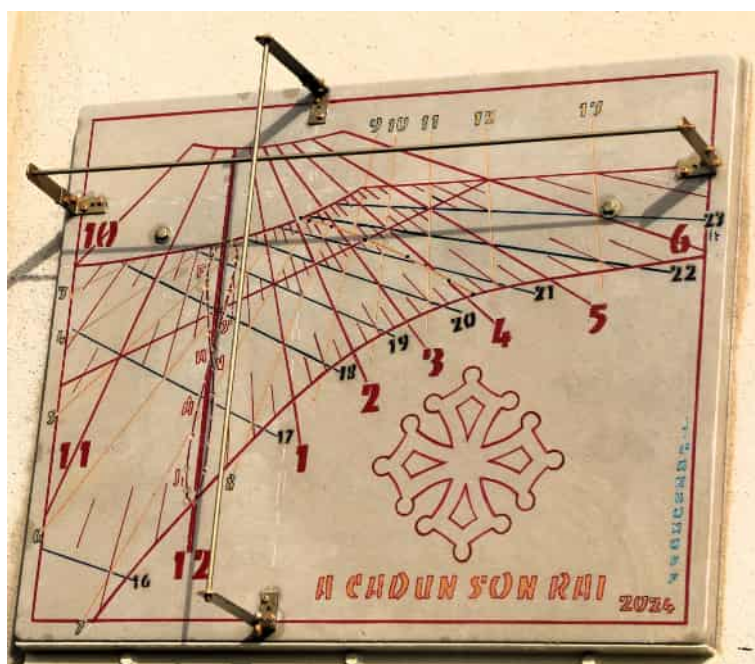


FIG. 2 – Cadran bifilaire de J. Pakhomoff.

Après une simple rectification tout fonctionnait à merveille. Vous pourrez remarquer que l'ébauche d'une équation du temps sur 11 h 30 solaire a été gravée sur le cadran (du 1<sup>er</sup> mai au 1<sup>er</sup> août).

En effet, j'avais commandé une pierre de 85 cm de long et après calcul mon équation du temps sur la méridienne ne devait pas dépasser ces 85 cm. Or lorsque je suis arrivé au 10 juin ce point dépassait 86 cm. Donc je pensais m'être trompé dans mon appréciation et ai donc commencé le tracé de la partie qui aurait pu être absente sur 11 h 30.

Entre temps je me suis aperçu que mon ancien ordinateur sous windows 7, qui accepte heureusement le gwbasic, m'avait donné des résultats fantaisistes (je n'ai toujours pas compris ce qu'il s'était passé). En effet les données sont affichées et correctes et les résultats fluctuaient d'un essai l'autre. À ne rien y comprendre. Cela n'a duré qu'un jour vers la fin novembre. Puis, je ne sais pourquoi, tout est rentré dans l'ordre. J'ai alors abandonné le tracé sur 11 h 30 et achevé mon équation du temps en totalité sur la méridienne.

Je mets en annexe une mise à jour de mon travail sur les bifilaires. Cette mise à jour tient compte des changements dans la position des fils.

### En annexe de la version numérique :

Vous trouverez Le fichier :

📎 « [Les cadrans solaires bifilaires-MAJ08122024.pdf](#) » qui présente une théorie des cadrans solaires bifilaires horizontaux et verticaux, mise à jour à décembre 2024.

### — Diptyques du musée de Cherbourg : Éric Mercier (CCS)

Dans le cadre de demandes d'études gnomoniques, adressées à la commission, voici-ci celle concernant une exposition sur le Temps (mars 2025) du *Groupe Astronomique de Querqueville*. Elle concerne deux cadrans solaires diptyques du Musée de Cherbourg. Ils sont référencés 456 & 471.

Il ne sera présenté ici que l'analyse du premier cadran. É. Mercier, qui a réalisé les études prévoit en effet un article spécifique consacré au deuxième :



FIG. 3 – Cadran n°456.



FIG. 4 – Cadran n°471.

« Le cadran en bois (471), me semble digne d'intérêt pour un article original. C'est un cadran représentatif d'une production qui a duré plus de 200 ans, qui a impliqué plusieurs ateliers (concurrents), mais qui n'a bénéficié d'aucune évolution, y compris dans la décoration, et cela en dépit d'une qualité scientifique pour le moins discutable. »



(a) Face boussole avec ses cadrans principaux



(b) Face avec rose des vents



(c) Face cadran réglable pour diverses latitudes

FIG. 5 – Cadran n°456.

Voici donc le cadran n°456 avec en annexe son étude complète. À noter que certaines des explications sont issues de l'article paru dans *Cadran Info* en 2023 <sup>2</sup>.

Il s'agit d'un cadran constitué de deux plaquettes en ivoire (env. 11×6,5 cm) reliées par des charnières ; construit en 1586 par Hans Tucher II ou Hans Tucher III, célèbres cadraniers de Nuremberg.

L'instrument présente un cadran nocturne à volvelle lunaire possédant un disque mobile et deux fixes (Fig. 3), une boussole avec cadrans solaires (Fig. 5(a)), une rose des vents dont la girouette est absente (Fig. 5(b)), un cadran solaire réglable pour les latitudes 42°, 45°, 48°, 51°, et 54° avec « mode d'emploi » (Fig. 5(c)).

### En annexe de la version numérique :

Le fichier :

📎 « [CS\\_ivoire\\_Chербourg.pdf](#) » présente l'étude complète du « cadran en ivoire n°456 de 1586 » (12 pages).

### — Analemme à Életot : Christian Lecointre



FIG. 6 – Cadran analemme à Életot de M. C. Le Cointre.

« Membre du club d'astronomie de Toussaint (76 400) près de Fécamp, j'ai proposé à la mairie de mon village Életot (76 540), de réaliser un cadran solaire analemme. Ce qui a été accepté et réalisé. Voici le "reportage" de sa réalisation. »

Le type de cadran étant retenu, le tracé par lui-même a été réalisé à l'aide du logiciel mis à disposition sur le site de Michel Lalos :

[http://michel.lalos.free.fr/cadrans\\_solaires/SOLAL\\_CAD/ML\\_Solal\\_Cad\\_Const\\_cs\\_ana.php](http://michel.lalos.free.fr/cadrans_solaires/SOLAL_CAD/ML_Solal_Cad_Const_cs_ana.php)

#### – Les matériaux :

La première étape a été de trouver les pierres. Cela a été fait en récupérant des pierres de démonte d'une cheminée dans une longère d'Életot. Ce sont des pierres de Fécamp extraites d'une carrière toute proche.

Elles ont été découpées par l'entreprise *Arts & Construction* à Toussaint, plus connue sous le nom de "Magnan" afin de constituer les blocs mentionnant les heures. Elles ont été gravées et peintes.

<sup>2</sup> « Heures de Nuremberg et diptyques en ivoire de Nuremberg » par È. Mercier, *Cadran Info* n°48 (oct. 2023), page 110.

La fourniture et la gravure des dalles indiquant le nom des mois ont été faites par Yann Julien, artisan tailleur de pierres à Bosville 76 450. Ce sont des pierres de l'Oise. Elles ont été également peintes.



FIG. 7



FIG. 8

- Sur le terrain :

Le cadran prend place auprès de la salle des fêtes "les 4 vents" dont la position relevée au GPS est de 49°790 N de latitude et 0°451 E de longitude. Après décaissage de l'emplacement, il a été tracé au laser, la "méridienne" et la ligne Est/Ouest. La réservation des différents éléments constitutifs du cadran ont été faite puis la dalle a été coulée. Le positionnement des pierres horaires et de la dalle centrale des mois est venu terminer le travail.

- Le résultat : cf. Fig. 7

Un panneau explicatif complète l'ouvrage (Fig. 8).

### En annexe de la version numérique :

Le fichier :

- « [notice\\_explicative\\_construction-+1.pdf](#) » présente, en de nombreuses photographies, les différentes étapes de la réalisation.

### — Ancien observatoire astronomique en Égypte : Jean Scordia (CCS)

En septembre 2024, nous informions par courriel interne (*Info Mail* 115\_2024) de la découverte sur le site archéologique de *Telle El-Fara'in*, d'un observatoire du VI<sup>e</sup> siècle avant J.C. Le site « *Archaeology News* »<sup>3</sup>, mentionne entre autre : « L'une des principales découvertes du site est un cadran solaire en pierre incliné... »

J. Scordia commentait cette découverte quelques jours plus tard :

« Les objets trouvés sont caractéristiques d'un site funéraire (amulettes, vaisselle miniature, statuettes de divinités, monnaie, une belle "table d'offrande" [avec gravure de

<sup>3</sup> *Archaeology News*, online Magazine : <https://archaeologymag.com/2024/08/astronomical-observatory-discovered-in-kafr-el-sheikh/>

2 jarres à eau "hesit" et deux escaliers d'accès à une plate-forme d'offrandes mortuaires en nourriture ])). En lien avec le soleil, je n'aperçois que la statuette de la divinité solaire *Horus*, sous l'aspect d'un faucon et peut-être la partie inférieure du corps d'un singe babouin. En haut du site de fouille, les 3 colonnes ressemblent à celles de l'entrée d'une chapelle mortuaire. Au fond de la fosse, au premier plan, les dalles (?) sont curieuses. »

Pour ce présent *Cadran Info*, J. Scordia fait un point :

« Les dernières informations que j'ai trouvées, sont issues du magazine « Égypte ancienne<sup>4</sup> » n°54, p. 22 (après celles du n°53). On peut les résumer ainsi :

- Le site est le temple de Buto (VI<sup>e</sup> s. avant J.-C.), 80 km à l'Est d'Alexandrie.
- La partie observatoire = 5 pièces, une tour d'observation, une entrée orientée vers l'Est, un espace central en forme de L soutenu par des colonnes, un mur en brique de terre incliné vers l'intérieur.

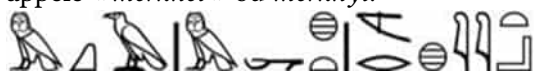


**FIG. 9** – Photo du site de Buto. Crédit : Ministère du Tourisme et des Antiquités (Égypte).



**FIG. 10** – Cadran du Louvre.

- Les objets astronomiques : horloges à ombre, un grand cadran solaire incliné (une rangée de dalles en calcaire de plus de 4,8 m surmontées de blocs de calcaires plats, dont 3 disposés à la verticale et 2 à l'horizontale. Ces derniers présentent des traces de lignes gravées marquant l'ombre projetée par l'inclinaison du soleil, indiquant ainsi les heures de la journée).
- Une salle est ornée de représentations religieuses et d'inscriptions indiquant les levers et les couchers du Soleil pendant les trois saisons de l'Égypte antique.
- Des objets de la XXVI<sup>e</sup> dynastie [664-610] ont été mis au jour, dont un instrument de mesure appelé « *merkhet* » ou *merkhyt*.



Mes remarques sur :

- La photo du site (Fig. 9), à gauche : le haut maçonnerie serait-il celui d'un puits (?) et sa descenderie du type nilomètre. Serait-ce cela l'observatoire ?

<sup>4</sup>Magazine *Egypte Ancienne* : <https://fr.divertistore.com/history/egypte-ancienne.html>



FIG. 11 – Fragment de cadran solaire égyptien.

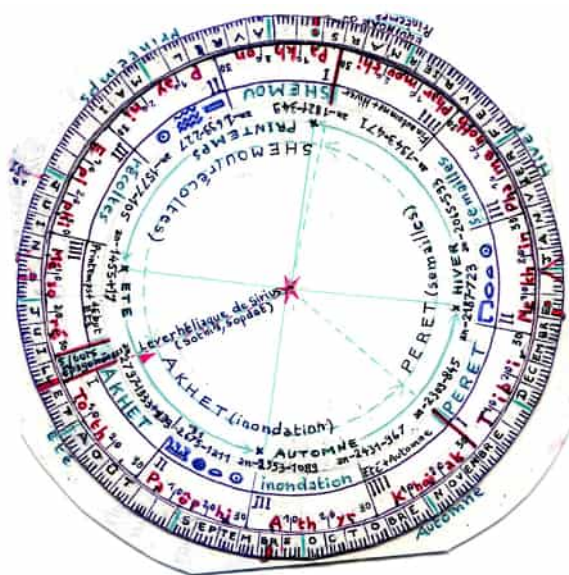


FIG. 12 – Calendrier égyptien.

- Le « *merkhet* » : cet objet serait du VII<sup>e</sup> s avant J.-C., un cadran incliné, du modèle de celui du Louvre (Fig. 3).

Il y a 3 écritures hiéroglyphique de cet objet : le 1<sup>er</sup> (avec une borne en pierre) suggère qu'il est en pierre ; le 2<sup>e</sup> (avec une branche) suggère qu'il serait en bois ; le 3<sup>e</sup> (l'angle d'un mur) peut être une localisation ou bien une forme perpendiculaire (celle du cadran-règle). Sur le plan incliné sont tracées Cadran du Louvre des colonnes de mois et des lignes diagonales des heures variables selon les saisons ; sur le sommet, sont gravés les noms des mois. Autres morceaux de « *merkhyts* » :

- Les levers et les couchers du Soleil pendant les trois saisons de l'Égypte antique : Fig. 12 partie d'un disque ordinateur, les 3 saisons (*Akhet*, première saison *Peret*, deuxième et *Shémou* la troisième) de 4 mois du calendrier égyptien, qui dérive chaque année.

### — Groupe "Conseils à la Sauvegarde du Patrimoine Gnomonique" : Bernard Cura (CCS)

Lors de la réunion de la Commission des Cadres Solaires de novembre 2024, B. Cura, responsable de celui-ci a dressé un bilan depuis l'origine. Nous remercions ici tous les membres. N'hésitez pas à les rejoindre, les demandes de restaurations proviennent de toutes les régions de France.

Depuis sa création en 2012, le groupe conseil a enregistré 105 sollicitations, dont 29 sauvegardes et restaurations de cadrans terminées à ce jour. Au 30 novembre 2024 on identifie 3 projets en cours de réhabilitation qui viendront compléter ce résultat portant, on l'espère, à 32 le nombre de cadrans sauvegardés.

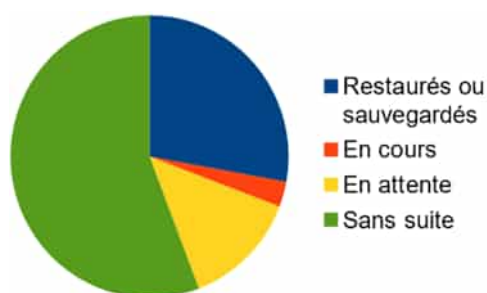


FIG. 13

Les demandes sont de nature très variable : du simple conseil sur la pertinence d'une restauration, à la demande de restitution d'un cadran disparu dont il ne reste que le style, ou la demande d'aide pour la restauration d'un cadran existant.



FIG. 14



FIG. 15

Parmi les cadrans étudiés depuis 2012, 40% sont des cadrans peints et 30% sont des cadrans gravés sur pierre ou schiste ardoisier. On notera aussi des demandes concernant la restauration de 9 méridiennes, 4 blocs gnomoniques, 3 cadrans canoniaux et 2 cadrans à réflexion.

Les particuliers ou les institutions qui nous sollicitent souhaitent généralement être mis en relation avec un cadranier pour l'établissement d'un diagnostic et d'un devis de réhabilitation du cadran. Nous privilégions les cadraniers membres de la Commission des Cadrans Solaires.



FIG. 16

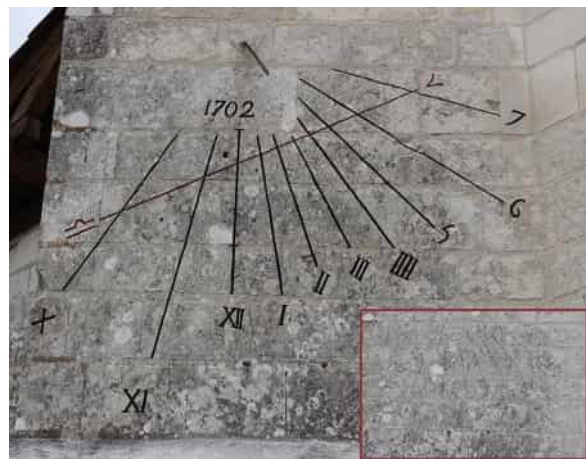


FIG. 17

Cette dernière année 4 cadrans pour lesquels le Groupe Conseil avait été sollicité ont été restaurés :

- Un bloc gnomonique de grès rose, daté de 1764, originaire de l'abbaye cistercienne de Neubourg et acquis par la ville de Haguenau en 1884 (Fig. 14). La partie centrale parallélépipédique, ne porte des cadrans que sur les faces sud, est et ouest ; au sud un cadran indiquant les heures judaïques et un cadran indiquant les heures vraies locales ; les faces est et ouest présentent des cadrans donnant les heures italiques et babyloniennes. Article de Jean-Marie Poncelet *Cadran Info* n°49.
- Un cadran vertical déclinant ouest, situé dans le vieux Beaune en Côte-d'or. Gravé sur une pierre scellée dans un mur et daté de 1567, il possède une ligne méridienne (Fig. 15 page précédente). Dossier suivi par Pierre Causeret, restauration Yves Guyot.
- Un double cadran vertical symétrique, déclinant Est et Ouest, gravé sur une pierre posée en acrotère, situé à OUILLY-LE-TESSON dans le Calvados (Fig. 16). Restauration Pascal Bukwa.
- Un cadran gravé déclinant Ouest, daté de 1702, situé sur l'église de Humbauville dans la Marne (Fig. 17). Restauré par Jérôme Bonnin.

### — Cadran de Claude Gahon (CCS) : « Or Oc »

« À défaut d'idée originale voici une petite fantaisie orientale et occidentale qui ne remet pas en cause tous les fondements de la gnomonique ».

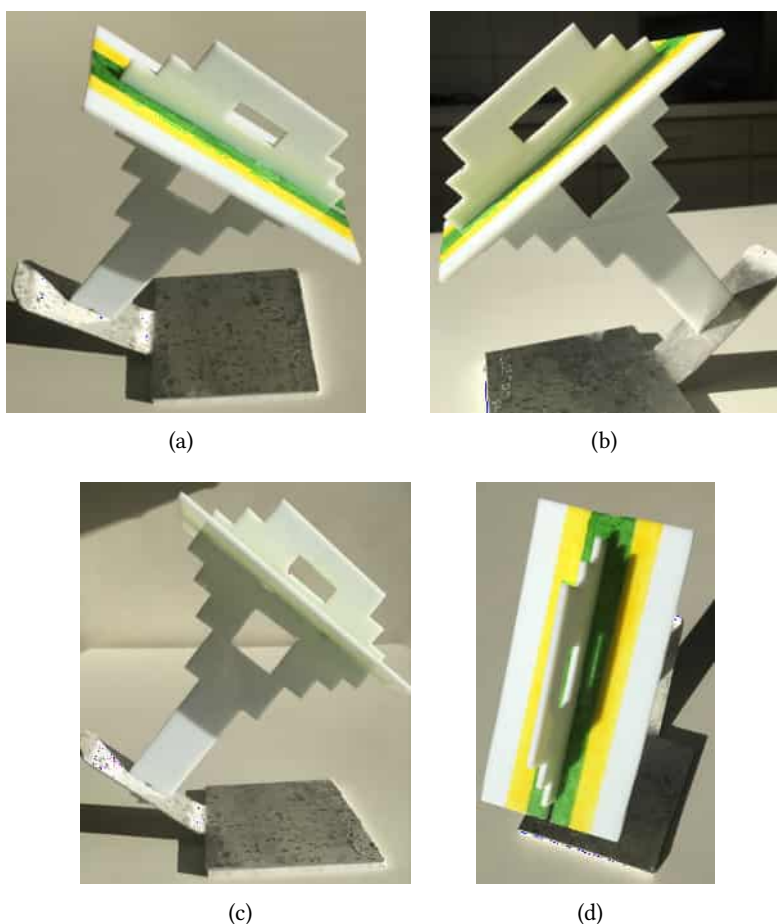


FIG. 18 – Cadran Solaire de C. Gahon — C125 : Or Oc.

**Fiche technique — C125 — Or Oc.** Cadran de type "polaire", *or* iental et *oc* cidental, classique, avec appréciation de l'heure en fonction de la position, de l'ombre dans les "marches".

Entre 11 h et 12 h ou entre 12 h et 13 h on interprète sur la bande horaire verte de la plaque "style". Cette plaque permet un complément de lecture de 9 h à 11 h et de 13 h à 15 h sur les autres bandes horaires.

Particularité : la translucidité permet de lire l'heure, que l'on soit d'un côté ou de l'autre du cadran. Sur le croquis Fig. 1, on peut estimer 16 h 30.

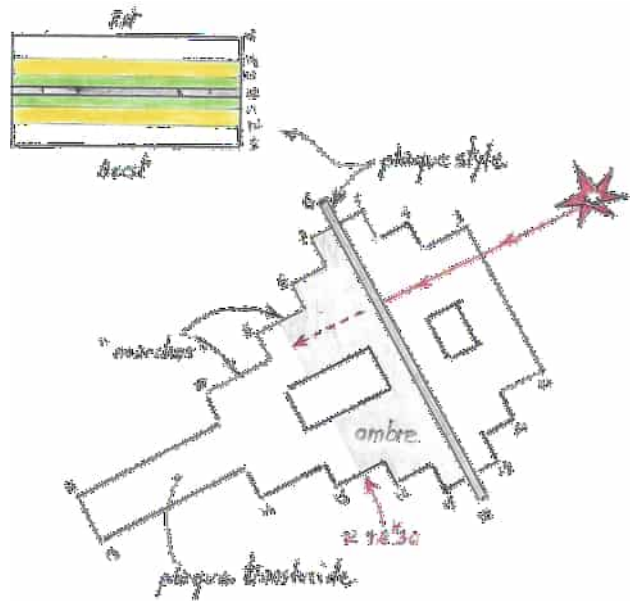


FIG. 19 — Fiche technique — C125.

Sur les photos (Fig. 18(a), 18(b), 18(c) & 18(d)) on lit environ 13 h 30.

### — Cadran de Claude Gahon (CCS) : « Soleil bleu »

« Bon d'accord ça ressemble à ... et à ... et même à ... mais non il y a un petit truc en plus.



(a)



(b)



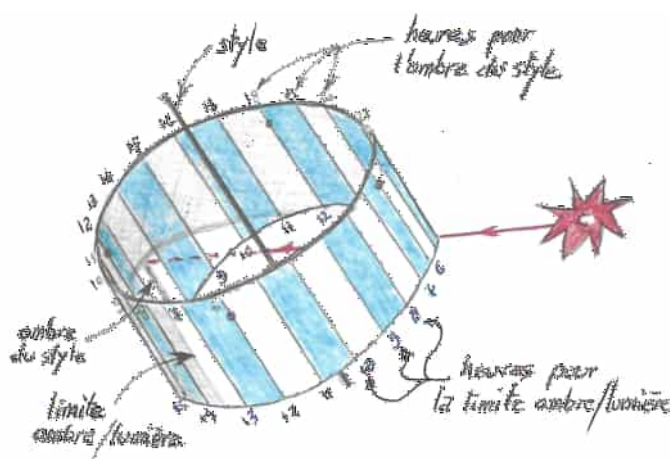
(c)

FIG. 20 — Cadran Solaire de C. Gahon — C126 : Soleil bleu.

Pas de nouvelle théorie mais un jeu de double lecture sur un type de cadran bien connu. Je ne me suis pas trop foulé, me direz-vous, mais il fallait bien reprendre le collier et, sans idée géniale, j'ai donc adopté quelques variantes à des réalisations, à moi ou non, existantes. Soyez indulgent dans vos jugements, il a quand même une bonne tête ! »

**Fiche technique — C126 — Soleil bleu.** Cadran de type « équatorial » à double lecture. L'appréciation de l'heure solaire se fait en deux endroits dans les bandes horaires :

- À l'intérieur de l'anneau, grâce à l'ombre du style.
- À l'extérieur de l'anneau, grâce à la limite ombre/lumière.



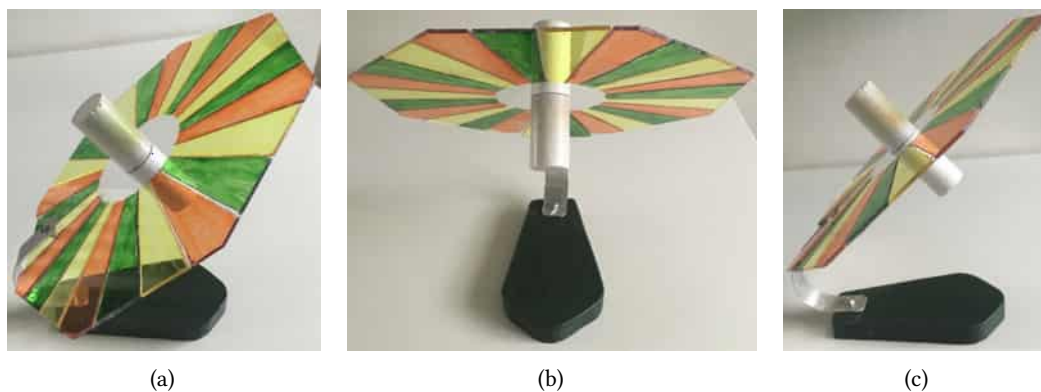
**FIG. 21** – Fiche technique — C126 : Soleil bleu.

Le dessin (Fig. 21), donne une représentation quand le Soleil est en dessous du plan équinoxial (période "automne – hiver"). Sur le croquis on peut estimer 13 h 30 solaire.

**Nota :** l'appareil est réglable en latitude grâce au pied souple en aluminium.

### — Cadran de Claude Gahon (CCS) : « Aster »

Une petite fleur colorée pour égayer ces tristes journées d'hiver : toujours et encore équatorial mais quand même pas comme les autres.



**FIG. 22** – Cadran Solaire de C. Gahon — C127 : Aster.

Ici ce sont les lignes horaires qui marquent le style, et on peut voir ce qui se passe sous le plan équatorial par transparence.

Pas de soleil dehors lors de cette création, alors j'ai usé de lumière artificielle pour vérifier les marques sur le "style" central, en "été" et en "hiver", cela fonctionne comme je l'avais imaginé.

Le soleil devrait bien sûr confirmer mais aussi faire apparaître un jeu d'ombres et lumières sur le sol. Comme d'habitude, je n'ai pas cherché la précision "Rolex", et il faut faire le petit effort mental en comptant les "pétales" pour caler la bonne heure.

Ne zoomez pas trop sur les photos car il y a quelques défauts de construction dus à ma dextérité manuelle, ....de loin ça ne se voit pas trop (ouf).

Petit complément de photos pour voir les effets lumineux évoqués précédemment, à 12 h solaire.

Rien d'extraordinaire mais c'est amusant et cela va évidemment varier selon les heures et les jours.

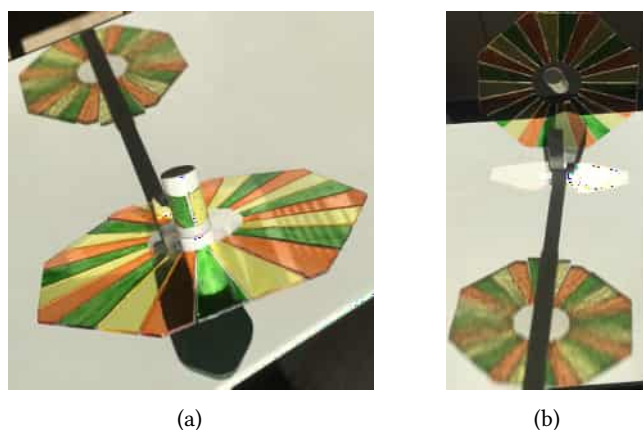


FIG. 23 – Complément de photos — C127 : Aster.

**Fiche technique — C127 – Aster.** Cadran de type "équatorial" à double lecture. L'heure solaire est appréciée selon la marque des lignes (fentes) horaires sur le cylindre axial. L'heure ronde est celle de la ligne (fente) dont la marque est parallèle à l'axe du cylindre central. Les couleurs permettent un meilleur repère des lignes.

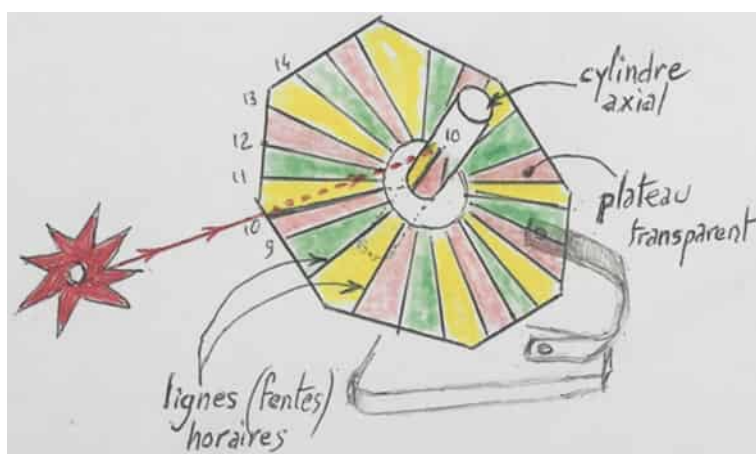


FIG. 24 – Fiche technique — C127 : Aster.

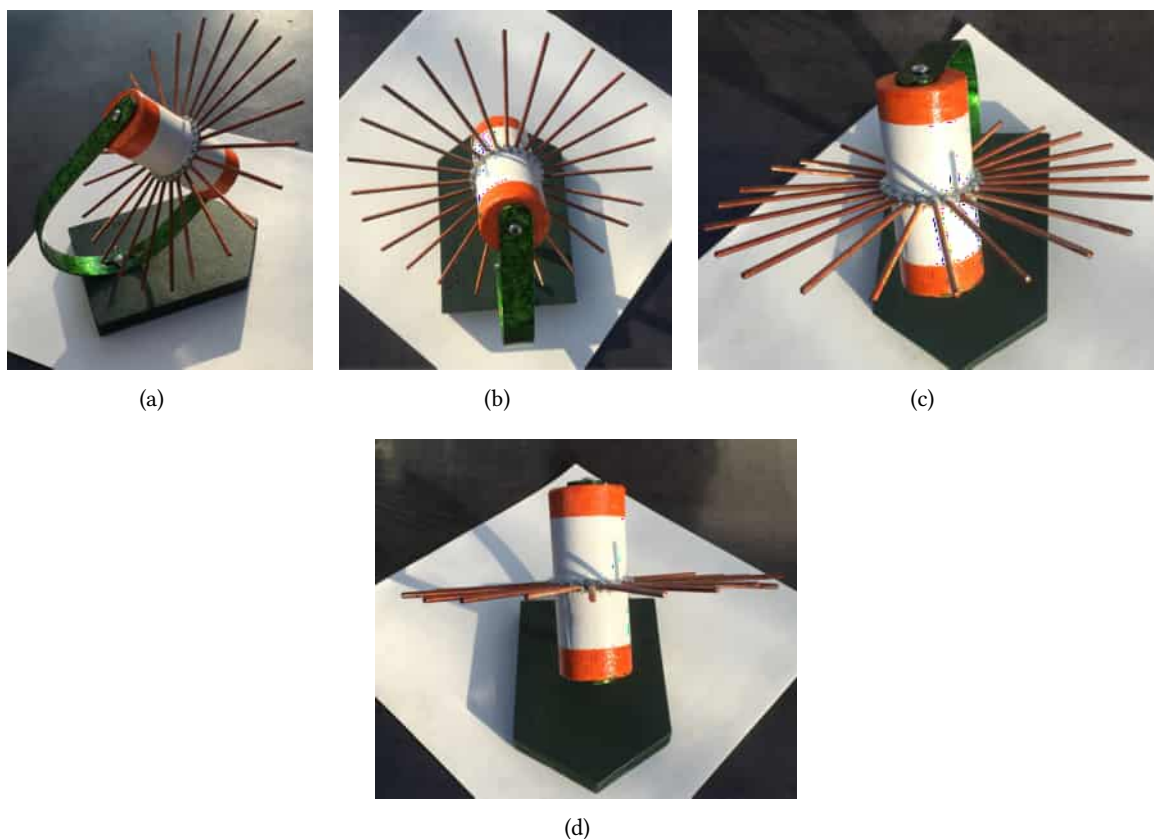
Le dessin donne une représentation quand le soleil est en dessous du plan équinoxial (période "automne-hiver").

Sur le croquis Fig. 1 [page précédente](#), on peut lire 10 h solaire.

En période "printemps-été" le soleil est au-dessus du plan équatorial et grâce à la transparence du plateau en plexiglas, on peut voir sous celui-ci les marques des lignes sur le cylindre.

**Nota :** l'appareil est réglable en latitude grâce au pied souple en aluminium.

### — Cadran de Claude Gahon (CCS) : « Rayon de soleil »



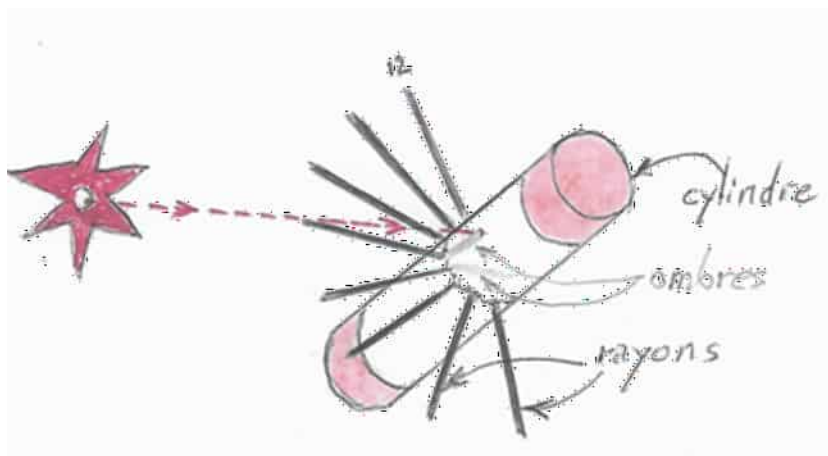
**FIG. 25** – Cadran de Claude Gahon — C128 : Rayons de soleil.

« Le vrai soleil a bien du mal à se pointer en ce moment alors prenez "C127-Aster", supprimez les pétales et remplacez les fentes par des tiges et vous aurez plein de "Rayons de Soleil" pour l'éternité.

Rien que du classique dans cette petite représentation, elle tient dans une boîte 20×20×20 cm, que je vous demande de ne pas trop examiner à la loupe car elle a, comme d'habitude, quelques défauts de fabrication, ma dextérité manuelle ayant de plus en plus de difficulté.

Qui dit équatorial dit évidemment problème de lecture aux équinoxes, l'ombre de l'heure solaire ronde étant confondue avec le pied de son rayon, mais ce n'est que pour quelques jours.

J'espère que cela retiendra quelques secondes de votre attention. »

**Fiche technique : — C128 – Rayons de Soleil** Cadran de type «équatorial».

**FIG. 26** – Fiche technique :  
C128 : Rayons de Soleil.

L'heure solaire est appréciée selon les ombres des rayons horaires sur le cylindre axial.  
L'heure ronde est celle du rayon dont l'ombre est parallèle à l'axe du cylindre central.  
Le croquis ci-dessus donne une représentation quand le soleil est en dessous du plan équatorial (période "automne-hiver") et on peut y lire 9 h solaire.

**Nota :** l'appareil est réglable en latitude grâce au pied souple en aluminium.

## 2 Lettres/Courriels gnomoniques

### — Position du Soleil et éphémérides : Jean-Claude Berçu (CCS)

«Je me permets de vous solliciter pour un conseil d'orientation... vers le bon outil. Je recherche la position du soleil à différentes heures de la journée. J'ai parcouru le net à la recherche de différents calculateurs. Mon souci est que ces différents sites ne donnent pas les mêmes valeurs d'azimut et d'élévation pour une même heure et même localisation (cf. table 2).

Exemples pour les coordonnées 47°31'7" 472 10 N, 6°8'13" 046 80 E à 12 h GMT.

**TABLE 2**  
**Exemples de calcul de la hauteur et de l'azimut du Soleil suivant les logiciels**

| OUTIL                                        | Site                                                                                                                | Valeurs |         |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|                                              |                                                                                                                     | Éléva.  | Azimut  |
| <b>Sun Earth Tools</b>                       | <a href="https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php">https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php</a> | 19°22   | 188°22  |
| <b>Azimut et angle d'élévation du soleil</b> | <a href="https://fr.planetcalc.com/320/">https://fr.planetcalc.com/320/</a>                                         | 19°25   | 188°29  |
| <b>Sun path 3D</b>                           | <a href="https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath3d.html">https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath3d.html</a>           | 19°34   | -171°54 |
| <b>SunSurveyor</b><br>(application Android)  | <a href="https://www.sunsurveyor.com/">https://www.sunsurveyor.com/</a>                                             | 19°4    | 173°36  |
| <b>Solar Topo</b>                            | <a href="http://www.solartopo.com/orbite-solaire.htm">http://www.solartopo.com/orbite-solaire.htm</a>               | 17°26   | 160°25  |

Quel site me conseillez-vous ? »

**Jean-Claude Berçu répond :** « Je vous conseille les formulaires de calcul de l'IMCCE<sup>5</sup>, difficile de trouver plus fiable : <https://ssp.imcce.fr/forms>. Pour chaque formulaire, il y a une documentation qui vous guide pour le paramétrage.

Plus précisément, pour calculer l'azimut et la hauteur du Soleil, vous devez utiliser le formulaire <https://ssp.imcce.fr/forms/observing>. Je vous joins (voir en annexe) la marche à suivre pour les coordonnées 47°31'47.2" N, 6°8'13.046" E le 12 décembre 2024 à 12 h UT (ex GMT).

Il existe également le "*Calcul des coordonnées horizontales apparentes du Soleil*" (azimut et hauteur) avec les éphémérides du JPL<sup>6</sup> : [https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/app.html#](https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/app.html#/).

Ceux-ci ont l'avantage par rapport à la première méthode d'inclure directement le phénomène de réfraction.

Quoi qu'il en soit, je vous joins (voir en annexe) :

- la marche à suivre par la méthode IMCCE avec ajout du calcul de la réfraction atmosphérique donné sur le site de Michel Lalos.
- le mode d'emploi avec la méthode JPL.

**Nota.** Souvent, les variations constatées proviennent d'un mauvais paramétrage, comme : heure locale au lieu d'heure UT, non prise en compte du ralentissement de la rotation terrestre, etc. Déjà il conviendrait de connaître l'importance de ces variations ; je suppose que la précision recherchée n'est pas le centième d'arc seconde car dans ce cas il y a des différences de cet ordre selon les théories utilisées par l'IMCCE ou le JPL.

Au moins, avec les formulaires proposés ici, on peut être assuré de la précision des calculs. »

### Rappels.

- Les éphémérides données par D. Collin sur le site de la CCS : <https://ccs.saf-astronomie.fr/e-phemerides/> sont suffisantes et conviennent parfaitement à la gnomonique pour sa précision. En outre, depuis cette année 2025, une valeur moyennée sur 4 années (2024-2029) de l'Équation du Temps est calculée pour le tracé de la courbe en 8.
- Une liste de logiciels/applications concernant entre autre : les cadrans solaires et les éphémérides est disponible également sur le site de la CCS, espace réservé aux membres : <https://ccs.saf-astronomie.fr/espace-membres/>

### En annexe de la version numérique :

Les fichiers :

-  « **Position du Soleil formulaire IMCCE.pdf** » (mode d'emploi avec l'IMCCE + calculateur de M. Laos) ;
-  « **Position du Soleil formulaire JPL.pdf** » dont les calculs intègrent directement la réfraction.

---

<sup>5</sup>Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides. À noter que depuis le début de l'année 2025, l'IMCCE et le SYRTE de l'Observatoire de Paris se sont regroupés pour former une nouvelle entité, le LTE (Laboratoire Temps Espace), réf. Lettre janvier 2025 n°219 : <https://www.imcce.fr/newsletter/html/newsletter.html>. Adresse du nouveau site du LTE : <https://lte.observatoiredeparis.psl.eu/>.

<sup>6</sup>JPL Horizons On-Line Ephemeris System ou système d'éphémérides en ligne JPL Horizons (en français).

## — Cadran de Saint-Paul-de-Fenouillet : Jean Scordia (CCS)

Dans *Cadran Info* n°50 "Cadran canoniaux", page 127 en haut<sup>7</sup>, j'ai été intrigué par la traduction de l'inscription latine du cadran de S<sup>t</sup>-Paul-de-Fenouillet (Pyrénées Orientales).



FIG. 27 – Inscription sur le cadran canonial de Saint-Paul-de-Fenouillet.

- Juste après la date MCCCXIII, on trouve **II ID9 MAGLI ... APL**<sup>9</sup>(?). « II ID9 MAII » a été traduit par « LE 2 DES IDES DE MAI ». Or, dans le calendrier romain, il n'existe pas de « IDES II / 2 », à moins que ce soit l'équivalent de « **PRIDIE IDUS** » (la veille des ides), qui est le 14 du mois de Mai. Les IDES ne sont que le 15 ou le 13 du mois concerné (le 15 en Mai). Il y a peut-être une confusion avec « MENSIS » (LE MOIS) : la gravure correcte aurait été « **II MENS [ IS ] MAII** ».
- À propos de « MAGLI », le « G » serait plutôt un « D » (en caractère gothique « *rotunda* », aux lettres plus arrondies qu'anguleuses, en usage surtout en Europe du sud) ; le « L » qui suit est sans doute un « I » également semblable au « I / i » suivant — en gothique *rotunda* le « i » et le « l - prononcé el » peuvent être écrit, en minuscule, de façon identique —. Mais le « G/D » reste en trop ; dans le lexique latin, davantage de mots commencent par « MAG... » que par « MAI... », est-ce l'origine de l'erreur ? On ne saura jamais si le graveur était « an-alphabète » ou « non-latiniste » ni pourquoi cette bétise n'a jamais été corrigée en 1312 ou 13 ou 15 !
- Il me semble observer à la fin de « APL » un <sup>9</sup> « tironien » en exposant, signe d'abréviation latine finale de -US. De deux choses l'une, si ce signe n'est pas une illusion, il indiquerait l'abréviation de « **AP[OSTO]LI** » mais il serait mal placé (car le **I** final est pourtant ici bien visible) !

**Pour les grammairiens.** « Idus » est un nom féminin de la 4<sup>e</sup> déclinaison (cf. manus) mais son pluriel est « ides » (cf. « dies » de la 5<sup>e</sup> déclinaison) ; « idibus » est un complément de temps, pluriel, de la 4<sup>e</sup> déclinaison. D'où la traduction française « les **ides** » (mot féminin pluriel).

L'écriture gothique est variée et évoluera vers l'italique ; celle de Fenouillet, « *rotunda* », est héritée de la « *caroline* » (apparue sous Charlemagne), aux caractères plus arrondies que la latine. Suivra la gothique « *textura* », aux lettres anguleuses, raides, très serrées : elle sera particulièrement difficile à déchiffrer.

Exemple caractéristique de la *caroline* minuscule (ci-contre) : le M dans la date et le mois de l'édifice.

<sup>7</sup>Article "Cadrans canoniaux à type de croix cerclées (des confusions possibles)" de Denis Schneider, *Cadran Info* n°50, octobre 2024, page 125.

| QUANTIÈMES<br>du mois | Janvier     | Février     | Mars        | Avril       | Mai         | Juin        | Juillet     | Août        | Septembre   | Octobre     | Novembre    | Décembre    |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1                     | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> | <i>Kal.</i> |
| 2                     | IV          | IV          | VI          | IV          | VI          | IV          | VI          | IV          | IV          | VI          | IV          | IV          |
| 3                     | III         | III         | V           | III         | V           | III         | V           | III         | III         | V           | III         | III         |
| 4                     | pr.         | pr.         | IV          | pr.         | IV          | pr.         | IV          | pr.         | pr.         | IV          | pr.         | pr.         |
| 5                     | <i>Nonæ</i> | <i>Nonæ</i> | III         | <i>Nonæ</i> | III         | <i>Nonæ</i> | III         | <i>Nonæ</i> | <i>Nonæ</i> | III         | <i>Nonæ</i> | <i>Nonæ</i> |
| 6                     | VIII        | VIII        | pr.         | VIII        | pr.         | VIII        | pr.         | VIII        | VIII        | pr.         | VIII        | VIII        |
| 7                     | VII         | VII         | <i>Nonæ</i> | VII         | <i>Nonæ</i> | VII         | <i>Nonæ</i> | VII         | VII         | <i>Nonæ</i> | VII         | VII         |
| 8                     | VI          | VI          | VIII        | VI          | VIII        | VI          | VIII        | VI          | VI          | VIII        | VI          | VI          |
| 9                     | V           | V           | VII         | V           | VII         | V           | VII         | V           | V           | VII         | V           | V           |
| 10                    | IV          | IV          | VI          | IV          | VI          | IV          | VI          | IV          | IV          | VI          | IV          | IV          |
| 11                    | III         | III         | V           | III         | V           | III         | V           | III         | III         | V           | III         | III         |
| 12                    | pr.         | pr.         | IV          | pr.         | IV          | pr.         | IV          | pr.         | pr.         | IV          | pr.         | pr.         |
| 13                    | <i>Idus</i> | <i>Idus</i> | III         | <i>Idus</i> | III         | <i>Idus</i> | III         | <i>Idus</i> | <i>Idus</i> | III         | <i>Idus</i> | <i>Idus</i> |
| 14                    | XIX         | XVI         | pr.         | XVIII       | pr.         | XVIII       | pr.         | XIX         | XVIII       | pr.         | XVIII       | XIX         |
| 15                    | XVIII       | XV          | <i>Idus</i> | XVII        | <i>Idus</i> | XVII        | <i>Idus</i> | XVIII       | XVII        | <i>Idus</i> | XVII        | XVIII       |
| 16                    | XVII        | XIV         | XVII        | XVI         | XVII        | XIV         | XVII        | XVII        | XVI         | XVII        | XVI         | XVII        |
| 17                    | XVI         | XIII        | XVI         | XV          | XVI         | XV          | XVI         | XVI         | XV          | XVI         | XV          | XVI         |
| 18                    | XV          | XII         | XV          | XIV         | XV          | XVI         | XV          | XV          | XIV         | XV          | XIV         | XV          |
| 19                    | XIV         | XI          | XIV         | XIII        | XIV         | XIII        | XIV         | XIV         | XIII        | XIV         | XIII        | XIV         |
| 20                    | XIII        | X           | XIII        | XII         | XIII        | XII         | XIII        | XIII        | XII         | XIII        | XII         | XIII        |
| 21                    | XII         | IX          | XII         | XI          | XII         | XI          | XII         | XII         | XI          | XII         | XI          | XII         |
| 22                    | XI          | VIII        | XI          | X           | XI          | X           | XI          | XI          | X           | XI          | X           | XI          |
| 23                    | X           | VII         | X           | IX          | X           | IX          | X           | X           | IX          | X           | IX          | X           |
| 24                    | IX          | <b>VI</b>   | IX          | VIII        | IX          | VIII        | IX          | IX          | VIII        | IX          | VIII        | IX          |
| 25                    | VIII        | V           | VIII        | VII         | VIII        | VII         | VIII        | VIII        | VII         | VIII        | VII         | VIII        |
| 26                    | VII         | IV          | VII         | VI          | VII         | VI          | VII         | VII         | VI          | VII         | VI          | VII         |
| 27                    | VI          | III         | VI          | V           | VI          | V           | VI          | VI          | V           | VI          | V           | VI          |
| 28                    | V           | pr.         | V           | IV          | V           | IV          | V           | V           | IV          | V           | IV          | V           |
| 29                    | IV          |             | IV          | III         | IV          | III         | IV          | IV          | III         | IV          | III         | IV          |
| 30                    | III         |             | III         | pr.         | III         | pr.         | III         | III         | pr.         | III         | pr.         | III         |
| 31                    | pr.         |             | pr.         |             | pr.         |             | pr.         | pr.         |             | pr.         |             | pr.         |

FIG. 28

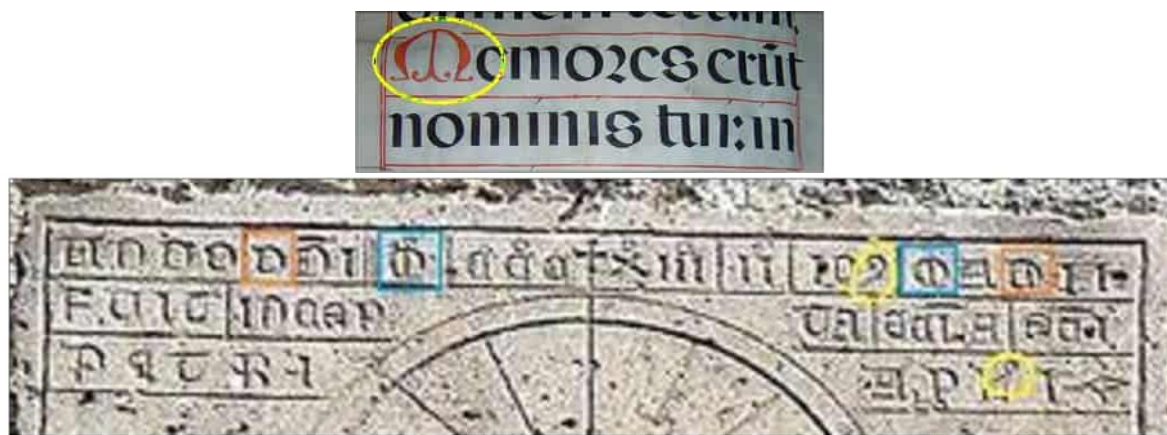


FIG. 29

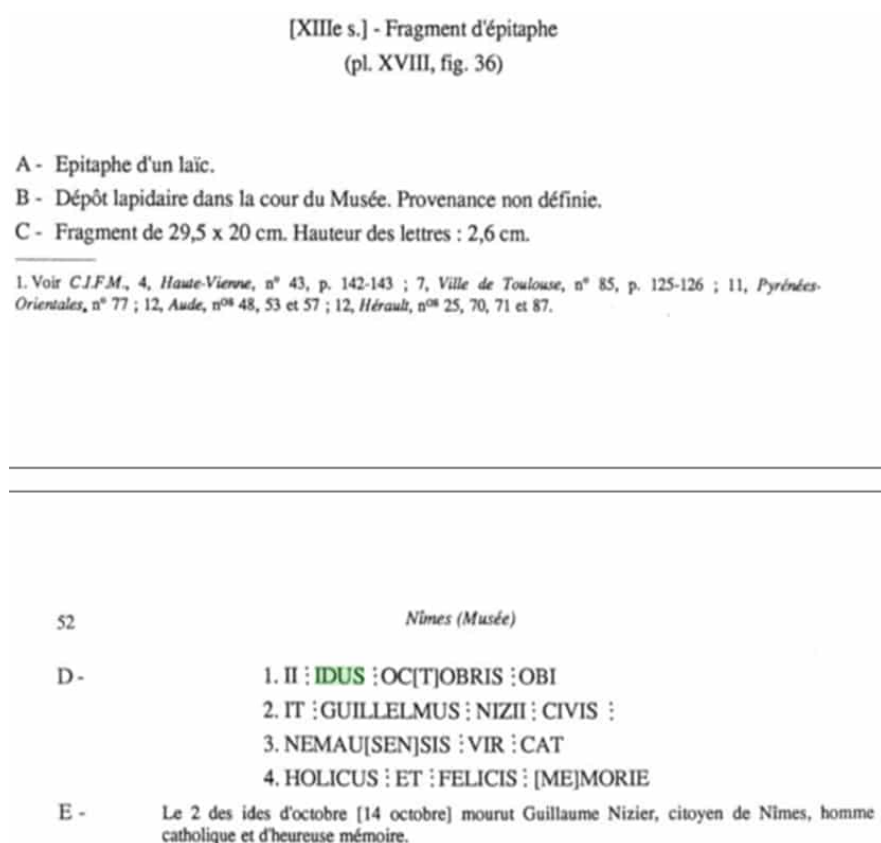
Le calendrier romain : le mois est en 3 parties, **kale**ndis (calendes) = 1<sup>er</sup> jour; suivent 6 jours; **nonis/nonae (nones)** = 7<sup>e</sup> jour & 9<sup>e</sup> jour avant les **ides** – la veille des «ides» est appelée **pridie**

**idus/pr.** [le jour d'avant] ; **idibus/idus (ides)** = en gros le milieu du mois, 13<sup>e</sup> ou 15<sup>e</sup> jour du mois. 0/zéro est inconnu & le nombre II n'apparaît pas. Sur certains tableaux on lit l'abréviation **a. d. (ante diem)** qui est l'inversion de **diem ante** ... : le jour x avant no./id./kal.). Dans le mois, les jours sont comptés à reculons : tant de jours avant la partie suivante (*nones, ides & calendes*).

**Suite :** Après consultation de Denis Schneider, qui a demandé son avis à M<sup>me</sup> Ingrand-Varenne, experte en inscriptions du Moyen Âge, il résulte qu'il était d'usage au Moyen Âge d'employer dans une inscription latine la forme « *II IDUS* » (« le II/2 des IDES »).

Le chiffre II (2) remplace donc « *pridie* »/pr/le jour avant dans le calendrier romain. À propos de « *MAGLI* », M<sup>me</sup> Ingrand-Varenne ajoute que la forme « **magli** » pour « **maii** » est un complément de nom de « **maius** » au Moyen Âge. Pour « *apostoli/APL<sup>9</sup> I* », l'abréviation 9 *tironien* [le 9 en exposant, qui remplace la terminaison latine -us] est inadéquat après un L car le mot se termine par un I. [« *Apostolus* », en latin moyenâgeux, est vers le X<sup>e</sup> siècle un terme religieux nouveau ; il est d'origine grecque et signifie « l'envoyé »]. Elle conclue que « *le graveur quoique maîtrisant l'écriture n'est pas totalement expert* » !

En illustration (Fig. 30), par M<sup>me</sup> Ingrand-Varenne, un fragment d'épithaphe au Musée de Nîmes (extrait du « *Corpus des inscriptions de la France médiévale 13* », p. 51-52).



**FIG. 30** – Fragment d'épithaphe au Musée de Nîmes.

## — Pendentif au musée de Nyons : Jérôme Bonnin (CCS), Jean Scordia (CCS)

Monsieur le conservateur du musée d'archéologie de Nyons interroge notre Commission :

« il existe, dans nos collections, un petit cadran solaire portatif gravé sur un galet. Je n'ai aucun renseignement sur cet objet. Datation : XVI<sup>e</sup> – XVIII<sup>e</sup> ?. Il est manifestement taillé pour être porté en pendentif.

Je n'ai aucun renseignement sur cet objet. Les dates sont approximatives et juste basées sur la forme des chiffres. Il appartenait à un collectionneur de la région (Drôme) mais sans indication d'origine ou de provenance. Le cordon est actuel.

J'ai acheté un objet de ce genre en boutique pour touristes avec un cristal bleu<sup>8</sup>. Il faut se placer face au sud et un rayon de soleil vient indiquer une heure. C'est probablement le même système que notre galet. Il devait y avoir un stylet ou un élément métallique (traces de rouille) pour faire stylet ? »



FIG. 31 – Pendentif dans son état.

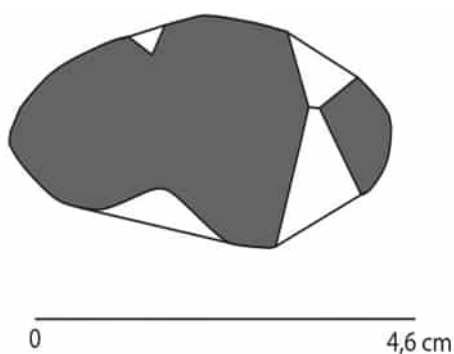


FIG. 32 – Schéma du galet.



FIG. 33 – Image retouchée.

Réponses de :

### J. Bonnin : aspect global.

« Je suis plutôt dubitatif ! Est-ce une tentative ? Car le tout est particulièrement maladroit. D'un point de vu gnomonique, cela ne peut guère fonctionner, même avec un "style" posé dans le trou. La datation par la graphie est sujette à caution, car vu l'état général, il n'y a pas réellement de "style graphique". »

<sup>8</sup>Ce type d'objet en forme d'œil "oudjat" égyptien (CI n°37, p. 180) est constitué d'un "cristal" à diriger vers le méridien. Un rayon de lumière traverse celui-ci et marque l'heure sur les lignes horaires peu précises, tracées pour une seule latitude arbitraire

## J. Scordia : chiffrage.

« L'objet dont parle M. Meije, avec un cristal bleu, est réellement un petit cadran solaire, dont les lignes des heures sont gnomoniques. Par contre, les heures du galet sont celles d'une "horloge mécanique". »

En annexe, J'ai mis par écrit quelques observations sur ce galet : "cadran d'horloge", graphie des chiffres (XVII<sup>e</sup> ou début XVIII<sup>e</sup> siècle... si l'objet n'est pas une "réplique" ou les chiffres ne sont pas une "copie"). »

## En annexe de la version numérique :

Les fichier :

- « [Pendentif chiffres Scordia.pdf](#) », présente une étude sur le graphisme des chiffres et leur orientation. Deux comparaisons de chiffrage sont données avec les cadrans de l'église de Langonnet (56) et de l'ancienne l'abbaye d'Orcival (63)

## — MàJ applications pour smartphones : César Busto (CCS)

**Mesure de la déclinaison gnomonique : "DelGnom".** À fin décembre 2024, C. Busto informe d'une mise à jour de son application "DelGnom". Celle-ci permet de mesurer la déclinaison gnomonique d'une façade de bâtiment à partir de son smartphone (Android).

Les nouveautés apportées à l'application répondent aux suggestions des utilisateurs. Cette mise à jour, en plus de changer un peu l'apparence, permet de rechercher un lieu quelconque en tapant simplement l'adresse.

Il est également possible de travailler sur la carte sans avoir à activer la localisation du smartphone.

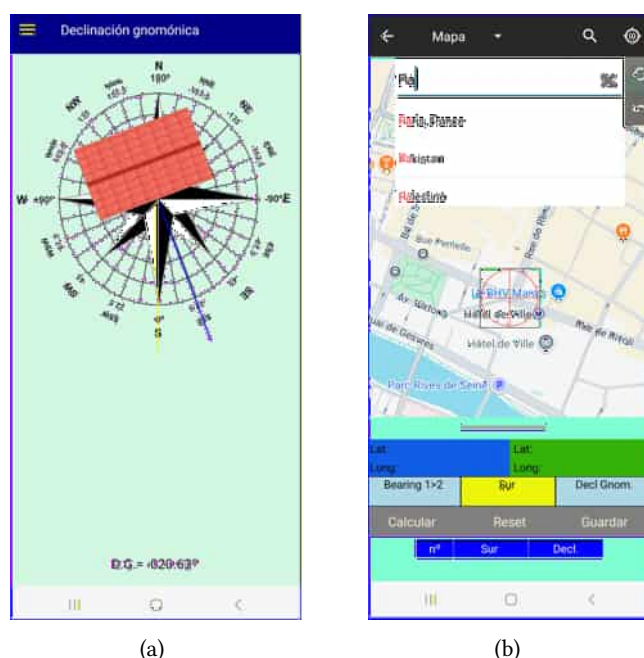


FIG. 34 – Nouvelle version du logiciel DelGnom.

Comme toujours, "DelGnom" est disponible sur Google Play : [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tempusumbra.declgnom&pcampaignid=web\\_share](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tempusumbra.declgnom&pcampaignid=web_share) ou bien en le téléchargeant directement à l'adresse :

[https://drive.google.com/file/d/1L\\_5iUOGiBobn2\\_b9EV506yt6GZxKKxZF/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1L_5iUOGiBobn2_b9EV506yt6GZxKKxZF/view?usp=sharing).

En figure 34, 2 copies d'écrans de la nouvelle version.

**Photographie de cadrans avec informations gnomoniques : "GnomonicPhoto".** Après une mise à jour de l'application proposant :

- Accès à toutes les données gnomoniques stockées dans les métadonnées EXIF. Elles sont ainsi sauvegardées et accessibles même si aucun "tag" n'a été ajouté à la photo.
- Indication sur une carte de l'endroit où la photo a été prise.



FIG. 35 – Nouvelle version du logiciel *GnomonicPhoto*.

Les idées et les commentaires des utilisateurs, ainsi que le travail du développeur, ont abouti à une nouvelle version avec les nouvelles fonctionnalités suivantes :

- Affichage de plusieurs photos sur la carte.
- Affichage d'une miniature de la photo sur la carte lorsque vous cliquez sur le marqueur.
- "Balayage" pour changer de photo.
- "Zoom" avec les doigts.

Lien sur Google Play pour téléchargement gratuit :

[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tempusumbra.gnomonicphoto&pcampaignid=web\\_share](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tempusumbra.gnomonicphoto&pcampaignid=web_share).

### — Partage de connaissances : Christophe Marion (CCS)

Disposant de plus de temps maintenant, Ch. Marion, diplômé de l'Observatoire de Paris se propose outre son artisanat de cadranier, de partager ses connaissances en gnomonique. Pour cela, il propose

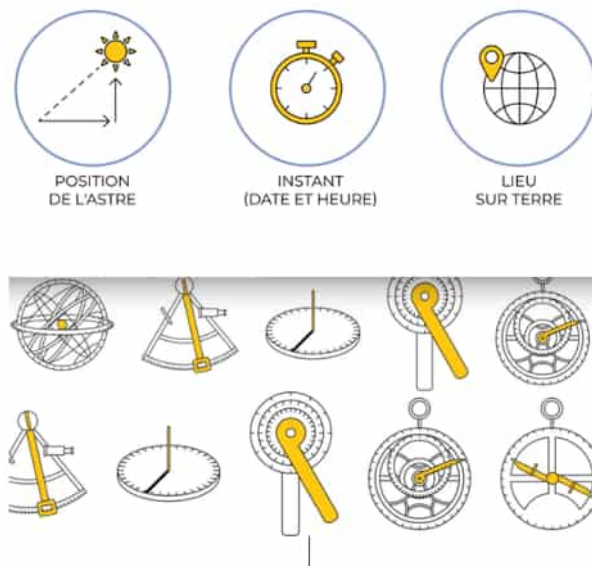


FIG. 36

des interventions dans les écoles et a mis en ligne un nouveau site [www.lecadranier.com](http://www.lecadranier.com), en français et en anglais, présentant :

- « des fiches explicatives concernant l'astronomie, l'histoire, la navigation et les instruments classiques (cadrons solaires, astrolabes, nocturlabes, sphères ...). Elles seront à compléter, ce n'est pas encore fini, mais compte tenu du sujet, ça ne le sera jamais, alors, j'ai décidé de mettre en ligne ... »
- « des interventions gratuites dans les écoles (il peut y avoir besoin d'un défraiement, en cas de déplacement). Le plus facile pour moi est Paris et les Alpes de Haute-Provence, mais je suis ouvert à tout ... »

Pour contact via le site : <https://lecadranier.com/contact/>, par mail : [Christophe@lecadranier.fr](mailto:Christophe@lecadranier.fr).

L'atelier "*Le cadranier de Fontvieille*" est installé à Fontvieille (04 150 – L'Hospitalet).

## — Le cadran du Petit Palais se meurt : Michel Lambalieu (CCS)

La réouverture du musée du Petit Palais d'Avignon à l'occasion de sa convention avec le Louvre, va permettre à un grand nombre de personnes de le visiter. Sur sa façade figurent encore aujourd'hui les éléments d'un cadran solaire dont le tracé s'estompe avec le temps.

À l'occasion des journées du patrimoine de 2015 lors de la visite des cadrans que nous avons or-

ganisée, les Avignonnais qui avaient participé furent très nombreux à regretter la disparition de ce cadran qui ne peut qu'enrichir l'attrait historique de ce monument, ancien palais des archevêques. Son tracé fut réalisé à l'époque où il était le Petit Séminaire.

La ville d'Avignon est propriétaire du bâtiment. Sollicitée pour en financer la restauration souhaitée, la municipalité a toujours éludé le besoin, quelle qu'en soit la possibilité d'origine des fonds. C'est ainsi que la demande auprès de la Fondation du Patrimoine, qui trouvait le projet exposé recevable, n'a pas été retenue après des échanges avec le délégué local que cela a attristé.

Une occasion intéressante est apparue avec la création en 2024 d'un budget participatif important permettant la réalisation d'un nombre de projets très divers proposés par les habitants<sup>9</sup>. Hélas, celui de la restauration du cadran n'a pas été retenu par les votes, abandonnant la conservation du petit patrimoine comme cela arrive souvent désormais, au profit de réalisations actuelles temporaires (aménagement paysagé, toilettes publiques...)

Didier Benoit suggère de « mettre en place des mesures conservatoires qui permettront de préserver le dessin de la table du cadran solaire et sa tenue pigmentaire. D'en faire un relevé papier et une reproduction fidèle à la lecture du moment. Les élus doivent ce travail de mémoire. » Le feront-ils ?



FIG. 37 – Photographie de 1912 retrouvée par J.C. Bercu à la BNF.



FIG. 38 – Image dans l'inventaire de la commission (Tracé /décor encore plus diffuse aujourd'hui).

## — Faux de faux : Éric Mercier (CCS), Fathi Jarray (Univ. de Tunis)

Après le signalement de faux cadrans signés "al-Mansur" mis en vente par des sociétés de vente aux enchères internationale, É. Mercier et F. Jarray informent (mars 2025) d'un nouveau cadran sur le marché des ventes par "Hatefi Collections" (<https://www.hatefi-collections.co.uk/portfolio/an-islamic-marble-sundial-made-by-sheikh-abol-hassan-mansor-saif/>).

C'est le 12<sup>e</sup> cadran de cette série de faux, série qui d'enrichie au fil des années ! Il est attribué, d'après la maison de vente, au 14-15<sup>e</sup> siècle, alors que les précédents étaient datés de la fin du 17<sup>e</sup>.

<sup>9</sup>Michel Lambalieu représentant la CCS a soutenu avec ferveur la promotion des cadrans dans la région. Depuis 2016, il multiplie les appels à restauration du cadran du Petit Palais vers la Mairie, Monsieur le délégué territorial du Vaucluse, Fondation du Patrimoine etc, en vain.

– Pour les 10 premiers cadrans de la série, voir :

- Fathi Jarray, Éric Mercier & Denis Savoie (2021) : Les cadrans solaires signés al-Mansur (fin du XVII<sup>e</sup> siècle) : « Inventaire des anomalies gnomoniques et historiques », *Cadran-info*, n°44, p. 111-122 (2021).
- Fathi Jarray, Éric Mercier & Denis Savoie (2021) : « Islamic sundials signed by Al-Mansur carrying dates in the late 17<sup>th</sup> Century ; An Examination of their Gnomonic and Historical Anomalies », *Bull. British Sundial Society*, 33(3), p. 2-9. Les "pdf" sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

– Le 11<sup>e</sup> cadran est en annexe de l'article de la BSS.

Ce 12<sup>e</sup> cadran ressemble beaucoup au n°4 des articles mais certains détails diffèrent (voir ci-dessous Fig. 39). Il est un peu plus grand (44 × 71 au lieu de 40 × 60). On en est donc maintenant à la vente de copies de faux !

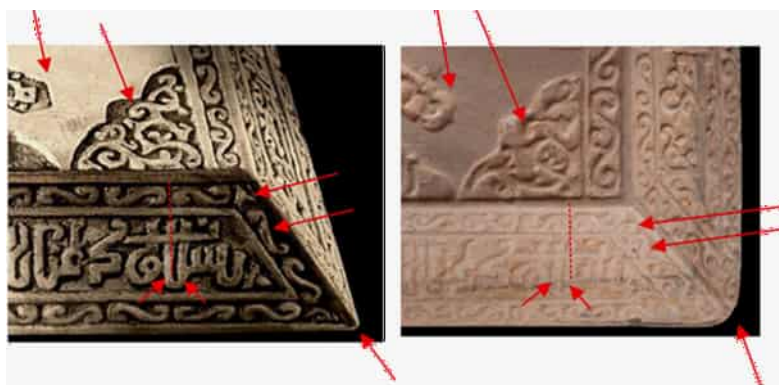


FIG. 39

Ce qui est remarquable, c'est que lorsque l'on tape «sundial + al-Mansur» sur Google, 4 des 5 premiers liens (ou 3 des 6 premiers selon les jours) renvoient à l'un ou l'autre des articles précités qui démontrent la tromperie. Ni les experts, ni la maison de vente, ni les clients potentiels ne semblent avoir fait cette démarche !?

Mais (!), et cela explique sans doute ce qui précède, depuis la publication des articles dans *Cadran Info* et dans le bulletin de la BSS, certains des cadrans mentionnés dans les articles ont été revendus en faisant référence à une signature légèrement différente : « Sheikh Abol Hassan Mansor Saif » au lieu de « al-Shaykh Abu al-Hasan al-Mansur (ou Almansour) » des anciennes annonces...

... Voir par exemple la re-vente en 2023 du n°4, où il est maintenant, lui aussi, attribué au 14-15<sup>e</sup> siècle); adresse : <https://www.invaluable.com/auction-lot/islamic-marble-sundial-made-by-sheikh-abol-hassan-221-c-c5541118da?srsId=AfmBOopnddE-12kQ6GDFuamz1UKRxMm-X4tNn9mNkKNIwfOHtjWlqH2t>

Ce changement de lecture de la signature rend évidemment plus difficile le renvoi, par Google, vers les articles... Hassan Mansor Saif est également la signature mentionnée pour la vente du 12<sup>e</sup> cadran.



FIG. 40 – Cadran n°4 revendu en 2023. Photo issue du site.

Ce nouveau nom « Sheikh Abol Hassan Mansor Saif » est forgé par la juxtaposition d'une transcription hétérodoxe de l'écriture arabe (*Abol* au lieu de Abu, *Mansor* au lieu de Mansur) et de l'ajout de *Saif* qui est le premier mot de la suite de la dédicace. Ce mot est une fausse lecture du mot sanat (année), qui précède l'indication de date qui n'est pas lu / indiqué par la maison de vente. Celle-ci a choisi d'attribuer le cadran au 14-15<sup>e</sup> siècle, alors qu'une date, peu lisible sur la photo, mais qui correspond sans doute à la fin du 17<sup>e</sup> siècle comme les autres cadrans de la série (probablement : H. 1090 (?) c'est à dire 1679 AD comme le n°4), est clairement présente.

### — Le "Village Gaulois" et son cadran : Jean-Paul Cornec (CCS)

Le parc d'attraction de Pleumeur-Bodou, possédait un "tipi gaulois". Dans celui-ci on pouvait suivre sur une maquette géographique, la trajectoire du Soleil par l'intermédiaire d'un orifice percé dans la toiture. Notre Commission connaissait bien ce grand cadran particulièrement pédagogique ; J-P Cornec nous avait présenté sa genèse, sa réalisation, puis expliqué son fonctionnement in situ lors d'une réunion en mai 2018. Hélas l'année dernière, il nous annonçait sa destruction par un incendie volontaire<sup>10</sup>.



FIG. 41

Le cadran ne sera pas reconstruit aussi Jean-Paul a accepté pour *Cadran Info* d'en conter la "vie". Dans ce document, sont présentés :

- L'origine du projet cadran solaire, suite à l'éclipse totale de Soleil du 11 août 1999.
- La naissance d'un grand cadran de type scaphé.
- La réalisation du cadran en portion de sphère de 6,20 mètres de rayon.
- Le fonctionnement du cadran qui a permis dans certaines circonstances de visionner des "taches solaires".

---

<sup>10</sup> Info-mail n°92\_2024 ; *Cadran Info* n°50, page 165.

- La lecture de l'heure donnée en heures solaires et les heures de la montre en intégrant la longitude du lieu et à l'aide dans chariot "l'équation du temps".
- Le plan géographique permettant de relier en direct le déplacement de la tache solaire sur l'écran au déplacement du Soleil au dessus de la surface terrestre.
- Le désastre du 14 avril 2024 et son épilogue : « Le cadran solaire ne sera pas reconstruit. Ce fut une belle aventure pendant 10 ans qui a apporté beaucoup de satisfactions à l'auteur de ces lignes et à son public.

#### En annexe de la version numérique :

Vous trouverez le fichier sur le cadran solaire du Village Gaulois :

📄 [CSVG-CCS-2025-JPC-Diff.pdf](#). Il comprend 17 pages illustrées de nombreuses photos et de renvois informatifs vers différents sites.

#### — Le cahier de cosmologie de S. Debarbat : Marc Sauzéat (CCS)

L'année passée, c'est éteinte Suzanne Debarbat<sup>11</sup>. Elle fut astronome à l'Observatoire de Paris et connue dans son domaine au niveau international. Marc Sauzéat (CCS) nous a fait la surprise de nous offrir lors de notre réunion de novembre à Chaville : "le cahier de cosmologie" de S. Debarbat, année d'étude 1946/47. C'est-à-dire à l'âge de 19 ans. Voici cette merveilleuse histoire :



**FIG. 42** – Cahier de Cosmologie de Suzanne Débarbat.

« Je vous adresse quelques informations relatives au cahier que je vous ai remis et sur S. Debarbat.

Pendant la période de 1968 à fin août 1974, j'ai travaillé sur un projet d'automatisation d'un micromètre photoélectrique pour instrument méridien, que j'ai rapidement évoqué lors de ma présentation de samedi dernier.

Lors de mes contacts avec mes collègues astronomes, j'entendais fréquemment citer le nom de Suzanne Débarbat qui recueillait, à l'Observatoire de Paris, des données des observations réalisées à l'Observatoire de Besançon notamment celles issue de l'astrolabe d'André Danjon. À cette époque je n'ai jamais rencontré Suzanne, qui demeurerait pour moi "une abstraction".

---

<sup>11</sup>Voir *Cadran Info* n°50, page 176.

Ayant quitté l'astronomie fin 1974 pour rejoindre le groupe Michelin à Clermont-Ferrand où j'ai travaillé pendant 30 ans dans différents emplois dont le premier fut dans le centre de recherche.

En 2012, je déménageais de mon habitation de Châtel-Guyon, où j'ai conçu et réalisé mon premier cadran solaire, pour habiter un immeuble du centre de Clermont-Ferrand. Je fis rapidement connaissance d'une voisine habitant l'étage au-dessus de mon appartement. Les relations de voisinage avec cette personne devinrent rapidement de véritables relations amicales.

Cette voisine, Janine (Yvette) Auque née en 1928 et décédée le 7 février 2022 fut professeure de mathématiques au lycée Jeanne d'Arc de Clermont et veuve d'un professeur de mathématiques à la Faculté de la ville.

Lors de ses études universitaires en mathématiques, elle se lia d'amitié avec une étudiante : Suzanne Débarbat.

C'est lors des nombreuses discussions que j'ai eu avec Janine A. que j'évoquais mon passé à l'observatoire de Besançon le nom de Suzanne D. Dès lors elle décrocha son téléphone pour appeler son ancienne amie et me mis en relation avec Suzanne avec laquelle je communiquais pour la première fois. Nous avons évoqué de nombreux astronomes de Besançon mais aussi Jean-Claude Pecker qui avait dirigé l'Institut d'Astrophysique de Paris que j'avais rencontré lors de sa venue à Besançon.

En 2014, lors d'un petit séjour à Paris avec mon épouse et Janine A., Suzanne D. nous invita à une visite privée de l'Observatoire de Paris.

Quelques années avant son décès Janine A. me remis certaines de ses archives, notamment le cahier de Cosmographie de Suzanne D., issu d'un cours suivi dans un lycée de Montluçon.

C'est ainsi que je suis devenu le dépositaire du "Cahier" que je vous ai remis. »

### **En annexe de la version numérique :**

Vous trouverez le fichier :

 [Cours Cosmographie S Débarbat 1946-1947.pdf](#) : numérisation intégrale du cahier.

### **— Bail à besogne : Didier Benoit (CCS)**

Lors de recherches historiques, sur un bail à besogne concernant deux cadrans solaires pour la ville de Labruguière (81 290); D. Benoit a reçu des archives départementales du Tarn le document ci-dessous (Fig. 43).

« Outre la commande de deux horloges solaires, il est aussi question dans ce manuscrit, de réglage de l'horloge de la ville. Ce n'est pas souvent, que cadran solaire et horloge mécanique vont de pair dans les récits anciens. Ci-dessous traduction partielle du document. »

L'an 1725 et le troisième octobre, dans la maison de la ville de Labruguière, par devant maître Antoine Givet viguier et juge.

Assemblés en conseil politique les sieurs Jean Delatrilhe et Jean Auriol consuls modernes (consuls élus de l'année) de cette ville, assistés du sieur Joseph Peyreusses, Jean Cassenac et Jacques Escudier, leurs conseils.

Arpent de terre, ... (non traduit)



FIG. 43

De plus a été représenté qu'ayant fait faire deux montres solaires, l'une au-devant l'église paroissiale de cette ville et l'autre au-dessus de la porte du faubourg, il ne reste à présent que de les faire peindre à l'huile pour qu'elles soient plus durable, ce que le sieur Dominique Sabatier peintre de cette ville a offert de faire à cause de quoi l'assemblée est requise de délibérer sur ce dessus.

Sur la première ... (non traduit)

Sur la seconde proposition a été délibéré que messieurs les consuls feront refaire les deux montres solaires à l'huile suivant les plans que le dit sieur Sabatiés ici pressant a exhibé à l'assemblée, auquel sieur Sabatiés il sera payé tant pour son travail que pour les drogues qu'il aura fourni douze livres de quoi le sieur Sabatiés s'est contenté et a promis de faire le dit travail de la manière que la communauté en sera satisfaite et comme le révérend Père Hyacinte capucin a employé quatre ou cinq jours pour placer le style et tracé des heures, il a été délibéré attendu qu'il n'a pas voulu être payé de ses journées que messieurs les consuls feront un présent d'une charretée de charbon au couvent de la ville de Castres, approuvant encore la dépense faite par lesdits consuls pour avoir recrépi et blanchi les endroits où lesdites montres sont placées et pour faire les étages (échafaudages) nécessaires, de quoi lesdits sieurs consuls rapporteront les quittances de ceux qui auront travaillé au sujet.

Ainsi conclus et délibéré laissant lesdits sieurs consuls et conseils soussignés avec le sieur Viguiet et juge et le sieur Sabatiés.

Et avant la signature de la délibération ci-dessus, lesdits sieurs Consuls ont représenté que le nommé Antoine Gaute horloger du lieu Dauvesine qui a accommodé l'horloge de cette ville demande le paiement des journées par lui employées pour faire porter et rapporter ledit horloge en la présente ville et avoir resté trois jours en ville après l'avoir remis en place pour voir s'il serait en état qu'il doit livrer ayant demandé pour cela trois livres que l'assemblée trouve à propos que messieurs les consuls lui payent en deniers de la communauté.

#### En annexe de la version numérique :

Vous trouverez les 2 photos du document des Archives Départementales du Tarn :

 "FRAD081\_120EDt\_BB15\_montre-solaire1.jpg".

 "FRAD081\_120EDt\_BB15\_montre-solaire2.jpg"

### 3 Les livres

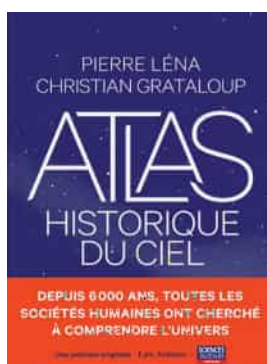
#### 3.1 Horloge solaire de Grenoble (Ch. Becquaert)



Il s'agit de la nouvelle brochure (28 pages) décrivant le fonctionnement de ce cadran complexe à réflexion et présentant son créateur le père J. Bonfa.

Demande de la version pdf ou commande "format papier" à "Horloge Solaire" 14 Domaine des Plantées, 38 330 Bivier ([horloge.solaire.stendhal@gmail.com](mailto:horloge.solaire.stendhal@gmail.com)), ou à l'Office de Tourisme de Grenoble (12 € : brochure + frais de port).

#### 3.2 Atlas historique du ciel (Les Arènes)



Sous la direction de P. Léna et Ch. Grataloup, l'ouvrage est destiné à « rendre accessibles 6 000 ans de découvertes ». Cet atlas « est autant un livre d'histoire qu'un livre de science » comme mentionné sur le site "Les Arènes" : <https://arenas.fr/livre/atlas-historique-du-ciel/>.

À noter que dans le domaine de notre Commission de la mesure du temps (cadrons solaires, astrolabes ...) et celle concernant l'histoire de l'astronomie, il a été relevé des imprécisions et parfois des erreurs. Celles-ci ont été listées complétées de leurs corrections

#### 3.3 Urania Panormita (Maria Luisa Tuscano)



Ce livre de notre collègue CCS, illustre les lieux de Palerme qui font référence à l'astronomie (personnages, orientations de bâtiments, instruments, sculptures) dans les différentes cultures qui ont marqué l'histoire de la Sicile. Un chapitre est consacré à la méridienne de Giuseppe Piazzi et un autre au Jardin botanique, dont l'architecte Léon Dufourny a été le concepteur original.

La préface de Ileana Chinnici, concerne, en outre, le Museo della Specola dans lequel il est possible de retracer l'histoire ancienne de l'INAF-Osservatorio Astronomico G. Vaiana à Palerme.

Présentation du livre :

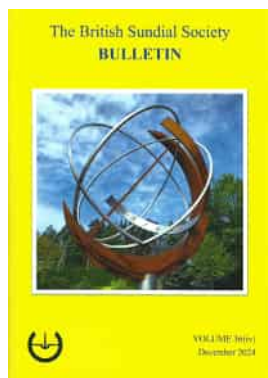
<https://www.fondazionehellarocca.it/2023/08/01/collana-ricerca-e-documentazione-volume-14-urania-panormita-storie-di-ciello-in-citta/>.

Préface et introduction : <https://www.aracneeditrice.eu/antepre/9791221807561.pdf>.

Achat : <https://www.aracneeditrice.eu/pubblicazioni/urania-panormita-maria-luisa-tuscano-9791221807561.html>.

## 4 Gnomonique du monde

### — Sommaires des dernières revues ou bulletins :

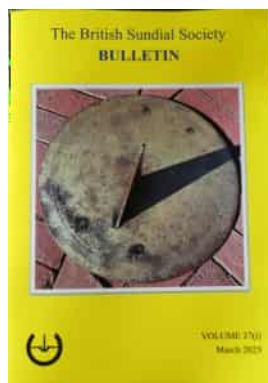


#### **BULLETIN, Volume 36, N°iv, décembre 2024 (sur papier) de THE BRITISH SUNDIAL SOCIETY, BSS**

[[sundialsoc.org.uk](http://sundialsoc.org.uk)]

1. Editorial. 2. Restoration of a Seventeenth Century Lectern Sundial — *David M. Brown*. 9. Lews Castle Sundial, Stomoway — *CHN*. 10. Sundials in Greece — *Karlheinz Schaldach*. 14. Henry Wynne Double Horizontal Dial at Wrest Park — *John Davis*. 16. BSS Bulletin Follow-up : 25 October 2024 — *Frank H. King*. 18. Granité, Glass & Concrète, and Stainless & Corten Steel — *Martins Gills*. 23. Robert Palmer Sundial at Heriot-Watt University — *Sue Manston* and *Julia Stephen*. 25. Postcard Potpourri 69 : Cypress Gardens, Florida — *Peter Ransom*. 26. 'Mining' Online Public Databases of Historic Sites to Find Sundials — *Sally Francis*. 31. New Dial : A New Dial in Norfolk — *Mark Lennox-Boyd*. 32. Three Dials at White Waltham —

*Ben Jones*. 35. Christmas Greetings — *Nick Orders*. 36. Newbury One-Day Meeting, 28 September 2024. 40. Minutes of the 34<sup>th</sup> BSS Annual General Meeting, Newbury, 28 September 2024.



#### **BULLETIN, Volume 37, N°i, mars 2025 (sur papier) de THE BRITISH SUNDIAL SOCIETY, BSS**

[[sundialsoc.org.uk](http://sundialsoc.org.uk)]

P. 1 : Editorial. A Previously Unreported Double Horizontal Dial, attributed to Elias Allen — *John Davis*. A New Sundial at St Agnes — *Jackie Jones*. Solar Animation — *Anthony Capon*. Postcard Potpourri 70 : Brasenose College, Oxford — *Peter Ransom*. Trustees' Annual Report 2024. Newly Reported Dials, 2024 — *John Foad*. A Ceiling Heliochronometer Sundial — *Andrew Hodgson*. Bulletin Follow-Up : 23 January 2025 — *Frank H. King*. Book Review : The Equation of Time — *Æquatiō Diērum*, A Journal, a Reference & a Picture Book, by Kevin Karney — *Martin Jenkins*.



#### **La BUSCA de PAPER, N°106, automne 2024 (sur papier) de Societat Catalina de Gnomònica, SCG**

[[www.gnomonica.cat](http://www.gnomonica.cat)]

ReReflexions, amb Anna Vallhonestà, p. 3. Editorial, p. 3. Voltant el món, Elcano va perdre un dia i Fogg el va guanyar, per Eduard Farré, p. 4. Un rellotge de sol pensat per a un eclipsi, per Martha A. Villegas V. i José C. Montes J., p. 7. L'eclipsi de sol del 8 d'abril de 2024, per Eduard Farré, p. 9. Els rellotges de sol de Rafelcofer (La Safor), per José Fenollar, p. 16. Col·laboracions : Una guia, p. 17. Temps i calendari, per Rosa Boyer, p. 18. Notícies de socis i amics, p. 21. Eratòstenes de Cirene, per Michèle Tillard, p. 22. El modernisme català i els rellotges de sol, per Susanna Rodríguez i Conxita Bou, p. 24. Abstracts i Resúmenes, p. 30. Filatèlia XVI, de la col·lecció F. Rocha : Àustria, Burkina Faso, Canadà, Iran, Malta, Portugal,

Síria, Regne Unit, p. 31.

Portada : Fi de la totalitat de l'eclipsi del 8 abril 2024 a Torreón, Mèxic, amb l'anomenat anell de diamant (Foto E. Farré).



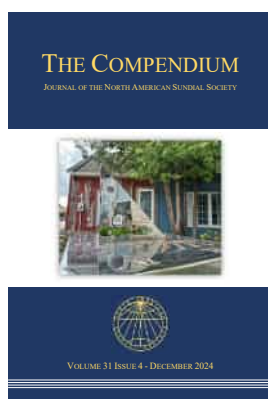
## La BUSCA de PAPER, N°107, printemps 2025 (sur papier) de Societat Catalana de Gnomònica, SCG

[[www.gnomonica.cat](http://www.gnomonica.cat)]

Reflexions, amb *Júlia Ojeda*, p. 3. Editorial, p. 3. Santuari de Nostra Senyora de Guadalupe, Ciutat de Mèxic, per *Martha A. Villegas V.*, p. 4. Projecte per a un rellotge de sol, disseny de Joan Vila Grau, per *Eusebi Vila Delclòs*, p. 6. Temps, coneixement i llenguatge, per *Carles Lledó Casablanques*, p. 7. I si comencem per una meridiana?, per *Roger Torrenti*, p. 10. Fons bibliogràfic de la SCG. Redacció, p. 12. Un silenciador per a la soneria d'un rellotge en hores nocturnes, per *Antonio Gualdes*, p. 13. Els rellotges de sol d'Oliva, per *José Fenollar Moncho*, p. 16. La línia de l'horitzó, per *Gabriel Guix*, p. 20. Col·laboracions : Una guia, p. 23. Hora Solar versus Hora Oficial. Conversió, per *Joan Salvà Caldés*, p. 24. Activitats amb motiu

del Dia Mundial dels Rellotges de Sol 2025. Redacció, p. 27. Còrdova 2025 – Trobada Gnomònic-Cultural, per *David Porta*, p. 28. Josep Pratdesaba i Portabella, 34<sup>e</sup> Vigatà Il·lustre. Redacció, p. 29. Abstracts i Resúmenes, p. 30. Filatèlia XVII, de la col·lecció F. Rocha : Dinamarca, Espanya, Holanda, Índia, Mònaco, Polònia, Xina, p. 31.

Portada : Meridiana Palazzo della Ragione, Bergamo.

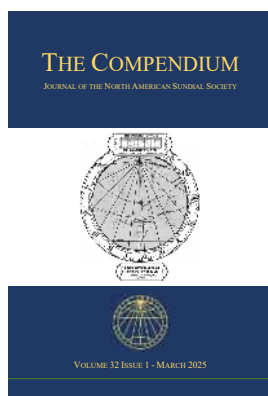


## The COMPENDIUM, Volume 31, N°4, décembre 2024 (sur papier) de THE NORTH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY, NASS

[[www.sundials.org](http://www.sundials.org)]

Sundials For Starters : 3D Printing and an Elegant Memorial Sundial — *Robert L. Kellogg*, p. 1. Errata, p. 11. Where is the Petrified Sea Gardens Sundial? — *Martin Jenkins*, p. 11. Abbé Guyoux's Equatorial Sundials — *Jean Rieu*, p. 13. Koppel Croft Gardens (& Some Other Sights) — *Steve Lelievre*, p. 24. Night, Time, and Moondials — *Mark Montgomery*, p. 36. An Azimuthal Vertical Sundial — *Fred Sawyer*, p. 53. History & Construction of the Medieval Planispheric Astrolobe – Part 2 — *Alfonso Pastor Moreno & Robert L. Kellogg*, p. 67. Sir Walter Scott's Dial — Additional Note, p. 81. The Dove's Nest, p. 82. Digital Bonus, p. 84.

Front cover : A sundial at Southampton, Ontario. Photo : *Steve Lelievre*



## The COMPENDIUM, Volume 32, N°1, mars 2025 (sur papier) de THE NORTH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY, NASS

[[www.sundials.org](http://www.sundials.org)]

Sundials for Starters – Equation of Time Graphs — *Robert L. Kellogg*, p. 1. Fairbanks Museum and Planetarium Dial — *Robert Adzema*, p. 13. The Longitude Sundial — *Don Petrie*, p. 18. Absolving Ozanam — *Fred Sawyer*, p. 36. Circular Analemmatic Dials By Foster And Lambert — *Jean Pakhomoff*, p. 40. Kelvin's Azimuth Instrument — *Erwin Wechsler*, p. 58. 20,000 Sundials — *Robert Kellogg*, p. 63. Some News About Two Crehore Sundials — *R. L. Kellogg*, p. 71. The Dove's Nest, p. 76. Digital Bonus, p. 78.

Front cover : Artwork for *Don Petrie's Longitude Dial*.



**OROLOGI SOLARI N°35, décembre 2024, de la CGI – Coordinamento Gnomonico Italiano à télécharger sur le site : [[www.orelogisolari.eu](http://www.orelogisolari.eu)]**

P. 6 : Un orologio equatoriale a riflessione — *Baggio Francesco*. P. 10 : Bispecchio con angolo diedro di 45° per Gorizia, meridiana orizzontale su parete verticale — *Ferro Milone Francesco*. P. 14 : Il quadrante lunare di Verrès — *Macco Andrea*. P. 20 : Il cubo gnomonico di Sisto V dell'Osservatorio di Parigi — *Savoie Denis*. P. 30 : Un'opera gnomonica per brindare — *Ulivieri Nicola*. P. 36 : Linguaggi contemporanei per riscoprire gli Orologi Solari — *Visentin Ennia*. **RUBRICHE** : P. 43 : Contributi brevi : Terzo libro dell'ASTROLABIUM di Cristoforo Clavio – Edizione del 1593 — *Gunella Alessandro*. P. 44 : Rassegna riviste di gnomonica. P. 65 : Pubblicazioni. P. 69 : Notizie gnomoniche. P. 78 : Gnomonica nel Web. P. 79 : Quiz. P. 81 : Effemeridi.

*In copertina : L'orologio solare realizzato da Nicola Ulivieri a Murlo (SI).*

*In quarta di copertina : L'orologio a riflessione di Francesco Baggio.*



**OROLOGI SOLARI N°36, avril 2025, de la CGI – Coordinamento Gnomonico Italiano à télécharger sur le site : [[www.orelogisolari.eu](http://www.orelogisolari.eu)]**

P. 5 : Note sulle curve dell'Asr e sulle curve del crepuscolo – Parte 1 di 3 — *Collin Dominique*. P. 11 : Le vecchie meridiane di Colle Santa Lucia — *De Donà Giuseppe*. P. 16 : Ancora meridiane di Fra Felice da Val di Biadene? — *Flora Giuseppe*. P. 23 : Una variante di orologio azimutale — *Gunella Alessandro*. P. 26 : La proiezione dell'orologio equinoziale — *Gunella Alessandro*. P. 29 : Lo sviluppo storico della Geometria — *Mazzucato Michele*. P. 37 : Astrolabio cilindrico con la proiezione di Marino di Tiro — *Nicelli Alberto e Nicolò*. P. 43 : L'ora della preghiera di Asr dall'analemma — *Stocco Elsa*. **RUBRICHE** : P. 51 : Contributi brevi : Ricerca della distanza fra due punti della Terra : soluzione grafica con i triangoli sferici — *Gunella Alessandro*. P. 53 : Rassegna riviste di gnomonica. P. 61 : Pubblicazioni.

P. 63 : Notizie gnomoniche. P. 69 : Quiz.

*In copertina : L'astrolabio cilindrico di Alberto e Nicolò Nicelli.*

*In quarta di copertina : Caricatura di gnomonista, dalla penna di A. Gunella.*



**Bulletin n°68, décembre 2024 (sur papier) du Groupe de travail pour les cadrans solaires de l'ÖSTERREICHISCHE ASTRONOMICAL SOCIETY**

[[www.gnomonica.at](http://www.gnomonica.at)]

P. 4 : Temporal- und Planetenstunden, *Armin Denoth*, Neu-Götzens (A) — *Deine Schattentlänge als antikes, auf die Babylonier zurückgehendes Zeitmaß*. P. 10 : Sonnenuhren mit Lichtbrechung, *Siegfried Wetzels*, Burgdorf (CH) — *Bei diesen Uhren flieht der Nodusschatten nie ins Unendliche*. P. 14 : Zum Nachdenken, *Franz J. Vrabec*, Wien — *Sonnen- und Räderuhr zeigen verschiedene Zeiten – wann?* P. 15 : Die Sonnenuhr auf Schloss Hohenbrugg, *Barbara Fiedler*, Judendorf-Sträuel — *Eine stark beschädigte historische Sonnenuhr wurde denkmalschutzgerecht restauriert*. P. 17 : Die römische Sonnenuhr in Bonn, *Hans Wilschut*,

*Sankt Augustin (D) — Eine in Bonn gefundene römische Sonnenuhr wird unter die Lupe genommen*. P. 19 : Die GSA-Tagung in Wien, *Kurt Descovich*, Wien — *Bericht über eine gelungene Tagung*. P. 21 : Johann Jindra IV sen. *Kurt Descovich*, Allentsteig (NÖ) — *Ein besonders lieber und wertvoller Mensch ist von uns gegangen*. P. 22 : Die Lösung der letzten Nachdenkaufgabe, *Kurt Descovich*, Allentsteig (NÖ) — *Stimmungsvolle Mondbilder bereiten den Astronomen Unbehagen*. P. 22 : Der Kuenring-Reflex, *Kurt Descovich*, Allentsteig (NÖ) — *Was einem Sonnenbeobachter so alles einfällt*. P. 24 : Eine kleine Bildergalerie, *Kurt Descovich*, Allentsteig (NÖ) — *Wieder haben Leser und Freunde schöne Bilder von Sonnenuhren beige-steuert*.

*(Frohe Weihnachtstage und ein sonniges Neues Jahr wünscht Ihnen. Ihr Redaktionsteam von sonne+zeit).*



## Bulletin 2024.4, n°151, décembre 2024 (sur papier) de la Nederlandse Zonnepijzerkring et de la Zonnepijzerkring Vlaanderen

[[www.zonnepijzerkringvlaanderen.be](http://www.zonnepijzerkringvlaanderen.be)]

P. 3 : Voorwoord : Van oud naar nieuw — *Redactie*. P. 4 : Van het NL-bestuur — *Secretariaat*. P. 5 : Kringleven 51° N — *Eric Daled*. P. 5 : Delta-E-tabel — *Redactie*. P. 6 : Het nieuwe zonnepijzerregister — *Gerard van den Braak*. P. 8 : Even voorstellen — *Janny Wijchman*. P. 9 : Le Mont Solaire — *Hans Schipper*. P. 11 : Goudmijn Binnenhof — *Redactie*. P. 12 : De meervoudige zonnepijzer van Alberda. Deel 1. De afzonderlijke zonnepijzers nader bekeken — *Frans Maes*. P. 19 : Een profeet met zonnepijzer — *Redactie*. P. 20 : Zonnepijzer van fietsvelgen — *Hans Wilschut*. P. 24 : Een zonnecronometer — *Wim Geerts*. P. 25 : De metadata van digitale foto's — *Hans Wilschut*. P. 26 : Hoepelsfeer met tijdsvereffening — *Frans Maes*. P. 27 : Middaglus op Möbiusband — *Frans Maes*. P. 29 : Verslag van de bijeenkomst op 21 september in Tricht — *Secretariaat*. P. 31 : Eerdere zonnepijzer aan de Nieuwe Kerk in Amsterdam — *Redactie*. P. 32 : Puzzel : zonsopkomst en woordpuzzel — *Frans Maes/Willy Leenders*. P. 34 : Contents of this issue — *Redactie*. P. 37 : Tabel zonsdeclinatie en tijdsvereffening 2025 — *Redactie*.

Tip bij de digitale editie : Klik op een artikel en je springt er heen. Klik op de boven/ondermarge en je springt terug.



## Bulletin 2025.1, n°152, mars 2025 (sur papier) de la Nederlandse Zonnepijzerkring et de la Zonnepijzerkring Vlaanderen

[[www.zonnepijzerkringvlaanderen.be](http://www.zonnepijzerkringvlaanderen.be)]

P. 3 : Voorwoord Dag en nacht — *Redactie*. P. 4 : Van het NL bestuur — *Secretariaat*. P. 5 : Mijn glazen zonnepijzers — *Allart Okx*. P. 6 : De meervoudige zonnepijzer van Alberda : Deel 2. Een koningswaardig instrument — *Edgar Pelupessy*. P. 12 : De zonnepijzers aan het historische Coudenbergpaleis van Brussel — *Patric Oyen*. P. 16 : Column Ondersteboven — *Mieke Steenhout*. P. 18 : De Sundial Bridge — *Job van de Groep*. P. 21 : Het kunstproject Klare Wal — *André Reekmans*. P. 23 : Online Conference — *Redactie*. P. 23 : Scherven vertellen — *Redactie*. P. 24 : Voettocht in Rome — *Hans Wilschut*. P. 26 : De zonnepijzers op het Collegio Romano in Rome — *Hans Wilschut*. P. 28 : Puzzel woordpuzzel en spoortracé — *Frans Maes*. P. 29 : Verslag van de bijeenkomst op 18 januari in Tricht — *Secretaris*. P. 32 : Jaarverslag 2024 van De Zonnepijzerkring — *Secretaris*. P. 33 : Jaarstukken 2024 2025 van De Zonnepijzerkring — *Penningmeester*. P. 34 : Contents of this issue — *Redactie*.

Tip bij de digitale editie : Klik op een artikel en je springt er heen. Klik op de boven/ondermarge en je springt terug..

↗→ Toutes les sociétés gnomoniques étrangères peuvent faire paraître des informations dans cette rubrique. ←P

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

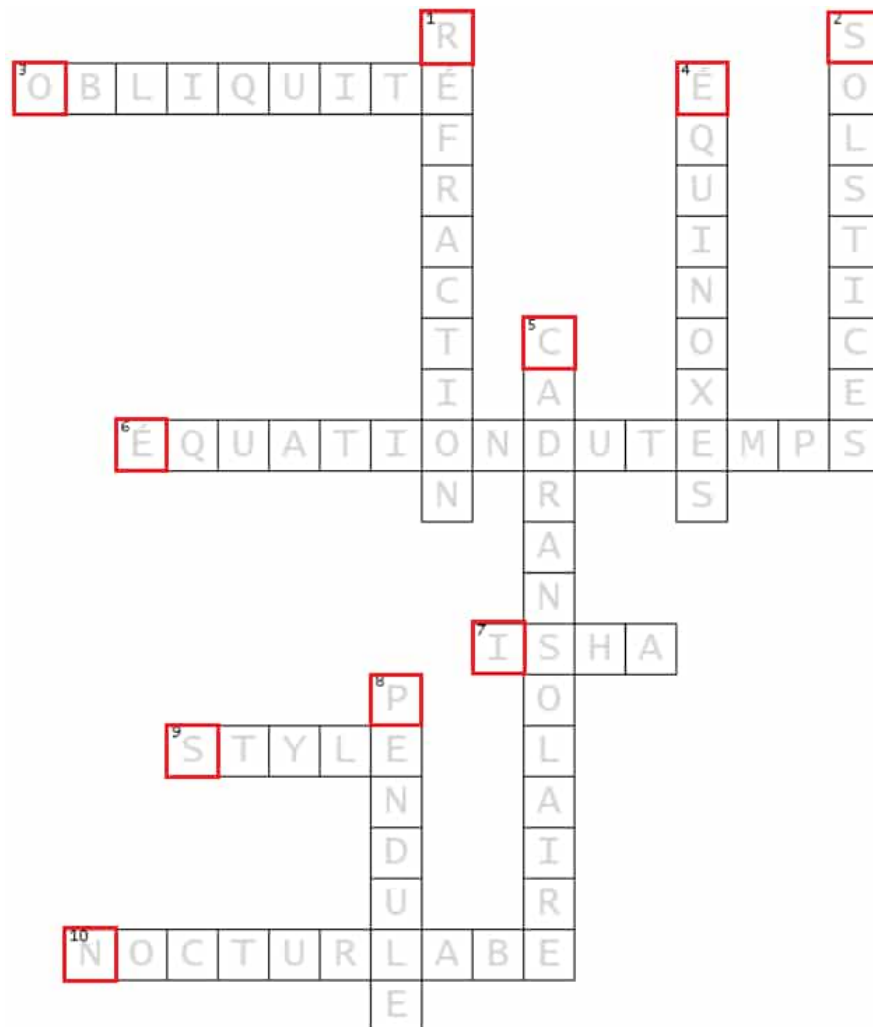
Pour utilisation personnelle, des articles peuvent être numérisés et envoyés à nos membres par mails, téléchargement ou par courrier (prix de la page au tarif de la SAF + frais d'envoi suivant le poids.)

Réalisation : **Dominique Collin** (relecture, mise en forme & traitement  $\text{\LaTeX}$ ) et **Philippe Sauvageot**.

Informations arrêtées en Mai 2025.



## Solution du mot mystère de CI 50

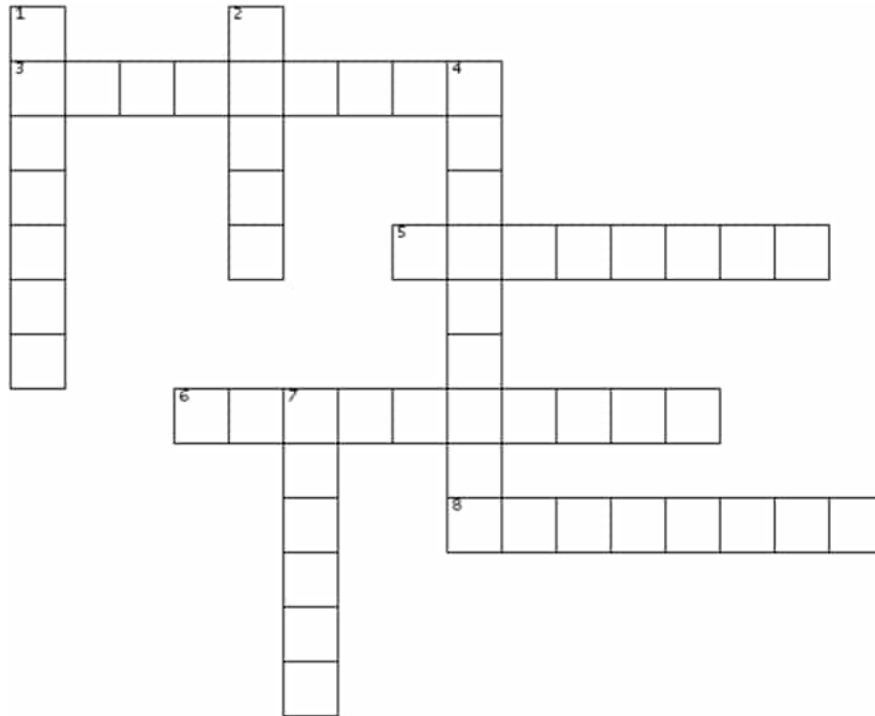


Le mot mystère était « *PÉRISCÈNE* »<sup>12</sup>.



<sup>12</sup>Mot rare, mais en astronomie ancienne, *périscène* désignait l'arc diurne de certaines étoiles visibles au-dessus de l'horizon.

## Trouvez le mot mystère



1. Quelle mesure angulaire fondamentale détermine l'inclinaison du style ?
2. Quel terme technique désigne la courbure de la ligne horaire sur un cadran solaire incliné ?
3. Quel instrument ancien combine souvent un cadran solaire avec des mesures astronomiques ?
4. Instrument médiéval utilisé pour calculer les positions planétaires.
5. Quel paramètre astronomique est constant pour un lieu donné ?
6. Quel type de cadran utilise un style parallèle à l'axe terrestre ?
7. Quel mot clé désigne l'ensemble des lignes d'un cadran ?
8. Quel terme désigne la différence entre temps solaire et temps moyen ?

Il suffira ensuite de trouver l'ordre des lettres des cases numérotées pour établir le mot mystère.

Composé grâce à [puzzlemaker.discoveryeducation.com/](https://puzzlemaker.discoveryeducation.com/)

*Solution au prochain numéro.*

## CADRAN INFO

Publié par la Commission des Cadres Solaires (CCS) de la Société Astronomique de France (SAF) est une revue spécialisée dans l'étude et la présentation des instruments de mesure du temps tels que : les cadrans solaires, les astrolabes et nocturlabes.

**CADRAN INFO** regroupe la majorité des présentations faites lors des deux réunions annuelles de la CCS ainsi que des articles reçus en cours d'année.

**CADRAN INFO** est devenu au cours des années UNE référence en matière d'histoire, d'études, de techniques, de méthodes pour certaines totalement inédites. La liste des articles publiés depuis l'origine est à retrouver sur notre site ou fournie sur demande.

**CADRAN INFO** paraît en mai et en octobre sous forme numérique avec en annexes de nombreux compléments (logiciels, photos, textes, ...).

La revue est adressée gracieusement aux associations gnomoniques avec lesquelles nous sommes en relation en Allemagne, Angleterre, Autriche, Belgique, Canada, Espagne, Hollande, Italie, Japon, USA, Suisse.

Pour se procurer *Cadran Info* en cours et ceux des 5 dernières années :

[boutique.saf-astronomie.fr](http://boutique.saf-astronomie.fr) → rubrique « Cadran Info »

ou

secrétariat de la SAF : 01.42.24.13.74, [secretariat@saf-astronomie.fr](mailto:secretariat@saf-astronomie.fr).

Les numéros **antérieurs à 5 ans sont disponibles gratuitement** sur notre [site Internet](http://site Internet).

**CADRAN INFO** c'est également des « guides », véritables « boîtes à outils » des gnomonistes/cadraniers, à télécharger gratuitement sur notre [site Internet](http://site Internet).



Découverte et  
chasse aux cadrans  
solaires



Astronomie et  
cadrans solaires  
pour débutants



Ensoleillement  
d'un cadran  
solaire



Orientation d'un  
cadran et déclinaison  
gnomonique



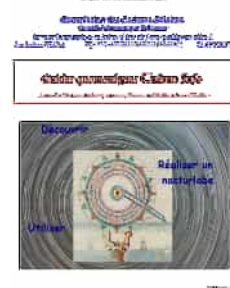
Outils numériques  
du gnomoniste-  
cadranier



Réaliser et utiliser  
un astrolabe



Construire un  
cadran de A à Z



Réaliser et utiliser  
un nocturlabe

## Site de la CCS

**Commission des Cadrons Solaires — Site officiel de la CCS ([saf-astronomie.fr](http://saf-astronomie.fr)) :**

Liste des titres parus dans la revue *Cadran Info* — 4000 ouvrages anciens ou récents — Logiciels et/ou méthodes pour réaliser votre cadran solaire — Vidéos — Éphémérides — Info-mails gnomoniques — Statistiques des inventaires depuis 1984 — CR réunions ...

## Comment soumettre un article pour publication dans Cadran Info ?

- ☐ Les articles sont à envoyer à D. Collin ou à Ph. Sauvageot par mél ou sur clef USB (sous format : .doc, .docx, .odt, Excel *ET* obligatoirement une version en PDF).
- ☐ Les auteurs qui souhaiteraient que leurs articles soient réservés exclusivement à la revue *L'As-tromie* devront le préciser dans leur envoi.
- ☐ Les articles sont présentés par ordre alphabétique des auteurs (ou en fonction de la composition du bulletin). Le contenu est sous la responsabilité de l'auteur.
- ☐ Les auteurs doivent obligatoirement indiquer leurs sources ou références si le sujet a déjà fait l'objet d'articles ou de communications récents.
- ☐ Toute reproduction totale ou partielle des présents articles ne peut se faire qu'avec l'accord des auteurs.
- ☐ Toute photographie (même des extraits ou des captures d'écran) doivent porter la mention de l'origine ou de son auteur et obtenir son accord écrit.
- ☐ Les articles, documents, photos... ne sont pas retournés après publication.
- ☐ **Police** : « **Times New Roman** », taille : 12 pt, interligne : simple, marges : 2,5 cm avec en-tête et pied de page. Pour les formules ne pas utiliser « symbole » mais insertion « caractères spéciaux » sous Times New Roman. Il est recommandé d'utiliser les symboles normalisés utilisés en gnomonique comme par exemple dans l'ouvrage « *La gnomonique* », éd. Les Belles Lettres, Paris, 2007, de Denis Savoie.
- ☐ **Les figures** : la position dans le texte doit être indiquée.  
Les images doivent être envoyées séparément (un fichier par image), en haute résolution.  
Le format de l'image : jpg ou png ou eps ou pdf.  
Le nom du fichier image : exemple "fig\_1.png" pour la figure n°1 si elle est en png; et ainsi de suite pour les autres fichiers.
- ☐ **Un résumé** doit être fourni ainsi que des **mots clefs** significatifs. Ceux-ci seront placés dans le chapeau de l'article.
- ☐ Une *épreuve* de l'article est systématiquement envoyé à l'auteur pour relecture et correctifs éventuels.

La revue fait l'objet d'un enregistrement à la BNF (numéro ISSN).



---

## Crédits Photographiques

---

**Figure 1** (page 22) — Photographie des six cadrans solaires de l'église de Sainte Affrique dans l'Aveyron. Référence : MHNT.PHa.TIR.08.05. *Crédit photographique* : @Museum de Toulouse.

**Figure 2(a)** (page 23) — La quatrième église de la ville construite au 17<sup>e</sup>. *Crédit photographique* : Archives municipales de Saint-Affrique.

**Figure 2(b)** (page 23) — Plan cadastral de la ville de Saint-Affrique dressé en 1810. *Crédit photographique* : Archives municipales de Saint-Affrique.

**Figure 3** (page 23) — Plan cadastral de la ville de Saint-Affrique dressé en 1810 indiquant l'emplacement de la quatrième église. *Crédit photographique* : Archives municipales de Saint-Affrique.

**Figure 4** (page 24) — Extrait du document reçu du *Cercle généalogique de l'Aveyron* et transformé en image pdf. *Crédit* : Cercle Généalogique de l'Aveyron.

**Figure 5** (page 24) — Agrandissement du document reçu du *Cercle généalogique de l'Aveyron* et transformé en image pdf pour repérer l'emplacement supposé des 6 cadrans solaires de l'église de Sainte-Affrique. *Crédit* : Cercle Généalogique de l'Aveyron.

**Figure 6** (page 25) — Extrait du document reçu du *Cercle généalogique de l'Aveyron* et transformé en image pdf pour le repérage de la 4<sup>e</sup> travée Sud-Est. *Crédit* : Cercle Généalogique de l'Aveyron.

**Figure 7** (page 25) — Extrait site web ?????. *Crédit* : ?????.

**Figure 8(a)** (page 26) — Annotations sur la photographie des six cadrans solaires de l'église de Sainte Affrique dans l'Aveyron. Référence : MHNT.PHa.TIR.08.05. *Crédit photographique* : @Museum de Toulouse.

**Figure 8(b)** (page 26) — Annotations sur la photographie des six cadrans solaires de l'église de Sainte Affrique dans l'Aveyron. Référence : MHNT.PHa.TIR.08.05. *Crédit photographique* : @Museum de Toulouse.

**Figure 9** (page 27) — Utilisation de la Photographie des six cadrans solaires de l'église de Sainte Affrique dans l'Aveyron sous l'application web Google Lens pour la détection des textes inscrits. Référence de la photographie : MHNT.PHa.TIR.08.05. *Crédit photographique* : @Museum de Toulouse.

**Figure 10** (page 29) — Extrait de l'image d'une carte postale d'époque montrant le pont vieux de Saint-Affrique. *Cliché photographique* : libre de droits.

**Figure 11** (page 30) — Trois numérisations réalisées par l'auteur et extraites du « *Dictionnaire des communes de l'Aveyron* » d'Adolphe Joanne. *Crédit photographique* : Éd. du Bastion.

**Figures 1–35** (35 figures) (pages 32–49) — Dessins de l'astrolabe de John Blagrove. Les figures montrent les différents fonctionnement et lectures des informations de nature astronomique sur l'astrolabe. *Crédit photographique* : Sébastien Berriot.

**Figure 1** (page 51) — Carte du département du Nord (Villeneuve d'Ascq). *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 2** (page 52) — Château de Flers — Office de Tourisme et son cadran solaire. *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 3** (page 52) — Église Saint-Pierre de Flers-Bourg avant restauration du cadran solaire. *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 4** (page 53) — Maison aux volets bleus de madame C. Ghesquière et faisant face à l'église. *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 5** (page 53) — Vue de l'église Saint-Pierre de Flers-Bourg et localisation du cadran sur celle-ci. *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 6** (page 53) — Vue en gros plan de la trace des chiffres et des lignes. *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 7** (page 53) — Figure réalisée par l'auteur comparant l'éventail des lignes horaires du cadran avec celui obtenu par logiciel. *Crédit* : Christian Druon.

**Figure 8** (page 54) — Photographie montrant J. Bonnin sur une nacelle lors de l'examen des tracés du cadran solaire sur l'église avant restauration. *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 9** (page 54) — Vue détaillée du cadran avec superposition des lignes horaires et des chiffres pour comparaison. *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 10** (page 54) — Dessin réalisé par l'auteur, obtenu par logiciel simulant le tracé complet des lignes horaires du cadran en comparaison avec leur tracé d'origine. *Crédit* : Christian Druon.

**Figure 11** (page 56) — Photographie vue d'ensemble des échafaudages pour la restauration du cadran. *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 12** (page 56) — Photographie des cadraniers posant devant le cadran lors de la restauration. *Crédit photographique* : Christian Druon.

**Figure 13** (page 56) — Vue du cadran est de son style derrière les échafaudages. *Crédit photographique* : Christian Druon.

- Figure 14** (page 56) — Photographie du cadran prise le 24-11-2024 à 12 h 35 min (12 h solaire). *Crédit photographique* : Christian Druon.
- Figure 15** (page 57) — Photographie prise depuis la plateforme de l'échaffaudage le 16-10-2024 à 17 h 20 min (15 h 47 min solaire). *Crédit photographique* : Christian Druon.
- Figure 1** (page 58) — Photographie des façades Est et Sud du cloître de l'abbaye de Cadouin (24 000). *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 2** (page 59) — Photographie du cadran et du style avant restauration. *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 3(a)** (page 59) — Dessin montrant la déclinaison gnomonique du mur. *Crédit* : Jacques Garcia.
- Figure 3(b)** (page 59) — Photographie de la méthode du rapporteur d'angle pour la mesure de la déclinaison gnomonique. *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 4** (page 60) — Photographie d'un impact de balle sur la table du cadran. *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 5** (page 60) — Photographie prise après traitement chimique. *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 6** (page 61) — Photographie de la méthodologie des travaux de préparation des peintures de la table. *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 7** (page 61) — Photographie du tracé et application des patines. *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 8** (page 62) — Photographie du cadranier en pleine action de restauration. *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 9** (page 62) — Photographie détaillée du tracé et du style mis en place après restauration. *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 10** (page 63) — Photographie gros plan du cadran restauré. *Crédit photographique* : Jacques Garcia.
- Figure 11** (page 63) — Capture d'écran du logiciel de vérification de la lecture du temps vrai et de l'heure légale. *Crédit* : Jacques Garcia.
- Figure 12** (page 63) — Dessin des lignes horaires du cadran tracé par logiciel et des lignes horaires d'origine sur le cadran. *Crédit* : Jacques Garcia.
- Figure 1** (page 64) — Croquis décrivant le principe de mesure de la déclinaison gnomonique par l'ombre elliptique d'une sphère posée sur un plan horizontal. *Crédit* : Gérard Hory.
- Figure 2** (page 65) — Photographie du dispositif en fonctionnement. *Crédit photographique* : Gérard Hory.
- Figure 3** (page 66) — Croquis décrivant les angles  $A$ ,  $D$ , et  $I$  pour la mesure de l'angle orienté  $D$  (déclinaison gnomonique). *Crédit* : Gérard Hory.
- Figure 4** (page 67) — Photographie de la sphère avec son ombre sur une feuille pour le relevé de la direction de l'ombre elliptique de la sphère. *Crédit photographique* : Gérard Hory.
- Figure 5** (page 67) — Photographie du dispositif complet de relevé des directions des deux bords de l'ombre elliptique de la sphère. *Crédit photographique* : Gérard Hory.
- Figure 6** (page 68) — Règle de Cras et ombre elliptique de la sphère pour la mesure de la déclinaison gnomonique. *Crédit photographique* : Gérard Hory.
- Figure 7** (page 68) — Croquis expliquant la mesure de l'angle  $I/2$  par la méthode des cordes. *Crédit photographique* : Gérard Hory.
- Figure 1** (page 72) — Photos extraites du catalogue « Islamic Art Auction, 24 May 2022 » : <https://www.orientalartauctions.com/> (lot 136, page 182) et de <https://medaillesetantiques.bnf.fr/>.
- Figure 2** (page 74) — Travail des auteurs à partir d'une photo de <https://medaillesetantiques.bnf.fr/>. *Crédit photographique* : BNF.
- Figure 3** (page 74) — Extrait des manuscrits de la British Library Or 5831 et BNF Arabe 1147; figure de Sédillot (1834) et modélisation des auteurs.
- Figure 4** (page 76) — Modélisation des auteurs plaquée sur une photo du site web : <https://www.orientalartauctions.com/>.
- Figure 5** (page 77) — Figures extraites de l'ouvrage de François Charette (2003) : *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria : The Illustrated Treatise of Najm Al-Din al-Misri*; éditions Brill. Figure extraite de la page 148.
- Figure 6** (page 78) — Travail des auteurs sur une photographie extraite du site web de <https://www.orientalartauctions.com/>.
- Figure 7** (page 79) — Détail de photographie extraite du site web : <https://www.orientalartauctions.com/>.
- Figure 8** (page 79) — Détail de photographie extraite du site web : <https://www.orientalartauctions.com/>.
- Figure 9** (page 80) — Modélisation des auteurs plaquée sur une photographie extraite du site web : <https://medaillesetantiques.bnf.fr/>.
- Figure 10** (page 81) — Travail des auteurs sur une photographie extraite du site web : <https://medaillesetantiques.bnf.fr/>.
- Figure 11** (page 81) — Détail de photographies extraites du site web : <https://medaillesetantiques.bnf.fr/>.
- Figure 12** (page 83) — Détails de photographies extraites des sites web <https://www.orientalartauctions.com/> et <https://medaillesetantiques.bnf.fr/>.
- Figure 1(a)** (page 86) — Photographie du cadran solaire du Morbihan de 1686. *Crédit photographique* : M. Bourdé.
- Figure 1(b)** (page 86) — Dessin des lignes horaires du cadran solaire du Morbihan de 1686. *Crédit* : M. Bourdé.
- Figure 2** (page 87) — Photographie du dos du cadran du Morbihan de 1686 comportant un triangle rectangle avec un angle de 48°50'. *Crédit photographique* : Pierre Labat.
- Figure 3** (page 87) — Photographie du cadran du Morbihan de 1686. *Crédit photographique* : Paul Gagnaire.
- Figure 4(a)** (page 88) — Photographie gros plan de la zone supérieure gauche (décoration) du cadran du Morbihan de 1686. *Crédit photographique* : Pierre Labat.
- Figure 4(b)** (page 88) — Photographie gros plan de la zone supérieure droite (décoration) du cadran du Morbihan de 1686. *Crédit photographique* : Pierre Labat.
- Figure 5(a)** (page 89) — Photographie gros plan de la zone inférieure gauche (décoration) du cadran du Morbihan de 1686. *Crédit photographique* : Pierre Labat.
- Figure 5(b)** (page 89) — Photographie gros plan de la zone inférieure droite (décoration) du cadran du Morbihan de 1686. *Crédit photographique* : Pierre Labat.
- Figure 6** (page 90) — Extrait carte vue générale de la Bretagne avec une ligne indiquant la latitude de 48° 45'. *Crédit photographique* : Paul Gagnaire.
- Figure 1** (page 93) — Miniature datée du milieu du XV<sup>e</sup> siècle (réf. : MS. IV 111, fol. 13V). *Crédit Photographique* : Bibliothèque Royale de Bruxelles.
- Figure 2** (page 94) — Détail de la miniature datée du milieu du XV<sup>e</sup> siècle (réf. : MS. IV 111, fol. 13V). *Crédit Photographique* : Bibliothèque Royale de Bruxelles.

**Figure 3** (page 95) — Quatre différents clichés de quadrant horaire à heures inégales extraites par l’auteur : (a) : Quadrant astrolabique de Profacius (manuscrit du début du XVI<sup>e</sup> siècle), (b) : Extrait du *Horologiographia* de Munster 1534, (c) Schéma d’un quadrant *vetustissimus* (Davis 2015) et (d) : extrait du manuscrit *ms Lund Mh 47 f.45v* de la bibliothèque Royale de Bruxelles.

**Figure 4** (page 96) — Cliché du cadran équatorial de Hans Dorn, modifié et légendé par l’auteur. Photo issue du : Adler Planetarium Museum (M-288).

**Figure 5** (page 97) — Cliché modifié et légendé par l’auteur. Miniature *réf.* : *MS. IV 111, fol. 13V*). *Crédit Photographique* : Bibliothèque Royale de Bruxelles.

**Figure 6** (page 98) — Extrait du cliché de la miniature par l’auteur. Miniature *réf.* : *MS. IV 111, fol. 13V*). *Crédit Photographique* : Bibliothèque Royale de Bruxelles.

**Figure 7** (page 99) — Cliché de l’araignée de l’astrolabe 41468 du History of Science Museum d’Oxford. *Crédit Photographique* : History of Science Museum d’Oxford.

**Figure 8** (page 100) — Cliché de l’araignée de l’astrolabe attribué à Jean Fusoris. *Crédit Photographique* : National Maritime Museum de Greenwich.

**Figures 1–10(b)** (14 figures) (pages 105–110) — Toutes les photographies présentes dans l’article ont été réalisées par l’auteur. *Crédit photographique* : Jean-Claude Reita.

**Figure 1** (page 113) — Photographie du cadran prise par le propriétaire.

**Figure 2** (page 113) — Photographie du style polaire prise par le propriétaire.

**Figure 3** (page 113) — Photographie du style polaire démonté. Photo prise par le propriétaire.

**Figure 4** (page 113) — Photographie de la table du cadran solaire horizontal prise par le propriétaire.

**Figure 5** (page 114) — Photographie du style polaire pour la mesure de son inclinaison. Photo prise par le propriétaire.

**Figure 6** (page 114) — Vue aérienne de la localisation du cadran. Cliché photographique extrait de Google Earth.

**Figure 7** (page 114) — Annotations portées sur une photographie du style polaire fournit par le propriétaire.

**Figure 8** (page 114) — Annotations portées sur la table du cadran à partir d’une photographie fournit par le propriétaire.

**Figure 9** (page 116) — Copie d’écran du logiciel Shadows pour la mesure des angles tabulaires des lignes horaires.

**Figures 10(a)–10(d)** (4 figures) (pages 117–117) — Dessin des lignes horaires en surimpression sur une photographie du cadran prise par le propriétaire.

**Figure 11** (page 118) — Copie d’écran du logiciel Google Earth représentant les tentatives de localisation du cadran d’après la latitude déterminée par le style et l’éventail des lignes horaires.

**Figure 12(a)** (page 118) — D’après une photographie prise par le propriétaire du cadran.

**Figure 12(b)** (page 118) — Mise en évidence des inscriptions sur le cadran d’après une photographie prise par le propriétaire.

**Figure 13** (page 120) — Mise en évidence du point de convergence des lignes horaires par surimpression sur une photographie prise par le propriétaire du cadran.

**Figures 14–15** (2 figures) (pages 120–120) — Images communiquées par B. Alix (CCS).

**Figure 16** (page 121) — D’après une photographie prise par le propriétaire du cadran.

**Figures 1–10** (10 figures) (pages 126–136) — Toutes les figures ont été réalisées par l’auteur à l’aide des logiciels *PowerPoint & Excel* de la suite bureautique Microsoft 365. *Crédit* : Marc Sauzéat.

**Figure 1** (page 139) — Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en laiton avec courbes horaires spiralées et gnomon périphérique du *Deutsches Museum*. *Crédit photographique* : ©Deutsches Museum.

**Figure 2** (page 140) — Dessin du principe de tracé d’une spirale horaire en coordonnées rectangulaires dans la version “a”. *Crédit* : Denis Savoie.

**Figure 3** (page 140) — Dessin expliquant la position du gnomon sur le disque du cadran de hauteur de la version “a”. *Crédit* : Denis Savoie.

**Figure 4** (page 141) — Détail du centre du cadran spiralé finement gravé avec la signature *Erasmus Habermel fecit*. *Crédit photographique* : ©Deutsches Museum.

**Figure 5** (page 142) — Exemple de tracé d’un cadran solaire spiralé avec gnomon périphérique. *Crédit* : Denis Savoie.

**Figure 6** (page 143) — Dos du cadran vertical de hauteur d’Habermel du *Deutsches Museum* qui comporte un convertisseur de l’heure solaire en heure planétaire et bohémienne. *Crédit photographique* : ©Deutsches Museum.

**Figure 7** (page 145) — Dessin du principe de tracé de l’abaque en coordonnées rectangulaires du cadran de la version “a”. *Crédit* : Denis Savoie.

**Figure 8** (page 146) — Détail de la table circulaire indiquant la planète régnante en fonction du jour et de l’heure. *Crédit photographique* : ©Deutsches Museum.

**Figure 9** (page 147) — Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en cuivre plaqué d’or (155 mm de diamètre) avec courbes horaires spiralées et gnomon central du *Kunsthistorisches Museum* daté 1589. *Crédit photographique* : ©Kunsthistorisches Museum.

**Figure 10** (page 148) — Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en cuivre doré (diamètre 160 mm) avec courbes horaires spiralées et gnomon central du *Science Museum d’Oxford* daté 1586. *Crédit photographique* : ©History of Science Museum, University of Oxford.

**Figure 11** (page 149) — Exemple de tracé d’un cadran solaire spiralé avec gnomon central (version “b”). *Crédit* : Denis Savoie.

**Figure 12** (page 150) — Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en laiton (diamètre 160 mm) avec courbes horaires en limaçon de Pascal de l’*Historisches Museum*. *Crédit photographique* : ©Historisches Museum.

**Figure 13** (page 151) — Dessin du tracé d’un cadran solaire en limaçon de Pascal avec gnomon central (version “c”). *Crédit* : Denis Savoie.

**Figure 14** (page 152) — Dos du cadran d’Habermel de l’*Historisches Museum* qui comporte un convertisseur de l’heure solaire en heure babylonique et bohémienne. *Crédit photographique* : ©Historisches Museum.

**Figure 15** (page 154) — Cadran solaire vertical de hauteur d’Habermel en laiton (diamètre 158 mm) avec courbes horaires en limaçon de Pascal et table des régents planétaires du *Germanisches National Museum* daté 1586. *Crédit photographique* : ©Germanisches National Museum.

**Figure 16** (page 155) — Cadran solaire vertical de hauteur en laiton (diamètre 120 mm) de Gerhard Emmoser avec courbes horaires en limaçon de Pascal du *Germanisches National Museum* daté 1571. *Crédit photographique* : ©Germanisches National Museum.

**Figure 17** (page 153) — Dessin du tracé d’un cadran solaire en limaçon de Pascal avec gnomon périphérique (version “d”). *Crédit* : Denis Savoie.

- Figure 18** (page 157) — Cadran solaire horizontal de hauteur d'Habermel gravé dans un carré de laiton (135 mm de côté) avec ses courbes d'heures ouvertes et fermées entourées d'un zodiaque latéral. *Crédit photographique* : ©Kunsthistorisches Museum.
- Figure 19** (page 158) — Dessin du réseau horaire dans un cadran solaire horizontal de hauteur d'Habermel. *Crédit* : Denis Savoie.
- Figure 20** (page 159) — Principe de détermination de la latitude et de la longueur du gnomon à partir de deux mesures sur le tracé (surimpression sur extrait photographique). *Crédit* : Denis Savoie.
- Figure 1** (page 162) — Triangles sphériques de position du Soleil — Coordonnées utilisées en astronomie. Dessin réalisé sous TikZ. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 2** (page 168) — Courbe horaire de midi dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "a". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 3** (page 169) — Réseau des courbes horaires dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "a". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 4** (page 170) — Aspect du réseau des courbes horaires en fonction de la latitude dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "a". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 5** (page 174) — Aspect complet du réseau des courbes horaires [figures (a) & (b)] et courbe horaire de midi [figure (c) & (d)] dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "b". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 6** (page 175) — Aspect du réseau des courbes horaires dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "b". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 7** (page 175) — Aspect du réseau des courbes horaires à l'équateur et à la latitude de Bangkok dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "b". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 8** (page 178) — Figure (a) : réseau horaire complet sous l'équation (32) et figure (b) sous l'équation (33) dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "c". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 9** (page 178) — Aspect du disque horaire sous différentes latitudes dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "c". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 10** (page 181) — Aspect du disque horaire dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "d". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 11** (page 182) — Différents aspect du réseau des courbes horaires selon la latitude dans le cadran solaire vertical de hauteur d'Habermel, version "d". Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 12** (page 185) — Aspect du réseau horaire dans le cadran solaire horizontal de hauteur d'Habermel (latitude 43° 43' et  $g = 1$ ). Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 13** (page 186) — Aspect du réseau horaire en fonction de la latitude dans le cadran solaire horizontal de hauteur d'Habermel. Dessin réalisé sous TikZ et Python. *Crédit* : Dominique Collin.
- Figure 1** (page 188) — Cadran canonial de l'abbaye de Buisson-de-Cadoun en Dordogne. D'après une photographie prise par I. & Ph. Lefèvre.
- Figure 2** (page 188) — Cadran canonial de l'abbaye de Tenaille en Charente-Maritime. *Crédit photographique* : J. Viale.
- Figure 3** (page 188) — Cliché extrait de l'article de M. Arnaldi : "Le ore "Benedettine" e l'orologio solare medievale dell'abbazia dell'Acquafrredda", dans *Gnomonica italiana*, n°8-Giugno 2004. *Crédit photographique* : M. Arnaldi.
- Figure 1** (page 191) — Horloge astronomique de Bourges : 1424. *Crédit photographique* : Jean Scordia.
- Figure 2** (page 191) — Astrolabe (Musée des Sciences d'Oxford). *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 3** (page 191) — Livre d'Heures de Charles VIII, époux d'Agne de Bretagne (Château d'Amboise), vers 1490. Extrait. *Crédit photographique* : Jean Scordia.
- Figure 4** (page 192) — Notes manuscrites en 2 parties "caroline, textura, ...". *Crédit photographique* : Jean Scordia.
- Figure 6** (page 193) — Image extraite du site web [Bing.com](https://www.bing.com). *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 7** (page 193) — Image extraite du CD *Cadrans Solaires*, Espagne. *Crédit photographique* : Pedro Novella.
- Figure 8** (page 193) — Image extraite du CD *Cadrans Solaires*, Espagne. *Crédit photographique* : Pedro Novella.
- Figure 9** (page 194) — Image extraite du CD *Cadrans Solaires*, Espagne. *Crédit photographique* : Pedro Novella.
- Figure 10** (page 194) — Les deux photographies sont de Jean Scordia.
- Figure 11** (page 194) — Psautier de Sainte-Élisabeth, vers 1250. *Crédit photographique* : Jean Scordia.
- Figure 12** (page 194) — Astrolabe n°45307. *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 13** (page 194) — Cadran canonial. *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 14** (page 195) — Astrolabe n°45133 (Musée des Sciences, Oxford), 1320. *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 15** (page 195) — Astrolabe n°40829 (Musée des Sciences, Oxford) : XIV<sup>e</sup> siècle ? (Sicile). *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 16** (page 195) — Astrarium de Dondi, *Les Cahiers de Sciences & Vie*, n°134. *Crédit photographique* : Sciences & Vie.
- Figure 17** (page 196) — Traité de Fusoris, *Cadran Info* n°44. *Crédit photographique* : Brigitte Alix.
- Figure 18** (page 196) — Astrolabe quadrant (Musée d'Angers), 1415. *Crédit photographique* : Jean Scordia.
- Figure 19** (page 196) — Livre des Heures, *Les Cahiers de Sciences & Vie*, n°134. *Crédit photographique* : Sciences & Vie.
- Figure 20** (page 196) — Livre des Heures. *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 21** (page 196) — Livre «L'Horloge de la Sagesse», par H. Suso, *Les Cahiers de Sciences & Vie*, n°134. *Crédit photographique* : Sciences & Vie.
- Figure 22** (page 197) — Astrolabe des Frères Prêcheurs, D 005.1.1. *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 23** (page 197) — Astrolabe des Frères Prêcheurs. *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 1** (page 198) — Découverte et ouverture du sarcophage de TADI. *Crédit photographique* : AgoraAfricaine.info.
- Figure 2** (page 199) — Image extraite du site web [Bing.com](https://www.bing.com). *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).
- Figure 2** (page 199) — Figure féminine accompagnée de 12 orantes qui surmonte l'inscription d'une heure ; décor peint de la déesse Nout (ou de la défunte Tadi). *Crédit photographique* : magazine Égypte Ancienne, n°53.
- Figure 3** (page 199) — Le couvercle du sarcophage en basalte de Djedhor. *Crédit photographique* : <http://go.microsoft.com>.
- Figure 4** (page 200) — Peinture de la déesse du ciel Nout. *Crédit photographique* : magazine Égyptomania, vol. 1.
- Figure 5** (page 200) — Couvercle du sarcophage en granite de Ankhnesneferibre. *Crédit photographique* : <http://microsoft.bing.image>.
- Figure 6** (page 201) — Papyrus funéraire. *Crédit photographique* : [Bing.com/images](https://www.bing.com/images).

- Figure 7** (page 201) — Le cercueil de Tadi, les 12 heures de la nuit. *Crédit photographique* : <http://microsoft.bing.image>.
- Figure 8** (page 201) — Voie Lactée, magazine *Ciel & Espace*, n°545, p. 113. *Crédit photographique* : Ciel & Espace.
- Figure 1** (page 203) — Cadran solaire à Saintes, 17 415, Charente Maritime. *Crédit photographique* : Jean Pakhomoff.
- Figure 2** (page 205) — Cadran solaire de J. Pakhomoff à Azille (11 700). *Crédit photographique* : Jean Pakhomoff.
- Figure 3** (page 206) — Cadran solaire diptyque n°456 — Musée de Cherbourg. *Crédit photographique* : Éric Mercier.
- Figure 4** (page 206) — Cadran solaire diptyques n°471 — Musée de Cherbourg. *Crédit photographique* : Éric Mercier.
- Figures 5(a)–5(c)** (3 figures) (pages 206–206) — Les différentes faces du Cadran solaire portatif n°456 — Musée de Cherbourg. *Crédit photographique* : Éric Mercier.
- Figure 6** (page 207) — Cadran analemmatique à Életot (76 540), Seine-Maritime. *Crédit photographique* : Christian Le Cointre.
- Figure 7** (page 208) — Vue aérienne du cadran analemmatique — commune d'Élote (Seine-Maritime). *Crédit photographique* : Christian Le Cointre.
- Figure 8** (page 208) — Panneau explicatif du cadran analemmatique. *Crédit photographique* : Christian Le Cointre.
- Figure 9** (page 209) — Photo du site de Buto. *Crédit photographique* : Ministère du Tourisme et des Antiquités (Égypte).
- Figure 10** (page 209) — Cadran du Louvre. *Crédit photographique* : Jean Scordia.
- Figure** — (page 228) — Fragment de cadran solaire égyptien. *Crédit photographique* : Jean Scordia.
- Figure** — (page 228) — Disque Computer d'un calendrier égyptien. *Crédit photographique* : Jean Scordia.
- Figure 13** (page 210) — Bilan statistique 2024 du *Groupe Conseil à la Sauvegarde du Patrimoine Gnomonique*. *Crédit photographique* : Bernard Cura.
- Figure 14** (page 211) — Bloc gnomonique (1764) de l'abbaye cistercienne de Neubourg acquit par la ville de Haguenau. *Crédit photographique* : Bernard Cura.
- Figure 15** (page 211) — Photographie d'un cadran vertical déclinant Ouest, à Beaune (Côte-d'Or), daté 1567; restauré par Yves Guyot. *Crédit photographique* : Yves Guyot.
- Figure 16** (page 211) — Double cadran vertical, déclinant est et ouest, à Ouilley-Le-Tesson (Calvados); restauré par P. Bukwa. *Crédit photographique* : Pascal Bukwa.
- Figure 17** (page 211) — Cadran gravé déclinant Ouest, daté de 1702, sur l'église de Humbauville (Marne); restauré par J. Bonnin. *Crédit photographique* : Jérôme Bonnin.
- Figures 18(a)–18(d)** (4 figures) (pages 212–212) — Cadran n°C125 : *Or Oc*. *Crédit photographique* : Claude Gahon.
- Figure 1** (page 213) — Fiche technique du cadran n°C125 : *Or Oc*. *Crédit photographique* : Claude Gahon.
- Figures 20(a)–20(c)** (3 figures) (pages 213–213) — Cadran n°C126 : *Soleil bleu*. *Crédit photographique* : Claude Gahon.
- Figure 21** (page 214) — Fiche technique du cadran n°C126 : *Soleil bleu*. *Crédit photographique* : Claude Gahon.
- Figures 22(a)–22(c)** (3 figures) (pages 214–214) — Cadran n°C127 : *Aster*. *Crédit photographique* : Claude Gahon.
- Figures 23(a)–23(b)** (2 figures) (pages 215–215) — Photos complémentaires du cadran n°C127 : *Aster*. *Crédit photographique* : Claude Gahon.
- Figure 1** (page 215) — Fiche technique du cadran n°C127 : *Aster*. *Crédit photographique* : Claude Gahon.
- Figures 25(a)–25(d)** (4 figures) (pages 216–216) — Cadran n°C128 : *Rayons de soleil*. *Crédit photographique* : Claude Gahon.
- Figure 26** (page 217) — Fiche technique du cadran n°C128 : *Rayons de Soleil*. *Crédit photographique* : Claude Gahon.
- Figures 34(a)–34(b)** (2 figures) (pages 223–223) — Copies d'écran du logiciel DelGnom. *Crédit photographique* : César Busto.
- Figures 35(a)–35(f)** (6 figures) (pages 224–224) — Copies d'écran du logiciel GnomonicPhoto. *Crédit photographique* : César Busto.
- Figure 36** (page 225) — Copie d'écran du site web de C. Marion (CCS). *Crédit photographique* : Christophe Marion.
- Figure 37** (page 226) — Photographie de 1912 retrouvée par J.C. Berçu (CCS) à la BNF. *Crédit photographique* : BNF.
- Figure 38** (page 226) — Photographie extraite de l'inventaire de la CCS du cadran du Petit Palais d'Avignon. *Crédit photographique* : CCS.
- Figure 39** (page 227) — Détails photographiques du 12<sup>e</sup> cadran islamique faux. *Crédit photographique* : [www.hatefi-collections.co.uk](http://www.hatefi-collections.co.uk).
- Figure 40** (page 227) — Cadran n°4 revendu en 2023. Photo issue du site. *Crédit photographique* : [www.hatefi-collections.co.uk](http://www.hatefi-collections.co.uk).
- Figure** — (page 228) — Photographie d'un *tippi gaulois* du village Gaulois de Pleumeur-Bodou. *Crédit photographique* : Jean-Paul Cornec.
- Figure 42** (page 229) — Page de couverture du *Cahier de Cosmographie* de M<sup>me</sup> Suzanne Débarbat (1928-2024) donné à la commission des cadrans solaires. *Crédit photographique* : Marc Sauzéat.
- Figure 43** (page 231) — Photos numériques d'un bail à besogne concernant deux cadrans solaires pour la ville de Labrugère (81 290). *Crédit photographique* : Archives départementales du Tarn.



## A

Abbaye  
   de Cadouin (24 480), 58  
 Acrylique (Acryl 33), 60  
 AGAP : Amicale Gnomonique Aquitaine Pyrénées, 58, 60, 62  
 Algorithme, 125, 129, 133  
   de Newton, 129–132  
 Alidade, 32, 33, 49  
 Alix, Brigitte, 112, 160  
 Allard, Florie, 61  
 Ammonium, 60  
 Amplitude  
   occase, 45, 46  
   ortive, 45, 46  
 Angle, 67  
   horaire, 66, 115, 163–165, 167, 171, 173, 176, 177, 181, 182, 184, 185  
 Anomalie moyenne, 134  
 Araignée, 35, 36, 38, 40, 41, 43, 45, 47, 98  
 Ascension droite, 34–36, 66, 163, 165  
 Astrolabe, 97  
   de Blagrove, 31–50  
   universel de Rojas, 119  
 Auque, Janine (1928-2022), 230  
 Azimut, 38, 40, 64–66  
   astronomique, 67  
   de coucher, 38, 46  
   de lever, 38, 46  
   nautique (ou géographique), 67

## B

Balle  
   de billard, 65  
   de golf, 65  
   de ping-pong, 65  
 Barker, Edward Harrison (1851-1919), 25  
 Becquaert, Charles, 232  
 Benoît, Didier, 21, 231  
 Berriot, Sébastien, 31  
 Berçu, Jean-Claude, 218  
 Bibliothèque  
   Nationale de France (BNF), 95  
   Royale de Bruxelles, 92, 93, 101  
 Blagrove, John (1523/24-1611), 31  
 Bonnin, Jérôme, 54, 57, 212, 222  
 Bourdè, Antoine, 85  
 Bukwa, Pascal, 212  
 Busto, César, 223

## C

Cadran solaire  
   à Saintes, 203  
   à heures temporaires, 23  
 Abbaye de Cadouin (24 480), 58–63  
   bifilaire, 204  
   Canonical, 187–189  
   d'Habermel  
     en limaçon de Pascal, 149–153, 176–182  
     horizontal de hauteur, 156–158, 183–186  
     spiralé, 138–149, 164–176  
 de Cl. Gahon :  
   *Aster*, 215  
   *Or Oc*, 212  
   *Soleil bleu*, 213  
   *rayon de soleil*, 216  
 de hauteur d'Habermel, 161  
 de Sainte Affrique (Aveyron), 21  
 horizontal de hauteur, 156–158, 183–186  
 oriental, 58  
 polaire, 212  
 universel, 96  
 vertical de hauteur, 137–153, 164–182  
 équatorial, 214, 216, 217  
 Capteur, 129, 132  
   photosensible, 125  
   vertical, 132  
 Causseret, Pierre, 212  
 Cercle horaire, 37  
 Chagot, D., 112  
 Chaux, 59, 61  
 Chinnici, Ileana, 233  
 Collin, Dominique, 112, 161–186, 219, 241  
 Coordonnée, 183  
   horaire, 163  
   horizontale, 163  
   paramétrique, 165, 171, 176, 179  
   écliptique, 163–165, 171, 179, 183  
   équatoriale, 163–165, 171, 179, 183  
 Coquille d'escargot, 173  
 Cornec, Jean-Paul, 88, 228  
 Courbe  
   fermée, 173  
   horaire, 162, 163, 173  
 Crépuscule, 43  
 Cura, Bernard, 211

## D

Danjon, André (1890-1967), 163, 230  
 Déclinaison, 34, 36, 38, 40–43, 45–47, 77, 134, 163  
   gnomonique, 59, 60, 64, 65, 132  
 Distance focale, 129  
 Druon, Christian, 51  
 Durée du jour, 37  
 Débarbat, Suzanne (1928-2024), 230

## E

Écliptique, 98  
 Ellipse, 64, 65  
 Emmoser, Gerhard (actif 1556–1584), 153  
 Éphéméride, 162  
 Épigraphe, 77–80, 82, 83  
 Équation  
   du second degré, 165, 171  
   du temps, 62, 66, 129, 130, 132, 134  
 Équinoxe, 60, 61, 167, 173, 178  
 Éthanol, 60

## F

Fibonacci, Leonardo (*Leonardo Pisano*), (1175-1250), 190  
 Fusoris, Jean (1365-1436), 92

## G

Gagnaire, Paul, 21, 86, 112, 121, 203  
 Gahon, Claude, 212, 213, 215, 216  
 Garcia, Jacques, 58  
 Gnomon, 76, 140, 162, 164, 165, 171, 175, 176, 179, 181, 183, 185  
 Grandjean de Fouchy, 26  
 Gregori, Serge, 112  
 Guyot, Yves, 211, 212

## H

Habermel, Érasme (1538?-1606), 137, 138, 141–144, 146, 147, 149, 151–153, 156, 159, 161–186  
 Hauteur, 32, 38–40, 43, 48, 65–67, 140, 173  
   d'une étoile, 33  
   méridienne, 41, 42  
 Heure  
   babylonique, 151

coucher du Soleil, 36, 38, 48, 173  
 de prière, 81  
 inégale, 81  
   de jour, 48  
   de nuit, 48  
 italique, 151  
 lever du Soleil, 36, 38, 48, 49, 173  
 solaire, 151  
 solaire vraie, 162  
 temporaire, 26  
 été, 62  
 Hory, Gérard, 64

## I

Imser, Philipp (1500-1570), 153

## J

Jarray, Fathi, 71, 227  
 Joanne, Adolphe, 25  
 Jour  
   Julien, 133

## L

Labat-Ségalen, Pierre, 85  
 Lambalieu, Michel, 226  
 Latitude, 31, 36-43, 45, 46, 48, 50, 133  
   écliptique, 163  
 Lecoindre, Christian, 207  
 Ligne  
   d'horizon, 36, 45, 47  
   de hauteur, 43  
   de Midi, 115  
   des équinoxes, 60, 61  
   du zodiaque, 183  
   horaire, 61  
 Limbe, 34, 36, 40  
 Logiciel  
   Solar Topo, 218  
   Sun Earth Tools, 218  
   Sun path 3D, 218  
   SunSurveyor, 218  
   DelGnom, 223  
   Excel, 125, 131, 136  
   GWBasic, 205  
   GnomonicPhoto, 224  
   Google Lens, 26  
   Google earth, 113  
   Python, 186  
 Longitude, 49, 62, 129, 133  
   du Soleil, 34  
   géographique, 66  
   écliptique, 33-35, 77, 140, 161-165, 168,  
     169, 171, 182  
 Léma, Pierre, 233

## M

Marion, Christophe, 226  
 Massé, Yvon, 112, 115  
 Mathemamtical Jewell (de J. Blagrove), 31  
 Meeus, Jean, 133  
 Mercier, Éric, 71, 92, 112, 122, 190, 206, 227  
 Méridien, 34, 67, 122  
 Michel, Henri (1885-1981), 160  
 Monuments Historiques  
   Bordeaux, 61  
 Musée  
   Adler Planetarium Museum, 97  
   Deutsches Museum (Munich), 138, 148,  
     160

du Petit Palais (Avignon), 226  
 Germanisches National Museum (Nü-  
 remberg), 138, 153, 160  
 Historisches Museum (Francfort-sur-le-  
 Main), 138, 149, 151, 153, 159, 160  
 History of Science Museum (Oxford), 98  
 Kunsthistorisches Museum (Vienne),  
   138, 151, 156  
 Landesmuseum Württemberg (Stutt-  
 gart), 156  
 Museum de Toulouse, 21  
 Musée d'Angers, 195  
 National Maritime Museum (Green-  
 wich), 98  
 Národní technické muzeum (Prague),  
   138  
 Oxford Science Museum (Oxford), 138,  
   190, 194, 195  
 Universalmuseum Joanneum (Graz, Au-  
 triche), 95

## N

Niveau à bulle, 65  
 Nocturlabe, 153  
 Nuancier  
   Exclusiv, 61  
 Nur al-Din Zangi (1118-1174), 78

## O

Obliquité  
   de l'écliptique, 164, 165, 179  
 Observatoire  
   de Paris, 218  
 Octique, 184  
 Ombre, 64  
 Ostenseur, 34-36, 40, 119

## P

Pakhomoff, Jean, 203, 204  
 Parallèle, 34, 47  
   de déclinaison, 38, 40-43, 46, 47  
   de hauteur, 38, 40-42  
   du crépuscule, 43  
 Paramètre  
   de construction, 158  
 Patrimoine  
   Dordogne-Périgord, 61  
 Peinture  
   minérale, 61  
 Piazzi, Giuseppe (1746-1826), 233  
 Pigment, 60, 61  
   naturel, 61  
 Pinnule, 32, 33  
 Poncelet, Jean-Marie, 212

## Q

Quartique, 176, 177, 179, 181, 185

## R

Rapporteur  
   d'angles, 59  
 Rauwel, Alain, 189  
 Réfraction, 218  
 Règle  
   de Cras, 65, 67  
 Reita, Jean-Claude, 104  
 Rete, 38  
 Revue

Cadran Info, n°37 (mai 2018), 222  
 BBS, Vol. 27, 2015, 103  
 BBS, Vol. 94, (1), 1994, 103  
 BBS, vol. 36 : n°iii, 234  
 BBS, vol. 36 : n°ii, 233  
 Bulletin of the Scientific Instrument  
   Society, N°132, 2017, 103  
 Bulletin of the Scientific Instrument  
   Society, N°139, 2018, 103  
 Cadran Info, n°18 (mai 2008), 103  
 Cadran Info, n°25 (mai 2012), 84, 103  
 Cadran Info, n°28 (octobre 2013), 163  
 Cadran Info, n°33 (mai 2016), 103  
 Cadran Info, n°39 (mai 2019), 84  
 Cadran Info, n°44 (octobre 2021), 227  
 Cadran Info, n°46 (octobre 2022), 162  
 Cadran Info, n°48 (octobre 2023), 206  
 Cadran Info, n°49 (mai 2024), 31  
 Cadran Info, n°50 (octobre 2024), 190,  
   197, 205, 219  
 JHA, Vol. XXXIII, 2002, 103  
 Journal of the Warburg and Cour-  
   tauld Institutes, LXII, 1999, 103  
 La Busca de Paper, n°106, 234  
 La Busca de Paper, n°107, 234  
 Le Gnomoniste, Vol. XVII (2), 2010, 103  
 Orologi Solari, n°35, 235  
 Orologi Solari, n°36, 236  
 Physis, Rivista di Storia della Scien-  
   za, N°2, fasc. 4, 1960, 103  
 Scriptorium, Tome 17, n°2, 1963, 103  
 Sonne Zeit, 2024, n°68, 236  
 Suhayl, n°21 (décembre 2024), 84  
 The Compendium, vol. 31 : n°4, 235  
 The Compendium, vol. 32 : n°1, 235  
 Zon & Tijd, 2024.4 : n°151, 236  
 Zon & Tijd, 2025.1 : n°152, 237  
 Rodolphe II (1552-1612), 137

## S

Sable, 61  
 Sauvageot, Philippe, 112, 241  
 Sauzéat, Marc, 125, 230  
 Savoie, Denis, 137, 161, 165, 171, 176, 179, 241  
 Schneider, Denis, 187  
 Scordia, Jean, 87, 112, 190, 198, 209, 219, 222  
 Sénèque le Jeune (*Lucius Annaeus Seneca*, 4  
   av.J.-C. – 65 ap.J.-C), 151  
 Sextique, 167, 181  
 Siam, 112  
 Sibille, Barbara, 61  
 Silicate de potassium Keim, 61  
 Soldalit (Keim), 61, 62  
 Solstice, 136  
   hiver, 61, 131, 133  
   été, 61, 131  
 Sphère, 65  
 Sphéricité, 65  
 Spirale, 173  
 Style, 59, 60, 62, 108  
   métallique, 60-62  
   polaire, 96  
 Suso, Henri (1295-1366), 92

## T

Table, 59  
 Tangente, 67  
 Temps  
   civil, 125, 126, 129, 132, 133  
   sidéral local, 66

solaire, [133](#)  
solaire moyen, [131](#)  
vrai, [115](#), [131](#)  
Transformation  
de coordonnées, [166](#)  
Tuscano, Maria Luisa, [233](#)

Tycho Brahe (1546-1601), [137](#)  
Tympan, [34](#), [36](#), [38](#), [40-43](#), [47](#)



Vila, Julia, [26](#)

Villeneuve d'Ascq (département du Nord), [51](#)



Zénith, [163](#)



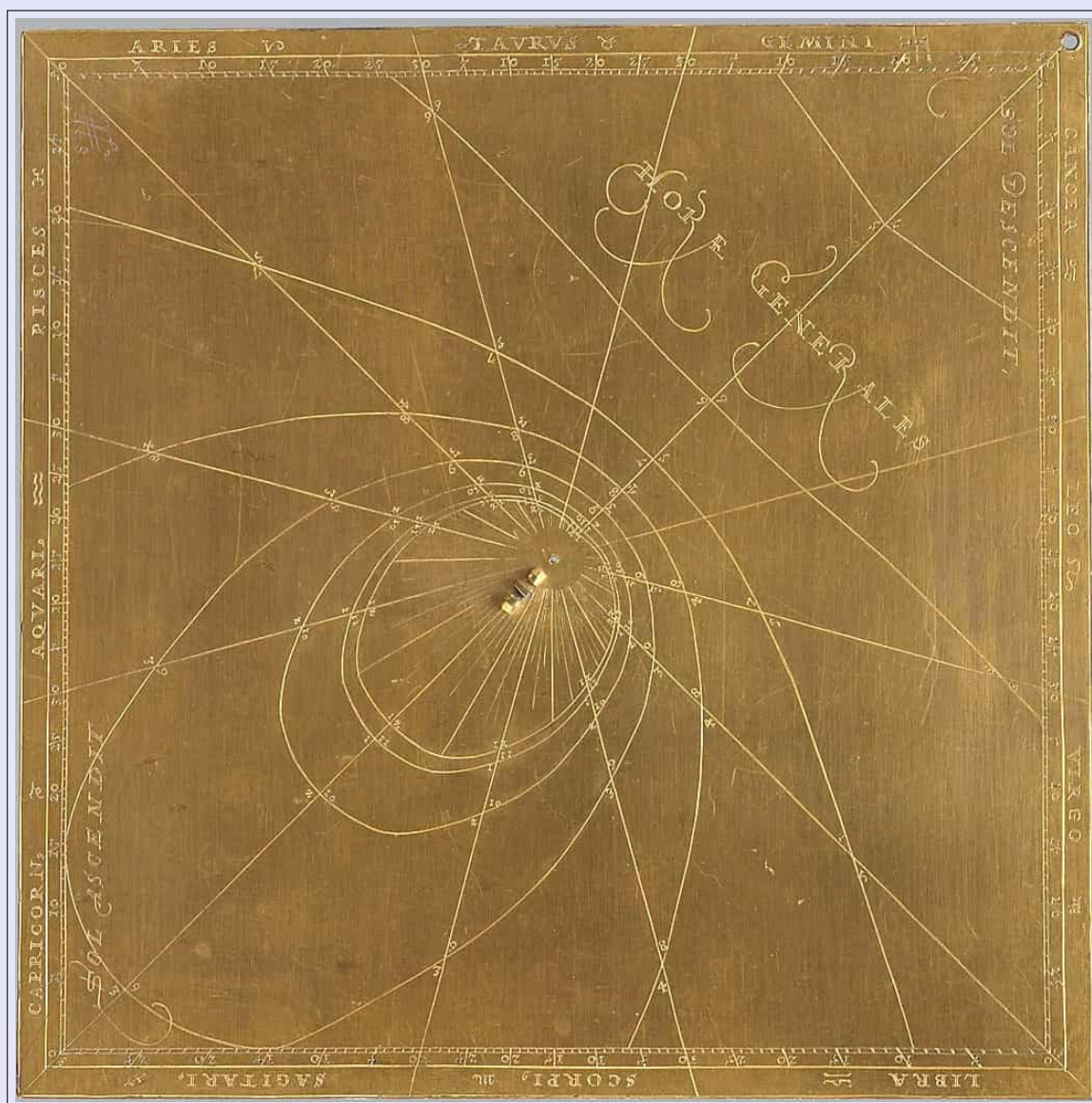


Photo fournie par Denis Savoie

Cadran solaire de hauteur horizontal d'Érasme Habermel (1538?-1606)