

CADRANS SOLAIRES POUR TOUS

Magazine trimestriel - n°17 - Automne 2025 - 12€

SOCIETAS
SCIENTIARVM VARSAVIENSIS



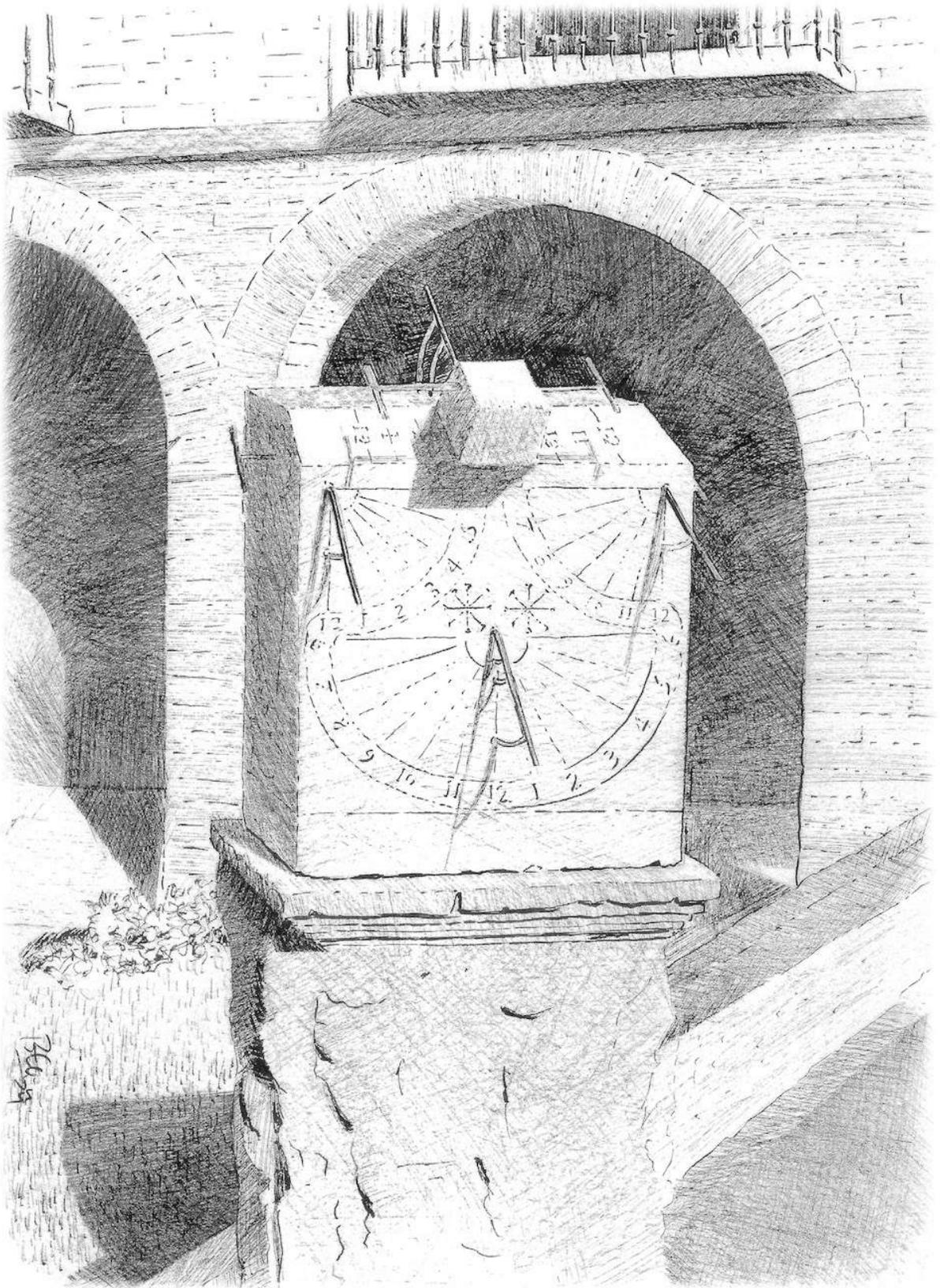


PHOTO DE COUVERTURE - Statue de Nicolas Copernic tenant une sphère armillaire, devant le bâtiment de la Société scientifique de Varsovie, à Varsovie (Pologne). Le chanoine, médecin et astronome Copernic, né début 1473 à Toruń (alors Thorn en Prusse royale, royaume de Pologne), consacra sa carrière à remettre en cause la vision géocentrique de Ptolémée (voir l'article de Michèle Tillard, pp. 20-23), affirmant au contraire que notre monde proche était héliocentrique. C'est la « Révolution copernicienne » qu'un siècle plus tard Galilée, avec ses observations, et Kepler, avec ses calculs, confirmeront et affineront. Pologne, terre de gnomonique, comme le démontre Rafał Zaczkowski dans son article pp. 28-29.

Ci-DESSUS - Dessin d'Esteban Martínez extrait de son dernier ouvrage « Cadrans solaires historiques - Trésors andalous oubliés » (<https://relojandalusi.org/relojes-de-sol-historicos/>)



SOMMAIRE

4	Contents
5	Éditorial
6	Actualités
8	Une boussole de déclinaison solaire antédiluvienne - Ferdinando Roveda
10	Les cadrans à style profilé - Yvon Massé
12	Une éclipse de Soleil deux fois par an, chaque année, dans son jardin ! - Yves Opizzo
14	Éviter que le Soleil ne soit masqué... - Roger Torrenti
16	Longueur de l'ombre d'un cadran horizontal - Pierre-Louis Cambefort
18	Cadran solaire Maillefer de Buchillon, Suisse - Pierre-André Reymond
20	Claude Ptolémée, l'apogée et la fin de la science grecque - Michèle Tillard
24	Heures légales des levers, culminations et couchers du Soleil en France - Francis Reymann
26	Cadrans solaires sur les cartes OpenStreetMap - David Alberto
28	La gnomonique en Pologne - Hier et aujourd'hui - Rafał Zaczkowski
30	Heure solaire sans la latitude - Henri Gagnaire
32	Fabriquer un cadran solaire par gravure / découpage laser - François Blateyron
34	Jeux et énigmes
36	Solutions des jeux et énigmes
38	Rayons de Soleil - Claude Gahon
39	Crédits photos et illustrations

Ci-DESSUS - Photo (recadrée) prise par l'astronaute américain Don Pettit le 29 janvier 2025, pendant la mission Expedition 72 de la NASA. Notre planète apparaît en vert. L'arc de cercle est une partie de la couche de l'atmosphère terrestre. À gauche, la Voie lactée....

CONTENTS

- [5](#) **Editorial**
- [6](#) **News**
- [8](#) **An antediluvian solar declination compass - Ferdinando Roveda**
The author invites us to go back in history, before the Flood, since the solar compass he presents to us was supposedly invented by Noah's (the Flood survivor's) great-grandfather, making it literally an... antediluvian object!
- [10](#) **Profile-gnomon sundials - Yvon Massé**
In a previous article, the author traced the history of equatorial mean time sundials and concluded with Martin Bernhardt's ingenious profiled-gnomon sundial. Here, he invites us to better understand how to calculate such a gnomon.
- [12](#) **A solar eclipse twice a year, every year, in your garden! - Yves Opizzo**
Perhaps you too will see a television crew arrive at your home if you follow the author's example, who shares his passion for astronomy with us and shows us a clever creation installed in his garden...
- [14](#) **Preventing the sun from being hidden... - Roger Torrenti**
To find the ideal location in your apartment or house for the sundial you designed (or had made), you will need to take into account the various obstacles that could hide the Sun. The author gives us some tips that may help...
- [16](#) **Length of the shadow of a horizontal sundial - Pierre-Louis Cambefort**
When a problem is difficult to solve using simple plane geometry, gnomonists logically turn to spherical geometry, which is actually not so complex to use. The author demonstrates this here by determining the length of the shadow of a horizontal sundial...
- [18](#) **Maillefer sundial from Buchillon, Switzerland - Pierre-André Reymond**
A beautiful sundial made by Charles Maillefer in Buchillon, in the canton of Vaud in Switzerland, on the shores of Lake Geneva. It is inspired by an instrument known since Antiquity, used in particular by sailors for centuries...
- [20](#) **Ptolemy, the apogee and end of Greek science - Michèle Tillard**
After her articles on Aratus, Hipparchus, Eratosthenes, Archimedes, Anaximander, and Hesiod, Michèle Tillard invites us in this issue to learn more about the work of another great Greek scientist of Antiquity: an astronomer, geographer, and astrologer...
- [24](#) **Legal times of sunrise, culmination, and sunset in France - Francis Reymann**
At what time (on our watches and phones) does the Sun rise, set, and culminate? Of course, you can use the internet or well-known formulas for a given day, but the author offers here a very simple Excel tool for plotting these times all over the year.
- [26](#) **Sundials on OpenStreetMap - David Alberto**
Have you ever used OpenStreetMap, the collaborative online tool <https://www.openstreetmap.org/> that you can use to locate sundials in a given geographic area? This article will guide you through your first steps...
- [28](#) **Gnomonics and sundials in Poland - Yesterday and today - Rafał Zaczekowski**
After inviting you in this magazine to discover the developments of gnomonics and sundials in various European countries (Austria, Belgium, the Czech Republic, Hungary, Italy, Latvia, Portugal, Spain, Switzerland, and the United Kingdom... today we're taking you to Poland.
- [30](#) **Solar time without latitude - Henri Gagnaire**
What if you created a device that would allow you to determine solar time regardless of the latitude of your location? A "universal sundial," so to speak... The author explains its concept and guides us through its construction.
- [32](#) **Making a sundial using laser engraving/cutting - François Blateyron**
Even amateur gnomonists can easily create beautiful engraved sundials. The author explains how to do it using his popular Shadows software and an engraving/cutting machine, which you can find at a fablab near you.
- [34](#) **Games and puzzles**
- [36](#) **Solutions to games and puzzles**
- [38](#) **Sunbeams - Claude Gahon**
- [39](#) **Photo and illustration credits**

ÉDITORIAL

L'été est typiquement propice au repos et à la détente et nous espérons qu'il aura été profitable à toutes et tous. C'est aussi souvent une période consacrée aux voyages, aux découvertes et... aux photos : nous comptons sur vous pour nous envoyer votre meilleure photo de cadran solaire en réponse à notre Concours 2025 (vous avez jusqu'au 31 octobre).

Une nouvelle année commence, non seulement parce que vous êtes nombreux à « reprendre le travail » mais aussi parce que l'année 234 du calendrier républicain commence le 22 septembre prochain. Nous avons, cette année encore, eu le plaisir de coopérer avec Fabio Savian afin que sa mise à jour du calendrier républicain soit également éditée en français (outre ses versions italienne et anglaise). Il est donc encore temps d'offrir ou de vous offrir ce calendrier unique et utile aux gnomonistes.

Les « Actualités » des pages suivantes vous donneront tous les détails relatifs au Concours 2025 et à ce calendrier.

Sinon, comme d'habitude, nous nous sommes efforcés de bâtir un numéro varié, dense, à destination de tous, des simples curieux aux gnomonistes avertis, et espérons que vous aurez autant de plaisir à le parcourir que nous à le préparer.

Roger Torrenti
Responsable éditorial

contact@cadrans-solaires.info

EDITORIAL

Summer is typically a time for rest and relaxation, and we hope it has been a rewarding time for everyone. It's also often a time for travel, discovery, and... photos : we're counting on you to send us your best sundial photo in response to our 2025 Contest (you have until October 31st) !

A new year is beginning, not only because many of you are "back to work", but also because... Year 234 of the Republican calendar begins on September 22nd. This year again, we had the pleasure of collaborating with Fabio Savian to ensure that his updated Republican calendar is also published in French (in addition to its Italian and English versions). So there's still time to offer this unique calendar (useful to gnomonists), or to treat yourself to it.

The "News" section on the following pages will provide you with all the details regarding the 2025 Contest and this calendar.

This being said, as usual, we have tried to create a varied and dense issue, aimed at everyone, from the merely curious to experienced gnomonists. We hope that you will enjoy reading it as much as we did preparing it.

Roger Torrenti
Editorial manager

COMITÉ ÉDITORIAL - EDITORIAL BOARD



David Alberto



Jean-Luc Astre



Pierre-Louis Cambefort



Henri Gagnaire



Claude Gahon



Alix Loiseleur
des Longchamps



Yvon Massé



Yves Opizzo



Francis Reyman



Michèle Tillard



Roger Torrenti



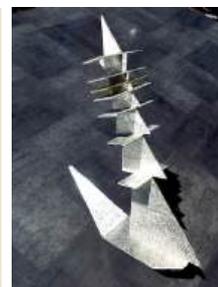
Marisa Tuscano

ACTUALITÉS



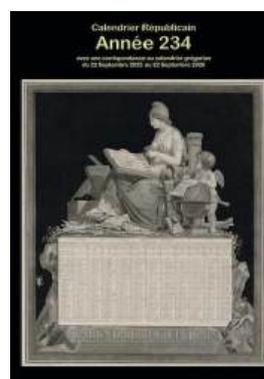
CONCOURS PHOTO 2025...

Il est encore temps de participer au « Concours Cadran solaire pour tous 2025 » qui consiste, comme en 2023, en un concours photo. Le règlement détaillé de ce concours peut être téléchargé ci-dessous¹. Les candidatures sont à envoyer avant le 31 octobre ! Le lauréat du concours recevra une œuvre originale du cadranier Claude Gahon : son *Ariane 3000* (photo ci-contre), présenté dans le n° 8 du magazine².



CALENDRIER RÉPUBLICAIN 2025-2026

Un cadeau à offrir ou à s'offrir pour 15 € (frais d'expédition inclus) : la version française (à laquelle nous avons collaboré) du calendrier républicain pour l'année 234 (de septembre 2025 à septembre 2026). Édité par Fabio Savian, ce calendrier historique et poétique, présenté dans le n°12 du magazine³, contient des indications gnomoniques pour chaque jour de l'année et une référence aux dates de notre calendrier grégorien ainsi qu'aux constellations du zodiaque. À commander par email (fabio.savian@nonvedolora.it).



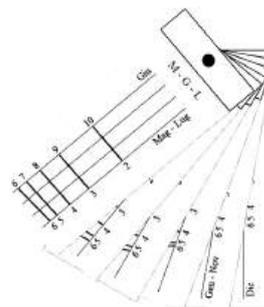
UN HÉLIODON GÉANT...

L'héliodon est cet instrument qu'utilisent architectes et urbanistes pour étudier l'effet de la course du Soleil sur des maquettes. Si vous avez la chance de passer par Venise avant le 24 novembre, ne manquez pas l'héliodon géant⁴ que l'agence d'architecture néerlandaise MVRDV a installé dans le cadre de l'exposition biennale d'architecture *Time Space Existence*. Il joue en fait le rôle de refuge ombragé et lumineux pour les visiteurs. L'ombre est garantie par un mécanisme astucieux basé sur des technologies passives (pas d'électricité, d'électronique).



LES CADRANS ÉGYPTIENS EN L (SUITE...)

Différents articles ^{5 6} ont déjà paru dans ce magazine sur les cadrans en L égyptiens. Ferdinando Roveda nous signale qu'il a également imaginé un tel cadran mais plus simple de lecture : 6 plaques horaires sont tracées (chacune pour un mois de l'année en tenant compte de la symétrie semestrielle des hauteurs du Soleil), et il suffit de placer sur la partie la plus longue de l'instrument la carte correspondant au mois d'observation !



¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/04/2025-CSPT_concours-contest-1.pdf

² https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/06/mag-CSpour-tous-n8_C-Gahon.pdf

³ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/05/mag-CSpour-tous-n12_F-Savian.pdf

⁴ <https://www.mvrdv.com/news/4690/sombra-pavilion-venice-time-space-existence>

⁵ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/08/mag-CSpour-tous-n13_F-Roveda.pdf

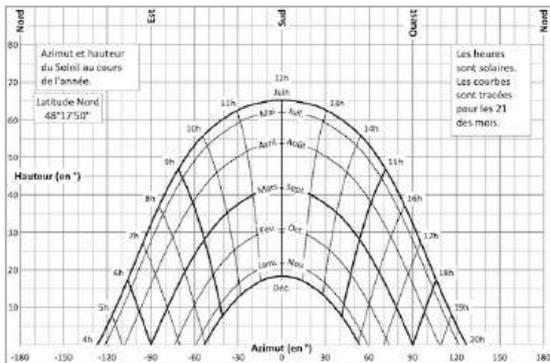
⁶ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/05/mag-CSpour-tous-n16_R-Torrenti.pdf



ACTUALITÉS

COURBE HAUTEUR - AZIMUT DU SOLEIL

Francis Reymann nous présente un outil intéressant dans ce numéro du magazine (cf. pp. 24-25 - *Heures légales des levers, culminations et couchers du Soleil en France*) mais il a également développé un autre outil très utile et simple d'utilisation : vous saisissez une latitude et obtenez instantanément la courbe annuelle hauteur - azimut du Soleil à cette latitude. Un outil précieux pour les gnomonistes amateurs et professionnels, les enseignants, les simples curieux... L'outil est un fichier Excel que l'on peut télécharger librement¹.



UN ENDROIT CONSTAMMENT ÉCLAIRÉ...

Vous souvenez-vous du problème gnomonique proposé dans le n°11 de ce magazine² qui invitait à retrouver les équations d'un miroir automatisé, installé sur une colline surplombant le village de Viganella au nord de l'Italie, et renvoyant, à toute heure du jour et de l'année, les rayons solaires vers la place de ce village niché au fond d'une vallée étroite ?

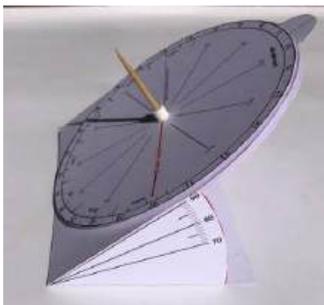
Espaciel, une entreprise lilloise, a d'évidence résolu le problème puisqu'elle propose parmi ses produits un réflecteur motorisé intelligent³ suivant automatiquement la course du Soleil et renvoyant ses rayons vers le même endroit de votre habitation que vous aurez ainsi éclairé toute la journée...



MAQUETTES ASTRONOMIQUES EN PAPIER

David Alberto a encore enrichi son site que nous avons souvent mentionné dans ce magazine. On y trouve désormais un livret PDF à télécharger⁴ librement, rassemblant une dizaine de maquettes à réaliser en papier, et avec du matériel courant. N'ont été sélectionnées que les maquettes dont les tracés ne sont pas propres à une latitude unique. Ce sont essentiellement des cadrans solaires universels ou des astrolabes universels. Chaque chapitre comporte une notice de montage et d'utilisation, ainsi que les pages à imprimer.

On trouve également sur ce site une maquette de globe céleste⁵, excellent outil pour comprendre le mouvement apparent des étoiles et du Soleil, au cours d'une journée ou d'une année. La maquette est constituée d'une sphère céleste et d'un socle, facile à réaliser avec peu de moyens techniques.



¹ <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/06/AziHaut.xlsx>

² <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/03/mag-CSpour-tous-n11.pdf>

³ <https://shorturl.at/rnRtl>

⁴ <https://www.astrolabe-science.fr/livret-maquettes-astronomiques-papier/>

⁵ <https://www.astrolabe-science.fr/maquette-globe-celeste/>

UNE BOUSSELE DE DÉCLINAISON SOLAIRE ANTÉDILUVIENNE

Ferdinando Roveda

L'auteur nous invite à remonter l'histoire jusqu'avant le déluge, puisque la boussole solaire qu'il nous présente aurait été inventée par l'arrière-grand-père de Noé, le survivant du Déluge, ce qui en fait littéralement un objet antédiluvien...

L'article de David Alberto, paru dans le numéro 16 de cette revue¹, m'a rappelé qu'en surfant sur Internet on peut trouver le *Livre d'Énoch*². Énoch, selon la Bible, était le septième patriarche après Adam, et l'arrière-grand-père de Noé (Genèse, 5, 18-29). Le *Livre d'Énoch* n'est pas reconnu par l'Église catholique et doit donc être considéré comme un texte apocryphe (son authenticité étant douteuse ou niée).

Je ne me permettrais pas de donner une évaluation religieuse ou historique, car je n'ai aucune expertise en la matière, mais je voudrais souligner que le texte contient une section intitulée *Traité d'astronomie et de météorologie*, dans laquelle (chapitre 71 du texte cité²) est décrite la méthode de construction d'une « boussole à déclinaison solaire », ce qui m'a rendu assez curieux. C'est la première fois que je rencontre dans mes lectures un système gnomonique littéralement antédiluvien (en supposant, bien sûr, l'authenticité du texte).

En suivant les indications du texte, nous partons de l'équinoxe de printemps, le jour où, comme on le sait, le Soleil se lève exactement à l'est et se couche exactement à l'ouest. La déclinaison solaire, supposée constante, varie en fait tout au long de la journée mais nous faisons également cette simplification sur nos cadrans solaires lorsque nous traçons la ligne équinoxiale. Ce jour-là, trois repères (appelés pôles) doivent être installés : un exactement à l'est, là où le Soleil se lève, un exactement à l'ouest, là où il se couche, et un, qui fonctionnera comme point d'observation du phénomène, à mi-chemin entre les deux premiers, au centre de ce qui deviendra une partie de circonférence.

Après cela, il faut attendre 30 jours : le trentième jour, une autre référence sera installée au point où le Soleil se lève, et une autre au point où il se couche. Enoch appelle l'espace entre les deux points de repère orientaux (ainsi qu'entre les deux points de repère occidentaux) un

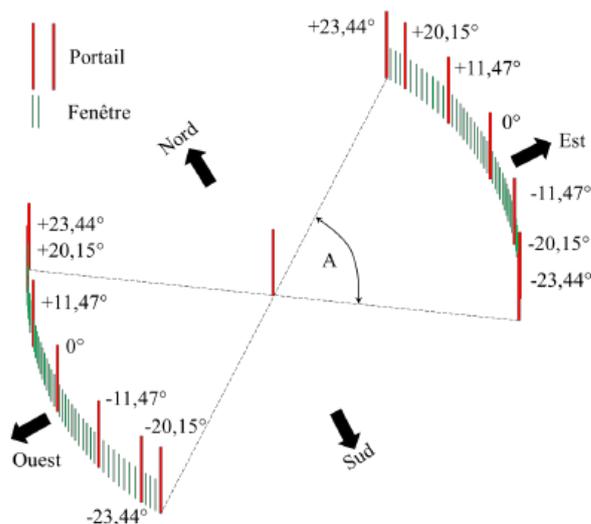
« portail », et cet espace doit être divisé en 12 parties égales, formant ainsi ce qu'Énoch appelle des « fenêtres ».

Nous attendons encore 30 jours, et nous plaçons à nouveau deux références, l'une à l'est, là où le Soleil se lève, l'autre à l'ouest, là où il se couche, et nous divisons ensuite ces nouveaux espaces en 8 parties égales.

Après 31 jours supplémentaires, la dernière paire de références est plantée et les espaces ainsi obtenus sont divisés en 4 parties.

De cette façon, la partie nord de l'artefact est complète : dans les trois mois suivants, on peut seulement vérifier l'exactitude du travail effectué, en comptant respectivement 30, 30, 31 jours (curieusement comme dans la proposition, en 2004, du *Calendrier permanent de Hanke-Henry*³). Lorsque l'équinoxe d'automne est atteint, le travail reprend en le complétant dans sa partie sud, où la même méthode que celle qui vient d'être décrite pour la partie nord est appliquée. La figure 1 montre l'aspect final de l'artefact décrit.

Figure 1 : Aperçu de l'installation complète



¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/05/mag-CSpour tous-n16_D-Alberto.pdf

² <https://ekladata.com/VUIE6VcPP4FXk8j38bRf6yQrcEw/LE-LIVRE-D-HENOCH-COMPLET-1.pdf>

³ https://fr.wikipedia.org/wiki/Calendrier_permanent_Hanke-Henry

⁴ https://fr.wikipedia.org/wiki/Calendrier_universel

⁵ Les formules de calcul de l'azimut du Soleil peuvent être trouvées, par exemple, ici :

https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/02/mag-CSpour tous-n15_F-Roveda.pdf

Le texte souligne explicitement (confirmant également la valeur obtenue à partir de la somme des durées des périodes individuelles) que la longueur de l'année est égale à 364 jours (curieusement, des propositions de réforme du calendrier pour le porter à 364 jours, plus un jour intercalaire - deux dans les années bissextiles - ont été avancées par Marco Mastrofini en 1834⁴, par Auguste Comte en 1849, puis aussi par d'autres, jusqu'à la proposition Hanke-Henry susmentionnée).

Le texte indique également la variation de la durée du jour et de la nuit, en l'exprimant en « parties » : elle commence par une durée équivalente aux équinoxes (9 parties du jour, 9 parties de la nuit), qui augmente progressivement jusqu'au solstice d'été (12 parties du jour, 6 parties de la nuit), puis diminue jusqu'au solstice d'hiver (6 parties du jour, 12 parties de la nuit) - Voir tableau 1.

Une autre chose curieuse est le fait que le nombre total de « fenêtres » et leur regroupement en « portails » (c'est-à-dire en mois) est tel qu'il s'aligne assez bien avec la déclinaison solaire : chaque « fenêtre » correspond en fait à environ un degré de déclinaison solaire.

La méthodologie décrite présente, à mon avis, deux grands avantages :

- Elle peut être utilisée sans avoir pratiquement aucune connaissance astronomique autre que la connaissance des points est et ouest (facilement identifiables avec des méthodes empiriques).
- Elle peut être reproduite à n'importe quelle latitude, même si, évidemment, à des latitudes très différentes, la disposition angulaire des pôles (angle A sur la figure 1) changera très sensiblement.

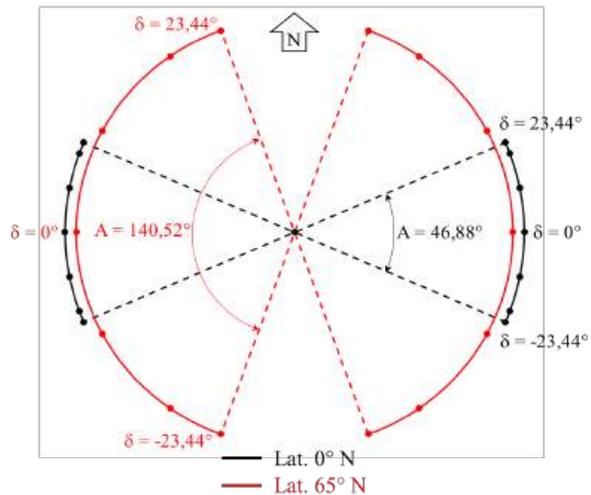
Ce dernier point m'a amené à essayer de voir comment l'installation évoluerait à différentes latitudes. Comme prévu (voir tableau 2), à mesure que l'on va vers le nord, les « largeurs » des « portails » augmentent, et le système passe d'une forme peu développée le long de l'axe nord-sud (largeur A = 46,88° à l'équateur) à une forme qui tend de plus en plus vers une circonférence complète (largeur A = 140,52° près du cercle polaire). La figure 2 illustre ces deux situations extrêmes (vue en plan : en noir la situation à l'équateur, en rouge la situation près du cercle polaire arctique ; les points indiquent la position des références « portails »).

L'angle A est évidemment la somme des valeurs absolues des azimuts du Soleil au lever (ou au

coucher) aux deux solstices, et s'obtient facilement avec des formules connues⁵.

J'ai également lu récemment un article sur le site néolithique de Nabta Playa, où un cercle de pierres a été retrouvé aligné dans la direction du Soleil levant au solstice d'été : qui sait si cette dernière installation a été construite en utilisant cette méthodologie ?

Figure 2 : Comparaison entre l'installation à l'équateur (en noir) et l'installation près du cercle polaire arctique (en rouge). Les points indiquent les références mensuelles.



Durée jour/nuit	Nombre de matins	Portail (numéro)	Fenêtre (numéro)	Nombre de matins	Durée jour/nuit	Déclin. solaire
12/6	30	6	24	31	12/6	23,44
			...			
11/7	30	5	21	30	11/7	20,15
			20			
10/8	31	4	13	30	10/8	11,47
			12			
9/9	30	3	1	31	9/9	0
			...			
8/10	30	2	12	30	8/10	-11,47
			13			
7/11	31	1	20	30	7/11	-20,15
			21			
6/12			24		6/12	-23,44

Tableau 1 : Schéma de positionnement des portails et des fenêtres, et durées jour/nuit associées

Latitude Nord	Angle A
0°	46,88
15°	48,64
25°	52,06
35°	58,10
45°	68,46
55°	87,82
65°	140,52

Tableau 2 : Amplitude de l'angle A (« ouverture » maximale du système) en fonction de la latitude

Ferdinando Roveda protokyte21@protonmail.com est ingénieur, passionné de gnomonique depuis son plus jeune âge : à 4 ans il fut attiré pour la première fois par un cadran solaire... Il se consacre aujourd'hui, à Turin, à l'étude de la gnomonique.

LES CADRANS À STYLE PROFILÉ Yvon Massé

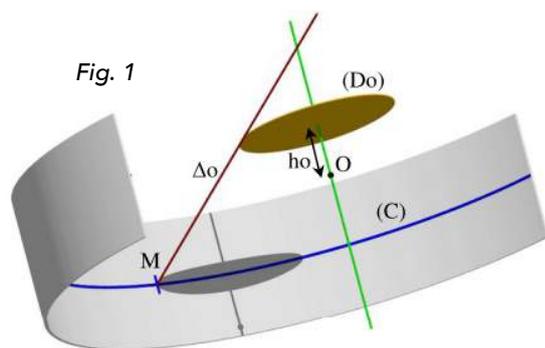
Dans un précédent article¹, l'auteur avait retracé l'histoire des cadrans équatoriaux de temps moyen et présenté en conclusion l'ingénieux cadran à style profilé de Martin Bernhardt. Il nous invite ici à mieux comprendre comment calculer un tel style.

Cadran à style profilé de Martin Bernhardt (Kaiserslautern, Allemagne)



Voyons maintenant comment on peut définir la forme du style profilé d'un cadran de type Bernhardt afin d'obtenir de façon rigoureuse une lecture du cadran directement en temps légal.

La figure 1 représente un cadran équatorial simplifié éclairé par le Soleil à midi heure légale le 15 avril, date où l'équation du temps est nulle. L'axe polaire est représenté en vert. L'échelle horaire, tracée en bleu, est un arc de cercle (C) situé dans le plan équatorial et dont le centre est sur l'axe polaire, en O. Elle ne comporte pour l'instant que la graduation de midi légal M située à l'extrémité de l'ombre d'un disque (Do) centré sur l'axe polaire et perpendiculaire à celui-ci. La ligne Δo représente le rayon solaire qui tangente le bord du disque et se termine sur la graduation de midi.



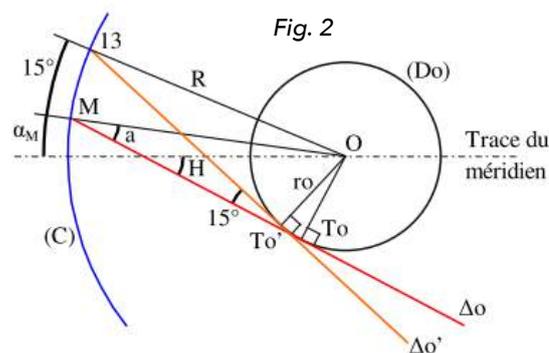
Plaçons-nous à la figure 2 dans le plan de l'équateur, en le regardant du côté nord. Nous représenterons sur ce plan tous les éléments du cadran simplifié pour définir, dans un premier temps, l'échelle horaire. L'axe polaire est perpendiculaire à la figure et passe par le point O d'où on peut tirer la trace du plan méridien qui nous servira de référence. O est le centre de l'échelle horaire (C) de rayon R. Le rayon du

Soleil Δo tangente le disque porte-ombre (Do), qui est physiquement au-dessus de la figure, en To. Il fait avec la trace du méridien l'angle horaire H = λr - λ, λ étant la longitude du cadran, positive à l'ouest, et λr la longitude du méridien de référence (en Europe -15° pour l'heure d'hiver et -30° pour l'heure d'été). Le disque porte-ombre est vu depuis M suivant l'angle a qui est un des paramètres du cadran, son rayon ro est égal à R · sin a. Le point M sur (C) fait donc l'angle αM = H - a = λr - λ - a par rapport au plan méridien. Si on souhaite utiliser l'autre côté de l'ombre, il faut prendre αM égal à λr - λ + a.

Pour généraliser, nous donnerons une valeur algébrique au paramètre angulaire a en le considérant positif quand on utilise le côté gauche de l'ombre (avec le pôle Nord vers le haut) et négatif pour le côté droit. La seule relation à utiliser est ainsi :

$$\alpha_M = \lambda r - \lambda - a$$

M est du côté est du cadran quand αM est positif.



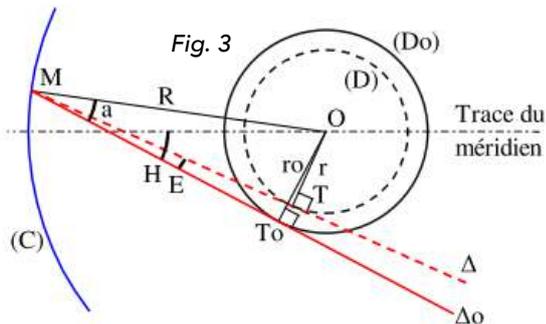
Quant aux autres graduations horaires, comme celle de 13 h légale qui se trouve à l'extrémité du rayon solaire Δo' faisant l'angle de 15° avec Δo, il suffit de remarquer que le point de tangence To' sur le disque porte-ombre suit la variation de l'angle horaire. On peut ainsi retrouver l'ensemble du triangle OToM tourné de 15°, ce qui signifie que la graduation horaire est régulière de part et d'autre de M à raison de 15° par heure.

Il nous reste à déterminer la distance ho du disque (Do) au point O sur l'axe polaire (voir Fig.

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/05/maq-CSpourtous-n16_Y-Masse.pdf

1). Le rayon Δo , qui se termine en M, est incliné sur le plan de la figure de l'angle δ correspondant à la déclinaison du Soleil au 15 avril, d'où $h_o = MT_o \cdot \tan \delta = R \cdot \cos a \cdot \tan \delta$

Pour conserver la même graduation horaire à une autre date que le 15 avril, il nous faut maintenant prendre en compte l'équation du temps à laquelle on peut associer l'angle E qui vient modifier l'angle H et permet de représenter sur la figure 3 le rayon solaire Δ à midi légal.



Pour toutes les dates différentes du 15 avril, les relations qui définissent la position et le rayon du disque deviennent ainsi :

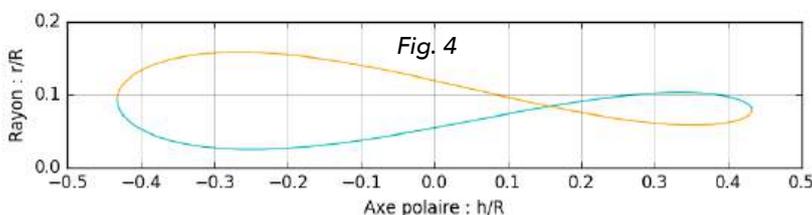
$$r = |R \cdot \sin(a - E)|$$

$$h = MT \cdot \tan \delta = R \cdot \cos(a - E) \cdot \tan \delta$$

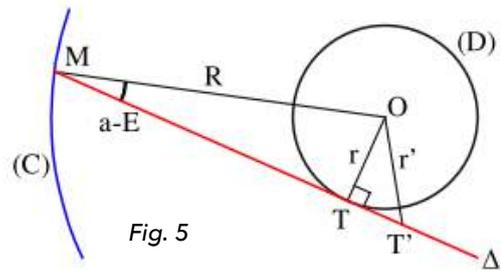
La valeur absolue de la première formule provient de la convention que nous avons adoptée pour le paramètre a qui peut être négatif.

Si maintenant, pour chaque jour compris entre deux solstices successifs, nous « empilons » sur l'axe polaire les disques aux dimensions et positions ainsi définies, nous obtenons deux styles, un pour l'hiver et le printemps, l'autre pour l'été et l'automne. Ce sont, en fait, des volumes de révolution, c'est-à-dire usinable sur un tour, qui permettent en principe de lire directement l'heure légale sur le cadran (sans toutefois prendre en compte le changement d'heure saisonnier). La figure 4 donne le rayon de ces styles le long de l'axe polaire, ou profil, pour un angle $a = 5^\circ$, en bleu clair pour l'hiver et le printemps, en orange pour l'été et l'automne.

La vérification qu'il faut maintenant faire est de s'assurer que, dans tous les cas, le rayon Δ n'est pas intercepté par un autre disque le long de son trajet, c'est-à-dire avant ou après avoir tangenté son propre disque. Pour cela, nous devons évaluer la relation entre les distances h'

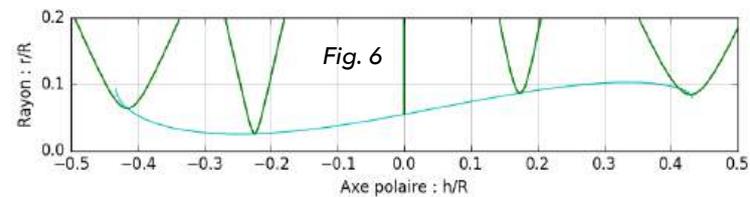


et r' correspondant à tous les points T' de Δ aux alentours du point de tangence T. Cette relation s'obtient facilement en remarquant, figure 5, que la distance $h' - h$ est égale à $TT' \cdot \tan \delta$, d'où $r'^2 = TT'^2 + r^2 = (h' - h)^2 / \tan^2 \delta + r^2$



La courbe correspondante à cette relation sur le graphique du profil, qui peut aussi représenter r' en fonction de h' , est une branche d'hyperbole dont le minimum est le point de coordonnées (h, r) qui appartient au profil du style. Pour tous les points (h, r) , les branches d'hyperbole passent aussi systématiquement par le point $(0, R)$ qui correspond à la trace de l'échelle horaire (C).

Représentons à la figure 6, en vert, quelques branches d'hyperbole avec le profil hiver-printemps pour effectuer notre vérification. Elles ont été tracées de gauche à droite pour les dates du 5 janvier, 15 février, 20 mars, 15 avril et 15 juin.



Les trois branches centrales (celle du 20 mars dégénère en une demi-droite) n'ont pratiquement qu'un seul point d'intersection avec la courbe du profil, ce qui signifie que le rayon solaire Δ correspondant n'est pas entravé et que l'ombre du style indique correctement l'heure légale. Ce n'est malheureusement pas le cas des deux autres branches qui correspondent à des dates proches des solstices. Elles « entrent » dans le profil du style ce qui signifie que ce n'est pas la partie prévue qui portera ombre et, en conséquence, que l'heure indiquée sera entachée d'erreur.

Nous verrons toutefois dans un prochain article que ces branches d'hyperbole sont en réalité un puissant outil qui nous permettra de modifier légèrement le profil des styles afin d'améliorer, hélas partiellement, la lecture du temps légal aux environs des solstices.

Yvon Massé yvasse2@wanadoo.fr a été présenté dans le n°2 de ce magazine. Il développe notamment le site <https://gnomonique.fr/> et anime le dynamique forum gnomonique qui lui est associé.

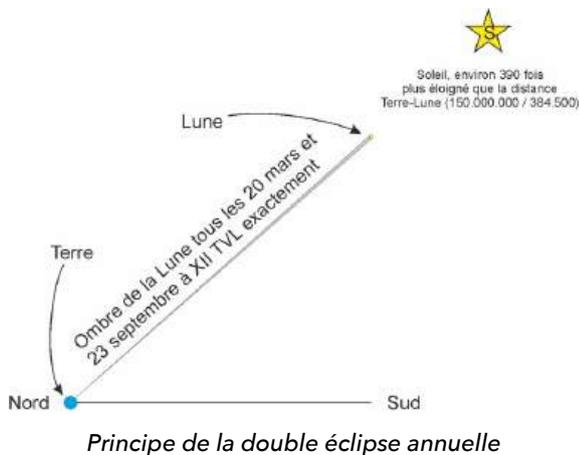
UNE ÉCLIPSE DE SOLEIL DEUX FOIS PAR AN, CHAQUE ANNÉE, DANS SON JARDIN !

Yves Opizzo

Peut-être verrez-vous, vous aussi, une équipe de télévision débarquer chez vous si vous suivez l'exemple de l'auteur qui partage avec nous sa passion de l'astronomie et nous fait découvrir une astucieuse réalisation installée dans son jardin...

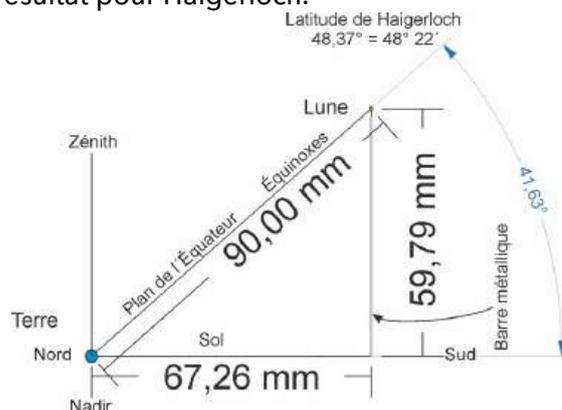
« Allons bon ! Voici maintenant une élucubration poético-scientifique », crois-je pouvoir entendre déjà. Et pourtant, j'ai réalisé moi-même un objet astronomico-artistique qui décrit très exactement le titre de cet article. Il doit être inutile de préciser que tout cela se passe à une échelle très, très réduite, une échelle approximative de... $1 / 42\,430\,860$! Comme la Terre a un diamètre moyen de 12 742 km, nous obtenons avec cette échelle environ 30 cm ! Ah, voici quasiment un globe terrestre facile à trouver un peu partout, pour quelques dizaines d'euros. Et pour avoir une éclipse, il nous faut le Soleil - le vrai - et la Lune, mais à la même échelle, soit environ 8,2 cm. Mais comme nous voulons placer tout cela dans un jardin, il vaut mieux se procurer une boule en acier inoxydable de 30 cm de diamètre, et une autre boule métallique de 8 cm environ, si possible dorée, comme la mienne. Le principe, assez simple en vérité, sera donc d'aligner une fois pour toutes le couple Terre-Lune à l'échelle mentionnée et le vrai Soleil, deux fois par an.

Comment faire ? Il faudra effectivement travailler un peu avec une machine à calculer banale, mais c'est presque tout. L'idée est de placer les deux boules métalliques très précisément dans le méridien local, mais aussi parallèlement à l'équateur terrestre. Regardons le dessin suivant avec une certaine attention.



C'est tout à fait ce que nous voudrions obtenir, mais aux deux équinoxes, soit, presque chaque année, les 20 mars et 23 septembre. Il est bien facile de poser la « boule Terre » au sol, mais la « boule Lune » pose un léger problème de maintien.

Il faut placer cette dernière sur un axe vertical fort solide de hauteur calculée selon la latitude du lieu. C'est la raison pour laquelle une machine à calculer sera nécessaire, mais votre PC vous donnerait aussi, éventuellement, le plan de l'ensemble. Procédons donc par ordre et cherchons la latitude du lieu où nous voulons installer notre œuvre d'art. Je l'ai réalisée en Allemagne, à Haigerloch où je réside, à la latitude de $48^\circ 22'$, soit $48,37^\circ$. La latitude est très facile à trouver, avec l'Internet et toute une gamme de programmes divers. Notons que la longitude dans ce cas ne jouera pas le moindre rôle et nous pouvons l'oublier. Il faut calculer quelques angles simples avec des principes trigonométriques vraiment de base. Voici le résultat pour Haigerloch.



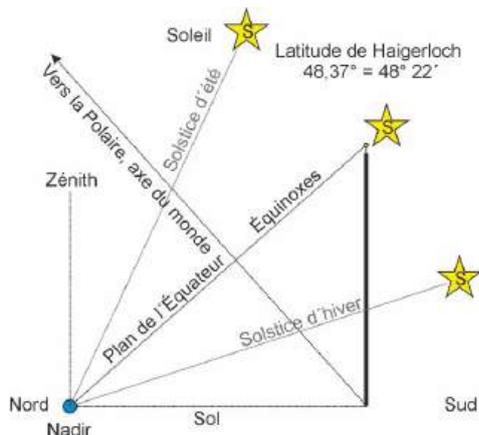
Une éclipse de Soleil, deux fois par an, dans son jardin !

L'angle de $41,63^\circ$ est le complément de la latitude à 90° , soit $90 - 48,37 = 41,63^\circ$. Attention, la précision ne doit pas être vraiment astronomique mais tout de même sérieuse. L'ombre de la Lune sur la Terre n'est pas bien grande !

La hauteur de la barre métallique n'est pas quelconque, mais dépend de la taille de la boule Terre. Ce pourrait toutefois d'ailleurs être un angle de balcon sur lequel la boule Lune pourrait être accrochée solidement. Il faut par évidence que le balcon en question dégage le méridien du lieu, représenté sur le dessin par les mots Nord et Sud. La vraie Lune est éloignée en moyenne de 384.467 km de la vraie Terre, soit environ 30 fois le diamètre terrestre. En conséquence, si la boule Terre mesure 30 cm, la boule Lune doit être éloignée de 9 mètres.

Et regardons le dessin ! Nous avons un magnifique triangle rectangle, qui nous permet de réviser les notions de sinus et cosinus aisément et de façon pratique. Nous connaissons suffisamment de choses dans ce triangle pour calculer tout le reste. L'hypoténuse du triangle mesure 90 mm (échelle 1 / 100) et l'angle Sud-Nord-Lune mesure $41,63^\circ$. Nous savons, la longueur de la barre métallique étant BM, que $BM = 90 * \sin 41,63^\circ$ et en déduisons $BM = 90 * 0,66432 = 59,79$! Presque rien de plus simple, n'est-ce pas ? Quant à la distance au sol entre boule Terre et barre métallique, pourquoi ne pas réviser Pythagore (la formule du cosinus marche parfaitement aussi) ? Nous nous souvenons que dans un triangle rectangle la somme des carrés des deux côtés est égale au carré de l'hypoténuse, soit (la distance étant D) $90^2 = 59,79^2 + D^2$, soit $D^2 = 90^2 - 59,79^2$ soit $D^2 = 4525,16$, donc $D = 67,27$ mm sur le plan et 6,727 mètres au sol. La barre métallique devra être impérativement fixée très solidement au sol (socle en béton) et - c'est essentiel car le paratonnerre ainsi réalisé sera fort efficace - bien mis à la terre par un fort fil de cuivre soudé ou relié par une forte vis à la barre.

Alors regardons maintenant le résultat théorique de l'ensemble obtenu.



Tout ce qui est en traits fins disparaît, ne reste que l'essentiel : deux boules, une barre

Après avoir éliminé les choses comprises et non utiles pour le reste, voici ce qui reste, l'essentiel pour comprendre, avant la réalisation physique. Nous avons dans cet objet en vérité fort simple beaucoup d'informations naturelles, géographiques et astronomiques. Le méridien du lieu est clairement montré par l'alignement des deux boules métalliques, donc les directions cardinales de base Nord et Sud, mais aussi Est et Ouest, simplement perpendiculaires aux précédentes. L'Équateur est facile à trouver aussi, puisque c'est le plan passant par les deux boules. Mais la latitude du lieu n'est pas difficile à trouver, puisqu'une perpendiculaire à l'équateur va pointer la Polaire et nous donner ainsi la latitude.

Le zénith est évident avec la barre métallique, tout comme le nadir. Il serait facile d'ajouter le solstice d'hiver sur la barre, par une encoche ou un trait de peinture. Le solstice d'été sera plus délicat, mais il est possible de l'imaginer en rapportant en pensées le même angle compris entre équateur (équinoxes) et solstice d'hiver au-dessus de l'Équateur. De la même façon, les signes du zodiaque pourraient trouver leur place, pourquoi pas ? Et bien évidemment - comment oublier cela ? - vous aurez une splendide méridienne vous donnant le midi TVL chaque jour avec une excellente précision, mais en plus vous aurez le plaisir de voir réellement l'ombre de la Lune se déplacer comme dans la réalité sur la boule Terre lors des deux équinoxes. Il suffit pour cela qu'Hélios soit d'accord les jours d'équinoxe. L'avis de Sélène ne sera pas important dans ce cas. Dans mon jardin (le système n'existe malheureusement plus, mais il fut filmé par une équipe de télévision), comme la boule Terre était très brillante, je devais la couvrir d'une feuille de papier ces jours-là et l'ombre était parfaite. La Lune dorée, dans mon cas, était de plus éclairée par dessous (LED invisible en bout de barre), grâce à un petit accumulateur chargé par cellule photovoltaïque ; impressionnant la nuit ! C'est réellement une réalisation très didactique, pas bien complexe à développer, qui vous apportera grande satisfaction.

Voici une photographie de la Lune en métal dorée, sur un support à trois pattes, qui était lui-même fixé à la barre verticale sur laquelle était placé le projecteur LED alimenté par des cellules photovoltaïques ! Et voici un globe terrestre quasiment à la bonne échelle. Pour représenter la distance entre les deux astres correctement, soit environ 30 fois le diamètre terrestre, la Terre devrait mesurer moins de 2 cm, et la Lune de 5 ou 6 mm serait alors dans un angle de la feuille et la Terre dans l'angle opposé. Ce n'est guère possible, dommage !

Dans votre jardin, vous ferez tout comme il se doit et peut-être une équipe de télévision viendra-t-elle un jour, comme chez moi, faire un petit reportage sur votre œuvre d'art didactique.

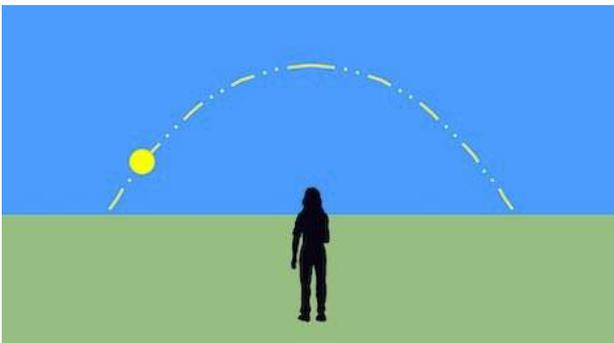
Yves Opizzo yves@opizzo.de a réalisé de très nombreux cadrans solaires et remporté à trois reprises un premier prix international pour ses réalisations. Il est l'auteur d'une quinzaine de livres et est membre du comité éditorial de ce magazine. Il est également professeur d'Aïkido (6e Dan). Pour en savoir plus, visiter son site <http://opizzo.de/>

ÉVITER QUE LE SOLEIL NE SOIT MASQUÉ...

Roger Torrenti

Pour connaître l'emplacement idéal, dans votre appartement ou votre maison, qui recevra le cadran solaire que vous avez conçu (ou fait réaliser) il vous faudra tenir compte des divers obstacles qui pourraient cacher le Soleil. L'auteur nous donne des pistes qui pourront aider...

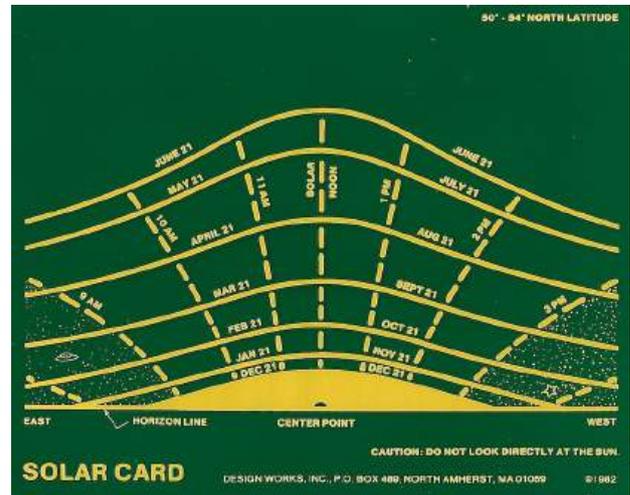
Voici, idéalement, la vue que vous aurez par un matin d'hiver ensoleillé, si vous résidez au bord de la Méditerranée ou dans une plaine bien dégagée et regardez le sud : devant vous, le Soleil suivra au cours de la journée une course bien symétrique par rapport à midi solaire, seulement limitée par l'horizon...



Oui mais... peu d'entre nous résident dans de tels lieux et la course du Soleil qu'ils apercevront de leur appartement ou de leur maison sera, selon les heures et jours de l'année, très probablement masquée, au moins partiellement, par des reliefs géologiques, des arbres, des constructions voisines, etc.

Comment alors déterminer l'endroit de son habitation où le Soleil sera le moins masqué sur l'année, ce qui permettra notamment aux amateurs de cadrans solaires de savoir où il est le plus pertinent d'installer leur création ?

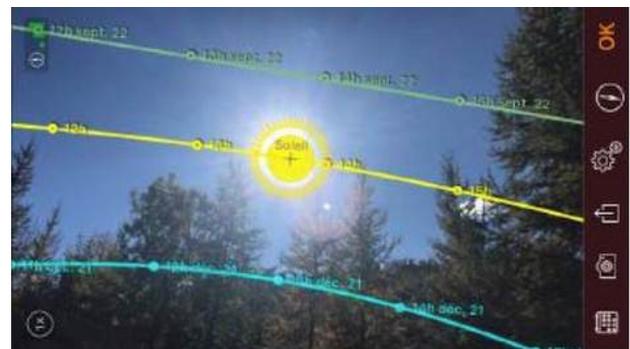
Je me souviens que dans les années 80, alors que j'étais engagé avec passion dans des recherches sur les énergies renouvelables, un ami américain m'avait envoyé une *Solar card* (carte solaire) distribuée par l'entreprise *Design Works*. Elle était assez grande (21 cm x 25 cm), faite d'une matière plastique vert foncé, assez transparente et assez rigide. Des courbes azimut - hauteur du Soleil y étaient tracées (on achetait la carte correspondant à peu près à la latitude du lieu d'utilisation : ici la carte correspond à la gamme de latitude 50°-54° N). On devait alors orienter la carte dans un plan vertical est-ouest, placer un œil à 5 cm environ (2 inches) du *center point* puis observer (avec le même œil) les obstacles qui apparaissaient devant la course du Soleil selon les mois de l'année.



La Solar card de Design Works

Cela permettait (avec une approximation relative...) de savoir comment optimiser le positionnement de matériels solaires ou la conception projetée d'un « habitat solaire passif » (utilisant au mieux l'environnement extérieur pour assurer confort et économies d'énergie).

Depuis les années 80, les technologies ont bien progressé... Des applications sur appareil mobile telle *Sun Seeker* permettent par exemple de visualiser la course du Soleil aux différentes périodes de l'année : la trajectoire du Soleil apparaît sur votre téléphone ou tablette, superposée au paysage que vous ciblez.



Capture d'écran de l'application Sun Seeker

Il existe également l'horizontoscope, appareil conçu dans les années 50 par Friedrich Tonne, fondateur de l'Institut für Tageslichttechnik à Stuttgart et toujours utilisé aujourd'hui dans l'urbanisme ou la sylviculture notamment.

Il se compose d'un disque sur lequel est tracé une projection stéréographique (pour une latitude donnée) de la course du Soleil pour différents mois de l'année, comprenant également une boussole et un petit niveau à bulle pour que son orientation et son horizontalité soient assurées.

Le disque est recouvert d'une coupole en verre transparent et réfléchissant dont la forme hyperbolique permet à une personne se tenant debout à la verticale de l'appareil d'apercevoir précisément (et prendre une photo le cas échéant) l'impact de l'environnement sur l'ensoleillement réel du lieu considéré.

On peut acquérir ce type d'instrument, pour 250-300 € environ, par exemple sur le site <https://www.solarpathfinder.com/PF>.



Photo prise à la verticale du Solar Pathfinder

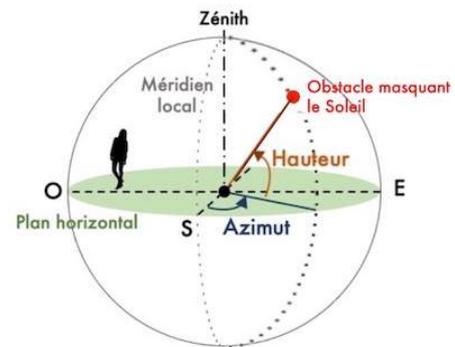
Vous pouvez également, bien entendu, utiliser un théodolite et effectuer les relevés des azimuts et hauteurs de tous les obstacles environnants puis les reporter sur une courbe azimut - hauteur du Soleil (ci-contre) que vous aurez imprimée, pour la latitude souhaitée, en utilisant par exemple l'outil (très simple) AziHaut de Francis Reyman¹.

Il n'y a après tout que 2 angles à mesurer pour chaque obstacle !

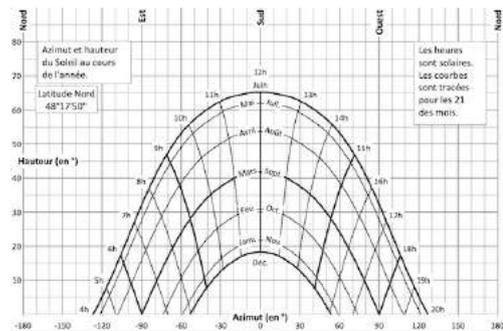
Je ne saurais que trop vous encourager à construire un tel instrument de relevé des azimuts et hauteurs : rien ne vaut mieux en effet

pour apprendre et progresser qu'un instrument fait main et des relevés à la main...

Un document pourra vous aider à réaliser cet instrument : « Ensoleillement d'un cadran solaire »², publié par la Commission des cadrans solaires de la Société astronomique de France à l'occasion de ses 50 ans (c'est l'un des 7 guides mis en libre téléchargement).



2 angles à mesurer...



Courbe azimut - hauteur obtenue avec l'outil AziHaut



Utilisation d'un théodolite en gnomonique. Voir l'article³ d'Yves Opizzo paru dans le n°12.

Roger Torrenti roger@torrenti.net est ingénieur de formation et s'intéresse à la gnomonique et aux cadrans solaires depuis son plus jeune âge. Il est le responsable de publication du présent magazine et l'auteur du MOOC cadrans solaires (cours en ligne gratuit) <https://www.cadrans-solaires.info>

¹ <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/06/AziHaut.xlsx>

² <https://ccs.saf-astronomie.fr/les-50-ans-de-la-ccs-1972-2022/>

³ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/05/mag-CSpour-tous-n12_Y-Opizzo.pdf

LONGUEUR DE L'OMBRE D'UN CADRAN HORIZONTAL

Pierre-Louis Cambefort

Lorsqu'un problème est difficile à résoudre en simple géométrie plane, les gnomonistes font logiquement appel à la géométrie sphérique, pas si complexe à utiliser en fait. L'auteur nous le démontre ici avec la détermination de la longueur de l'ombre d'un cadran solaire horizontal...

Soit (figure 1) la sphère céleste de centre O et de rayon R pris égal à 1, d'axe du monde OP, incliné de la latitude φ sur l'horizon, d'axe vertical ZON contenant le zénith. Le plan méridien coupe le plan horizontal passant par N (nadir) en la droite KN, K étant l'intersection de ce plan avec la ligne des pôles. Le plan du cadran horizontal est représenté par ce plan horizontal passant par N, avec un gnomon vertical ON et un style polaire OK de longueur l (le style polaire, parallèle à l'axe du monde étant incliné de l'angle φ sur le plan horizontal). Soit S1 la position du Soleil, de déclinaison δ , à midi (angle horaire nul).

Soit S la position du Soleil, de même déclinaison δ et d'angle horaire H. Le plan contenant le Soleil S et l'axe du monde PO, qui fait avec le plan méridien l'angle horaire H, coupe le plan du cadran suivant la droite KB. Les plans contenant le Soleil S et la verticale OZ d'une part et l'axe du monde OP d'autre part, contiennent le rayon SO qui coupe le plan du cadran en B. La ligne KB représente la ligne horaire du Soleil de déclinaison δ et d'angle horaire H.

Rappelons que la projection gnomonique est la projection de la sphère céleste à partir du centre de cette sphère. Voir la figure 2.

L'intersection de l'équateur céleste avec le plan du cadran est une droite perpendiculaire à la droite méridienne KN : c'est l'équinoxiale. Le diamètre de l'équateur céleste contenu dans le plan méridien coupe cette équinoxiale au point E : OE est perpendiculaire à l'équinoxiale.

Le plan défini par le diamètre de l'équateur céleste contenu dans le plan du Soleil d'une part, et l'axe des pôles d'autre part coupe cette équinoxiale au point C. Les angles DOE et BOC sont égaux et valent la déclinaison δ du Soleil (que nous supposons constante durant la journée).

En ne retenant que les droites qui nous intéressent, nous obtenons la figure 3.

Le style polaire, parallèle à l'axe du monde, est perpendiculaire au plan de l'équateur céleste, donc à toutes les droites contenues dans ce plan et en particulier aux droites OE et OC.

L'angle COE représente l'angle horaire H.

Nous pouvons écrire $OE = OC * \cos H$ mais aussi $OE = l * \tan \varphi$ donc $OC = l * \tan \varphi / \cos H$.

Comme d'autre part $EC = OC * \sin H$ nous pouvons écrire $EC = (l * \tan \varphi / \cos H) * \sin H$ ou encore $EC = l * \tan \varphi * \tan H$.

Notons ψ l'angle OKB entre le style polaire et la ligne horaire du Soleil. On peut écrire :

$$\tan \psi = OC / KO = (l * \tan \varphi / \cos H) / l$$

Soit $OC / KO = \tan \varphi / \cos H$

Dans le triangle OKB, l'angle OBK est égal à :

$$180 - OKB - (90 - \delta) = 90 - (\psi - \delta)$$

et $\sin OBK / l = \sin (90 - \delta) / KB$
D'où $KB = l * \cos(\delta) / \cos(\psi - \delta)$

KB est la longueur de l'ombre correspondant à la déclinaison du Soleil δ et à l'angle horaire H.

Dans le triangle KCE, on peut écrire :

$$EC / KE = \tan H = (l * \tan \varphi * \tan H) / (l / \cos \varphi)$$

Soit $\tan H = \sin \varphi * \tan H$

C'est la formule classique de l'angle tabulaire d'un cadran horizontal.

Le point B de l'arc diurne est donc défini par la quantité KB, portée sur la ligne horaire H1. Ses coordonnées sont donc :

$$X = KB * \sin H1$$
$$Y = KB * \cos H1$$

En conclusion, la longueur de l'ombre est donc égale à :

$$KB = l * \cos \delta / \cos (\psi - \delta)$$

avec $\tan \psi = \tan \varphi / \cos H$

La longueur de l'ombre est la plus courte à midi (heure solaire vraie). Sa longueur est à cet instant :

$$KB = l * \cos \delta / \cos (\varphi - \delta)$$

Si on se place en région parisienne (latitude de $48,85^\circ$), nous obtenons au solstice de juin : $1,016 * l$. La longueur de l'ombre à midi vrai au solstice d'été en région parisienne est donc peu différente de la longueur du style polaire.

NB : dans ses calculs, l'auteur a utilisé deux formules classiques de la géométrie plane : la somme des angles d'un triangle est égale à 180° et $\sin A / a = \sin B / b = \sin C / c$

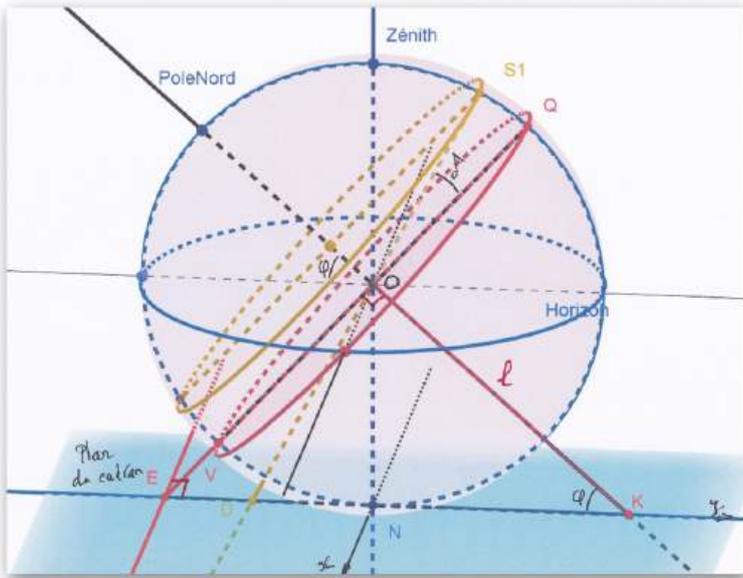


Figure 1

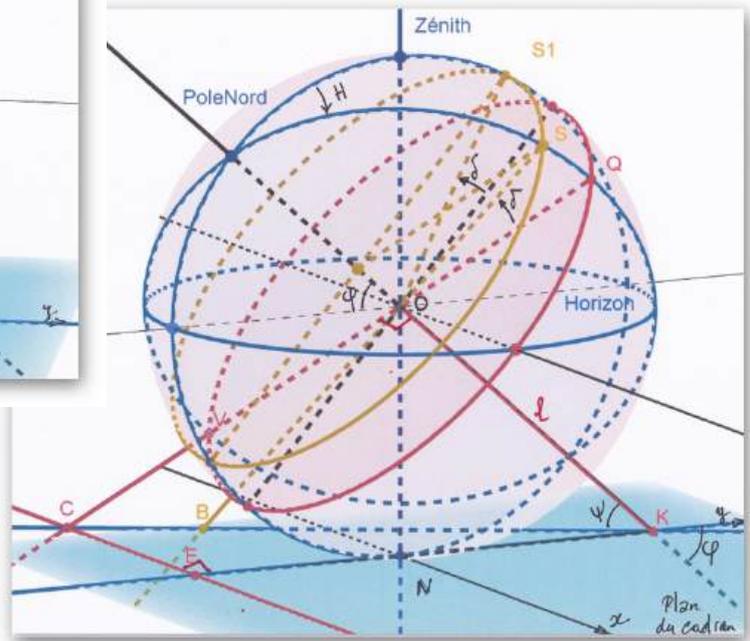
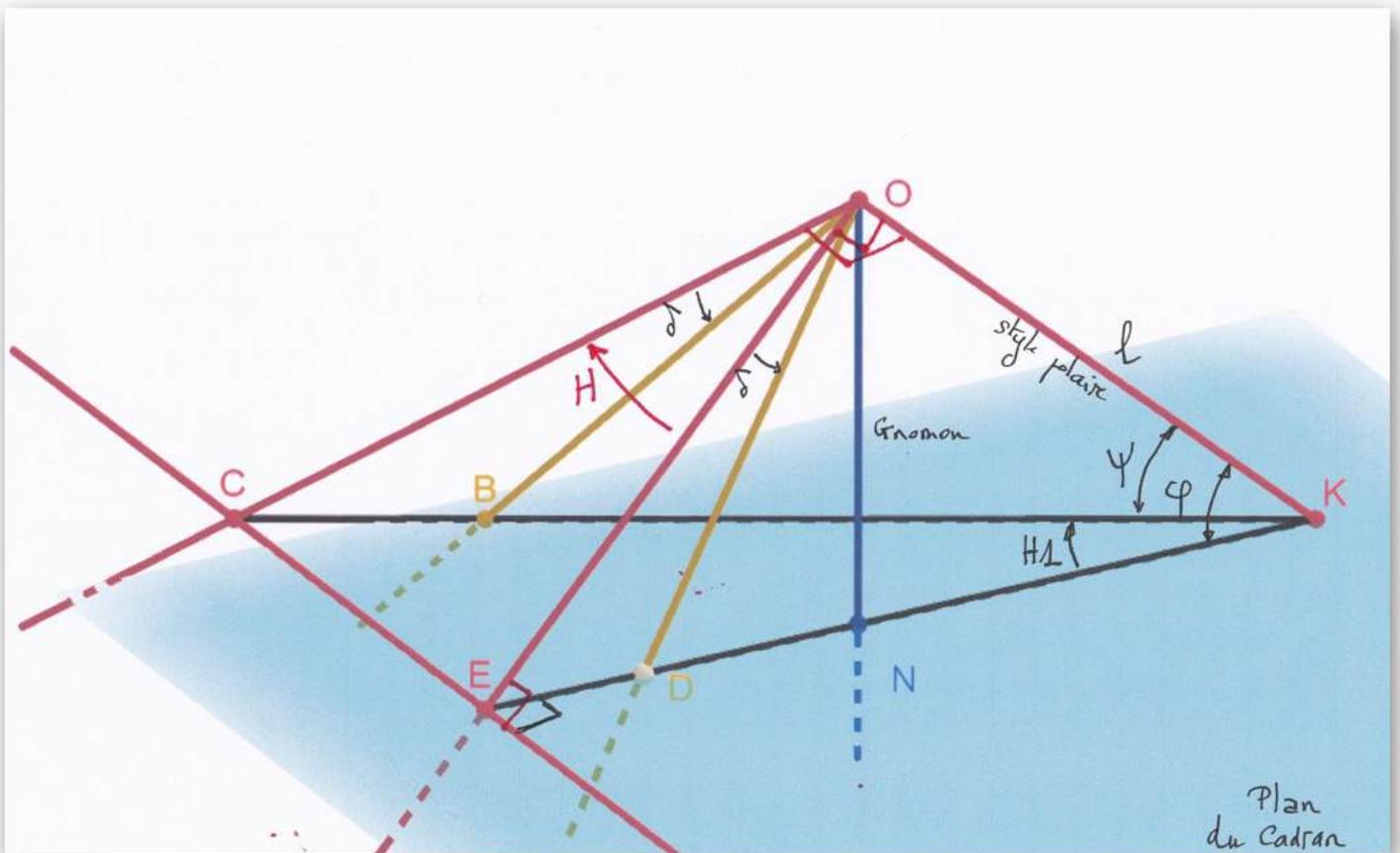


Figure 2

Figure 3



Pierre-Louis Cambefort pierre-louis.cambefort@orange.fr est ingénieur, artiste et gnomoniste. Un portrait détaillé lui a été consacré dans le numéro 1 du magazine.

CADRAN SOLAIRE MAILLEFER DE BUCHILLON (VD), SUISSE

Pierre-André Reymond

Un beau cadran solaire réalisé par Charles Maillefer à Buchillon, dans le canton de Vaud en Suisse, au bord du Léman. Il est inspiré d'un instrument connu depuis l'Antiquité, utilisé notamment par les marins durant de longs siècles...

Connu depuis l'Antiquité, l'anneau astronomique est un dérivé de la sphère armillaire. Ledit anneau est décrit par Gemma Frisius à partir de 1534 et a évolué selon les besoins au cours des ans. Au XVII^e siècle on le retrouve sous forme d'un petit cadran solaire portable, utilisant la hauteur du Soleil pour indiquer l'heure.

Ce type d'instrument était aussi employé par les navigateurs de toute l'Europe et faisait partie de l'inventaire du matériel de bord des navires de l'époque.

En 1610, le mathématicien Edward Wright aurait combiné cet anneau universel avec un compas, ce qui permettait aux marins de déterminer à la fois la direction du nord et l'heure. Son emploi est probablement aisé à terre, mais pas évident en mer :

- Il faut d'abord régler la date du jour de l'année, à l'aide d'un curseur mobile.
- Le petit trou doit se trouver en face de ladite date, indiquée par les initiales des mois.
- Il faut alors laisser pendre verticalement le cadran en direction du Soleil.
- On obtient ainsi un point lumineux à l'intérieur de l'anneau, lequel indique l'heure solaire.

Rappelons que tous ces cadrans solaires portables indiquent le Temps Vrai Local. Pour obtenir le temps légal de la montre, il faut tenir compte de l'équation du temps, de la différence de longitude avec le méridien de référence et, le cas échéant, de l'heure du régime d'été.

Le cadran solaire proposé par l'industriel suisse Charles Maillefer (1921-2017) est inspiré des anneaux solaires des XVI^e et XVII^e siècles.

Il s'agit d'un cadran particulier présentant une sphère armillaire et un analemme. On peut retrouver ici une similitude avec le « chronomètre solaire » de Fléchet (le mot chronomètre étant à prendre dans le sens marine, soit un instrument de précision).

L'idée d'un cadran mobile comportant un œilleton et une courbe en huit est attribuée à l'abbé Guyoux, curé de Montmerle-sur-Saône, une petite ville située entre Mâcon et Lyon.

Les cadrans de Guyoux et Fléchet ont vu le jour au cours du XIX^e siècle, suite à l'adoption du temps moyen dans la vie civile, une conséquence directe de la diffusion des horloges. L'apparition des chemins de fer imposera ensuite de tenir une même heure pour une région toute entière.

Le cadran Maillefer présente deux anneaux perpendiculaires et solidaires tournant sur un axe. Ces cercles représentent l'un « l'équateur » et l'autre « un méridien » de cette sphère terrestre simplifiée.

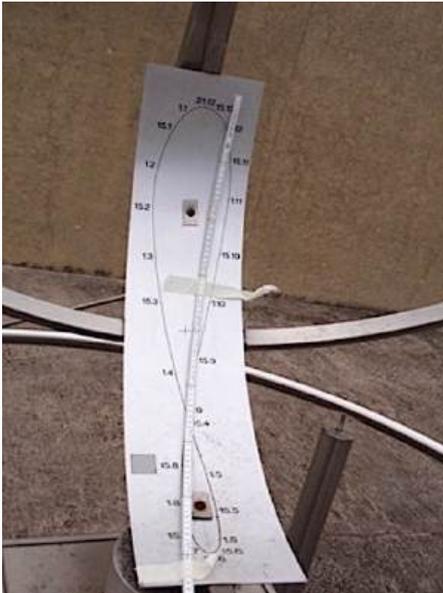
L'axe de rotation de ce double anneau est parallèle à celui de la Terre et pointe donc vers le pôle Nord céleste. Un œilleton est fixé à l'intersection du cercle équatorial avec celui du méridien local. La table de l'analemme est fixée quant à elle à l'intérieur de ces deux anneaux, juste à l'opposé de l'œilleton.

Avec ce cadran solaire, on fait tourner le cercle méridien de façon que le point lumineux produit par les rayons solaires qui passent par l'œilleton se retrouve sur la courbe en huit de l'analemme, soit sur la face opposée dudit cercle méridien (voir mode d'emploi en dernière page).

Nous savons que le temps moyen indiqué par l'œilleton du cadran décrit une courbe en « 8 » au cours de l'année. En pivotant l'œilleton de façon que le point lumineux touche ladite courbe, c'est comme si on remplaçait le Soleil vrai par le Soleil moyen, pour la date du jour en question.



Cadran Maillefer de Buchillon



Analemma du cadran Maillefer de Buchillon

Le cercle méridien fixe du cadran est dans l'axe N-S. À midi local, le Soleil moyen est dans ce même alignement. Plus tôt dans la matinée ou plus tard dans l'après-midi, l'astre occupe une position plus basse dans le ciel et respectivement plus à l'Est ou plus à l'Ouest. L'utilisateur doit faire pivoter la sphère mobile de façon que le cercle du méridien du cadran s'aligne avec les rayons du Soleil AM ou PM. On obtient ainsi la mesure de l'angle horaire du Soleil moyen, d'où l'heure. Le décalage entre la graduation et l'index de mesure « H » (actuellement hors service) est là pour tenir compte de la longitude de Buchillon.

Pourrait-on baptiser ainsi ce cadran solaire particulier pensé et réalisé par Charles Maillefer comme « une sphère armillaire à analemma » ? De fait, c'est un lointain descendant du cadran solaire appelé « anneau équinoxial universel » (en anglais : universal equinoctial ring sundial), instrument attribué en Grande-Bretagne à William Oughtred, vers l'an 1600, et fabriqué dans toute l'Europe.

Ce cadran est visible au centre du village vaudois de Buchillon (position selon swisstopo : 46° 28' 18,23" N / 6° 25' 10,35" E), sur les rives du Léman, un lieu bien connu pour sa gastronomie.

Joindre l'utile et l'agréable n'est pas interdit !

Pierre-André Reymond reymondsurveys@gmail.com - <https://www.navigare-necesse-est.ch/> est né à Lausanne. Tout jeune, il se tourne vers la mer et embrasse l'aventure maritime qui le conduira à l'obtention d'un brevet d'officier de marine marchande. Lorsqu'il pose son sac à terre, c'est pour des études d'architecture navale qui le mènent vers une carrière d'expert en navigation de plaisance. Il consacre parallèlement plus de 35 années à l'enseignement de diverses branches du domaine du nautisme, à la formation des apprentis constructeurs de bateaux ainsi qu'à la rédaction de nombreux articles et autres documents nautiques.



Anneau équinoxial universel

Mode d'emploi du cadran Maillefer de Buchillon

Cadran solaire de précision

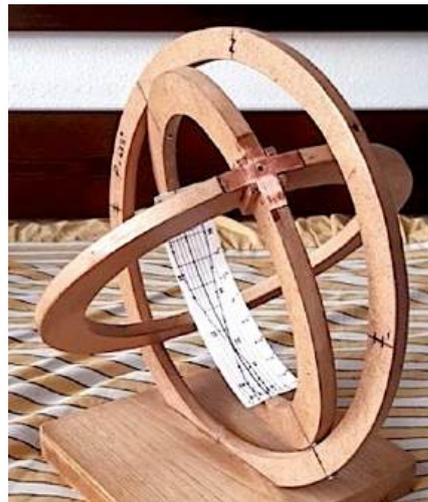
Les cadrans solaires classiques, même réglés au mieux, ne donnent l'heure exacte que 4 fois par an. Les erreurs montent jusqu'à 12 minutes le 11 février et à 16 minutes le 3 novembre.

Cela provient du fait que la Terre ne suit pas une circonférence parfaite autour du Soleil, mais une ellipse. La correction journalière peut être calculée selon une formule mathématique nommée "équation du temps".

Ce cadran solaire effectue la correction automatiquement sans calcul avec une précision de 1 à 2 minutes en toute saison, ceci par le placement du spot solaire sur une courbe en 8 qui tient compte de l'équation du temps.

Faire tourner la partie mobile pour amener le spot solaire sur la courbe en 8 et lire l'heure sur la graduation H "heure d'été" ou "heure d'hiver".

23.5.2012. Ch. Maillefer



Modèle en bois réalisé par l'auteur pour calculs et tests

SOURCES

Les cadrans solaires, Denis Savoie, Éd. Belin, 2003, ISBN 9782701133386-01

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k853899n/f1>

<https://www.cadrans-solaires.info/le-magazine/>

<https://gnomonique.fr/>

http://michel.lalos.free.fr/cadrans_solaires/

CLAUDE PTOLÉMÉE, L'APOGÉE ET LA FIN DE LA SCIENCE GRECQUE

Michèle Tillard

Après ses articles consacrés à Aratos de Soles, Hipparque de Nicée, Ératosthène de Cyrène, Archimède, Anaximandre de Milet, et Hésiode, Michèle Tillard nous propose dans ce numéro de mieux connaître l'œuvre d'un autre grand scientifique grec de l'Antiquité : astronome, géographe et astrologue...



Portrait imaginaire de Claude Ptolémée (XVI^e siècle)

Claude Ptolémée, dont le prénom, Claudius, indique qu'il est un citoyen romain, et le nom, devenu très courant au II^e s. apr. J.- C., qu'il était certainement un Grec d'Égypte, n'a aucun lien de parenté connu avec la dynastie macédonienne des Ptolémée, qui gouverna l'Égypte de la conquête d'Alexandre à la mort de Cléopâtre. Il est né à Canope, dans le delta du Nil, sous le règne des Antonins, à l'apogée de l'empire, plus précisément sous le règne de Trajan (98-117). Il connut successivement quatre empereurs : Trajan, Hadrien, Antonin le Pieux et Marc-Aurèle. Il travailla probablement à la Grande Bibliothèque d'Alexandrie entre 127 et 141, puisqu'il y fit des observations astronomiques ; il mourut sans doute à Canope, sa cité natale.

On ne sait rien de sa vie, qui se confond probablement avec ses recherches. Il est une exception dans un contexte relativement morose, tout comme Galien dans le domaine de la médecine.

Son œuvre astronomique, intitulée *Composition mathématique* ou *Almageste* (ἡ Μεγίστη, « la plus grande », avec l'article « al » d'origine arabe), est le seul ouvrage antique d'astronomie qui nous soit parvenu complet. Il a survécu avec d'autres traités, les *Hypothèses des planètes*, le *Tétrabiblos* consacré à l'astrologie, ou la *Géographie*, ou encore des traités sur l'optique ou la musique.

Outre ses propres recherches, il a eu le mérite de nous faire connaître ses prédécesseurs, qu'il cite abondamment, en particulier Hipparque. C'est à travers lui, dans ses traductions arabes et byzantines, que l'Occident médiéval prit connaissance de la science grecque.

L'ensemble de ses trois livres essentiels, l'*Almageste*, le *Tétrabiblos* et la *Géographie*, constitue en réalité trois aspects indissociables d'un seul et même projet : la connaissance du Cosmos, et celle de la Terre, toutes deux fondées sur un outil unique : les mathématiques, et plus particulièrement la géométrie du cercle.

L'ASTRONOMIE DE CLAUDE PTOLÉMÉE : L'ALMAGESTE

Dans la lignée de Pythagore et de Platon, Ptolémée affirme la prééminence des mathématiques, qui sont le seul savoir inébranlable par la rigueur de ses démonstrations. C'est pour cette raison qu'il conserve l'idée de la sphère : la géométrie du cercle permet en grande partie de « sauver les apparences », c'est-à-dire de rendre compte des phénomènes tels que nous les observons depuis le sol. La Terre est donc sphérique, immobile au centre de l'Univers ; le plan de l'horizon coupe la sphère céleste en deux moitiés ; les cieux eux-mêmes sont sphériques. On voit là également l'influence d'Aristote : Ptolémée reprend l'idée d'un monde supralunaire fait d'éther, le plus homogène des éléments : or la surface des corps homogènes ne peut elle-même qu'être homogène, donc sphérique. Cette thèse géocentrique l'emportera sur toute autre hypothèse, et perdurera jusqu'à Copernic et Galilée.



Sphère armillaire,
Rome, 1578 (Musée
Galilée, Florence)

Si, comme Aristote, Ptolémée refusait d'envisager un mouvement de la Terre, c'est aussi parce que l'on considérait que l'observation confirmait ce que l'on savait de la physique : or on n'avait pas les moyens techniques qui auraient permis de détecter les effets de la rotation terrestre. Il faudra pour cela attendre le XVII^e s. et les travaux des académiciens de Florence, et surtout la deuxième moitié du XIX^e s. et le fameux pendule de Foucault...

Comme ses prédécesseurs, Ptolémée voulait expliquer les mouvements irréguliers des corps célestes en termes de combinaisons de mouvements circulaires uniformes, sur le modèle des épicycles et des excentriques défini par Apollonios de Pergè. Il donne ainsi une théorie du Soleil, et montre que ces deux modèles sont équivalents ; il préfère en ce cas la seconde explication, plus simple.

En plus de ses travaux théoriques, Ptolémée réalisa un prodigieux travail d'observation : il reprend le catalogue d'Hipparque, qui contenait déjà 850 étoiles, et parvient, lui, à en identifier 1 028. Il utilise pour cela l'astrolabe armillaire (à ne pas confondre avec l'astrolabe plan) pour déterminer avec précision les positions de la Lune : il construisit sans doute son propre instrument : il indique dans l'*Almageste* comment le fabriquer. Cependant, lorsque son modèle mathématique, rationnellement satisfaisant, entra en conflit avec l'observation - ainsi, selon sa théorie, la distance de la Terre à la Lune aurait dû varier du simple au double, ce qui n'est pas exact - il préférait la théorie. Son seul objectif était de fournir un modèle géométrique permettant de calculer les mouvements de la Lune, des planètes et du Soleil. Par des observations et des calculs, il parvint à donner un exposé systématique de chacune des planètes, en calculant la grandeur de son épicycle, son excentricité, et des tables permettant de calculer la position longitudinale de la planète, ainsi que la grandeur et la durée des rétrogradations de chaque planète. Cette théorie pouvait être critiquable - et fut critiquée par Copernic - mais constitua l'essentiel des savoirs astronomiques jusqu'à la Renaissance. Ptolémée peut être considéré comme le dernier astronome grec : ses théories devinrent rapidement un véritable dogme, qui ne sera remis en question qu'à partir du XVI^e s. avec Tycho Brahé.

Il représente donc à la fois l'apogée de l'astronomie grecque, et son chant du cygne.

L'ALMAGESTE

L'*Almageste*, dont le titre grec était Μαθηματικὴ σύνταξις (Composition mathématique), est le seul traité d'astronomie complet qui nous soit parvenu. On peut prendre connaissance en ligne de cet ouvrage dans une nouvelle traduction française de Pierre Paquette, datée d'avril 2022¹. Avant lui, il n'existait en français que la traduction de Nicolas Halma, datée de 1813-1815, reprise par Jean Peyroux en 1988.

L'ouvrage est constitué de 13 livres : le premier expose les concepts mathématiques nécessaires à la description du cosmos ; les trois suivants décrivent la Terre et les différentes données qui la concernent : pôles, écliptique, équateur, méridiens, ainsi que les mouvements du Soleil et de la Lune. Le livre V est pour nous fort intéressant : il donne en effet toutes les indications techniques pour construire une sphère armillaire, c'est-à-dire un modèle réduit de l'Univers connu, un instrument indispensable à la vulgarisation de la connaissance astronomique, au calcul des mouvements des planètes, et à la prévision des éclipses : ce qui fait l'objet des livres VI à XIII.

L'ASTROLOGIE SELON PTOLÉMÉE : LE TÉTRABIBLOS

Outre l'*Almageste*, Ptolémée est aussi l'auteur du *Tétrabiblos*, consacré à l'astrologie, c'est-à-dire l'influence des astres sur le monde sublunaire, et sur les destinées individuelles des hommes. Cela peut nous surprendre, mais bien plus tard encore, Copernic, Tycho Brahé, peut-être Kepler et même Newton croyaient aussi en l'astrologie...

En outre, Ptolémée se montre relativement prudent et rationnel : il s'intéresse notamment à l'influence du Soleil sur les saisons, ou à celle de la Lune sur les marées...

En réalité, les deux ouvrages que Ptolémée consacre aux astres ne s'opposent pas, mais se complètent : dans les deux cas, il s'agit de prédire l'avenir. Dans le premier, le savant alexandrin donne à ses lecteurs les moyens de prévoir les éclipses, et les mouvements des astres. Dans le second, il montre que ces mouvements des astres-dieux ont une influence directe sur les hommes, à titre individuel ou collectif. En cela, il est un homme de son temps : il tente de contrer à la fois le scepticisme grandissant à son époque, qui tend à mettre en doute l'ensemble du savoir, et la prolifération des charlatans en tous genres, et des croyances les plus farfelues, en s'efforçant de donner à l'astrologie un caractère rationnel.

¹ <https://ecliptiqc.ca/Almageste.php>

Il est également influencé par le philosophe Poseidonios d'Apamée, un stoïcien très en vogue dans l'intelligentsia gréco-romaine, qui avait érigé en système la « sympathie » unissant entre elles toutes les parties de l'Univers : ce qui affecte les astres ne peut pas ne pas avoir d'influence sur la Terre et ses habitants.

Constitué de quatre tomes (d'où son nom de *Tétrabiblos*), l'ouvrage de Ptolémée commence par une « défense et illustration » de l'astrologie, répondant ainsi aux moqueries des sceptiques comme Sextus Empiricus ; puis, dans le livre II, il s'intéresse à l'influence des astres, et des climats, sur les communautés humaines, peuples et cités ; il reprend ainsi la théorie des climats, définie par Aristote et développée par Poseidonios : à un « climat » donné correspond un type humain et une organisation sociale ; il suggère ainsi une géographie humaine, recouvrant peu ou prou la carte d'Ératosthène, vieille déjà de plus de 300 ans.

Les livres III et IV sont consacrés à l'art d'établir des horoscopes individuels, appelé « généthologie » ; il se fonde pour cela sur les calculs des Chaldéens, concernant à la fois les mouvements des cinq planètes connues (Saturne, Jupiter, Mars, Vénus et Mercure, auxquels s'ajoutent la Lune et le Soleil) et les signes du zodiaque. Chaque signe se voit attribuer des traits particuliers, « masculin / féminin », « diurne / nocturne », « dominant / soumis ». L'action de chaque planète est donc la résultante de ses qualités propres, de celles des signes qui la contiennent, et de sa position par rapport au Soleil ou à la Lune...

Cet exposé systématique constitue la synthèse de l'ensemble des connaissances de son époque : il n'est pas étonnant qu'il soit devenu, comme le dit Germaine Aujac, « le livre de chevet, ou de référence, des astrologues de tous les temps »².

LA GÉOGRAPHIE DE PTOLÉMÉE

Claude Ptolémée ne fut probablement pas un grand voyageur, mais plutôt un homme de cabinet, capable de connaître et de synthétiser l'ensemble des connaissances de son temps. Sa *Géographie* compte parmi ses œuvres majeures, couvrant l'ensemble de la Terre habitée (l'Ækoumène) connue à son époque. Elle est composée de huit livres : le livre I définit le sujet et indique les données et les méthodes utilisées ; les livres II à VII donnent des listes topographiques et les coordonnées de plus de 8 000 lieux, allant de l'Irlande et de la Grande-Bretagne à l'Inde, en passant par l'Allemagne,

l'Italie, la Grèce, l'Afrique du Nord, l'Asie mineure et la Perse ; enfin le livre VIII présente 26 cartes régionales (10 pour l'Europe, 4 pour l'Afrique (qu'il appelle « Libye », et qui reste le grand continent inconnu) et 12 pour l'Asie.

La *Géographie*, plus tardive que l'*Almageste* et le *Tétrabiblos*, ne reprend pas tout à fait les données géographiques de ce dernier ; il prend en compte les connaissances nouvelles, liées aux progrès du commerce et aux incursions des armées romaines. En effet, celles-ci s'étaient aventurées jusqu'au Sahara, reculant ainsi les limites de l'Ækoumène vers le Sud, tandis que de premiers contacts s'étaient semble-t-il établis avec l'Extrême-Orient : le monde habité avait bien grandi depuis Ératosthène.

Le projet de Ptolémée n'était pas, cependant, une description de la Terre et de ses habitants : il ne fait aucune allusion à l'actualité, et ne s'intéresse donc pas à la géographie humaine. Ce qu'il veut, lui, c'est donner les moyens, fondés sur des coordonnées précises et incontestables, et donc encore une fois sur les mathématiques, de cartographier la Terre, à la fois dans son ensemble, et par région.

LES SOURCES DE PTOLÉMÉE

Ptolémée s'appuie sur les travaux de Dicéarque, de Posidonios d'Apamée et de Marin de Tyr, un Romain d'origine phénicienne qui reprit le système de coordonnées géographiques de Dicéarque. Mais, alors que Marin estime que l'étendue de la Terre habitée était de 225° de l'Espagne à la Chine (au lieu des 130° véritables), il reprend l'estimation de Posidonios pour la circonférence du globe au lieu de celle, plus exacte, d'Ératosthène : Ptolémée gardera cette estimation, mais recalculera plus exactement les dimensions de l'Ækoumène.

LA GÉOGRAPHIE

Ptolémée choisit donc de considérer la Terre comme une sphère de 180 000 stades (33 345 km) de circonférence, qu'il divise, selon le système sexagésimal babylonien, en 360° de longitude, de 500 stades chacun (soit 92,625 km) - aujourd'hui, un degré de longitude représente 111,319 km à l'Équateur. Pour lui, qui ignore bien sûr le méridien de Greenwich, le méridien de longitude zéro se situait au point le plus occidental alors connu, à savoir les « Îles Fortunées », autrement dit les Canaries.

La latitude, dont le degré zéro est, comme aujourd'hui l'Équateur, s'étend de Thulé, le point le plus septentrional connu (63° N) - mais ce n'est pas la Thulé de Pythéas, située près du

² Germaine Aujac, *Claude Ptolémée, astronome, astrologue, géographe*, Éd. CTHS, 3ème édition, 2012, p. 90.



Reproduction d'une carte de Ptolémée imprimée au XV^e s.

cercle polaire, mais l'actuelle Mainland, l'île principale de l'archipel des Orcades, au Nord de l'Écosse - jusqu'à Agisymba, qu'il situe à 8 200 stades au Sud de l'Équateur, soit environ 1 500 km, en Afrique sub-saharienne (16°S), dans l'actuelle République Centrafricaine. L'ensemble couvre donc, de Thulé à Agisymba, 79°.

Dans cette zone délimitée par les latitudes et longitudes, Ptolémée définit une partie habitable, de 72 000 stades (13 338 km) en longitude sur 40 000 (7 410 km) en latitude soit 100 millions de km² environ.

Ptolémée va surtout établir les coordonnées géographiques précises de plus de 8 000 lieux, en se fondant sur les travaux de ses prédécesseurs, et des récits de voyageurs.

POSTÉRITÉ DE LA GÉOGRAPHIE

La *Géographie* de Ptolémée constitue une somme des connaissances accumulées au II^e s. apr. J.-C. ; il en est aussi la fin, au moins jusqu'à la Renaissance : il n'y aura guère de nouveautés jusqu'aux « Grandes Découvertes ».

Le livre a été longtemps considéré comme perdu ; il fut redécouvert par le Byzantin Maxime Planude vers 1300. Il était cependant connu des Arabes, qui l'avaient traduit. On pense que les cartes figurant aujourd'hui dans l'ouvrage datent non de l'époque de Ptolémée, mais de l'époque byzantine. Vers 1410, il sera l'une des sources du cosmographe Pierre d'Ailly, dans son *Imago Mundi*, qui inspira lui-même Christophe Colomb, qui en possédait un exemplaire.

Si Ptolémée ne fut pas l'inventeur des longitudes et latitudes, il fut incontestablement à l'origine de notre cartographie : nous lui devons la généralisation des coordonnées mathématiques, l'orientation de nos cartes vers le Nord, et la systématisation de la projection de la sphère sur une surface plane.

PTOLÉMÉE, APOGÉE ET FIN DE LA SCIENCE GRECQUE

On considère volontiers Ptolémée comme le dernier scientifique grec, avec Gallien en matière de médecine. Sans doute la nature de son projet l'a-t-il voulu ainsi : ce lecteur infatigable, ce génie de la synthèse voulut donner à son œuvre un caractère universel et intangible, en faisant en sorte que ses successeurs puissent actualiser ses données. Ainsi, dans son *Almageste*, il fit en sorte que les astronomes du futur puissent facilement tenir compte de la précession des équinoxes pour calculer la position des étoiles à n'importe quel moment, en calculant le déplacement du point vernal, à raison d'un degré tous les 100 ans depuis l'année de référence, 138 apr. J.-C. et en ajoutant cette valeur à la longitude ; de cette manière, on peut reconstituer l'état du ciel à tout moment du passé, cette fois en retranchant cette valeur. L'*Almageste* se voulait donc un outil éternel - et le fut jusqu'au XVI^e s. au moins. Il procéda de même dans le *Tétrabiblos*.

Sa *Géographie* devint, de même, une référence incontestable : il ne chercha pas à décrire le monde de son temps, mais à donner la méthode pour cartographier la Terre, dans son ensemble et en détail. Ses cartes demeurèrent un modèle du genre.

Après Ptolémée, la science grecque subit un long déclin. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène : en premier lieu, la défiance et le désintérêt croissant de la philosophie à l'égard du savoir, conçu aussi bien par les Stoïciens que par les Épicuriens comme un moyen de combattre la peur et le malheur humains - même si certains philosophes furent également des savants ; d'autre part, la domination romaine et le peu de goût des Romains pour les spéculations abstraites, qui fit que Rome, centre du pouvoir et immense capitale, ne fut jamais un phare intellectuel à la hauteur d'Athènes ou d'Alexandrie. Le troisième facteur fut l'influence grandissante, jusque dans les hautes sphères du pouvoir, du christianisme qui considéra toujours avec méfiance la curiosité scientifique, perçue comme un manque de foi et une manifestation d'orgueil de la créature, détournée ainsi de la pure contemplation religieuse... À partir de 200 apr. J.-C., on cherche davantage à préserver le savoir qu'à l'accroître : les sommaires, résumés et commentaires prennent désormais la plus grande place.

Michèle Tillard (michele.tillard@gmail.com), ancienne professeure de lettres classiques en classe préparatoire littéraire, autrice de plusieurs ouvrages et de MOOC libres et gratuits de grammaire française, latin et grec ancien (voir <https://philo-lettres.fr/>).

HEURES LÉGALES DES LEVERS, CULMINATIONS ET COUCHERS DU SOLEIL EN FRANCE

Francis Reymann

À quelle heure (de nos montres et de nos téléphones) le Soleil se lève-t-il, se couche-t-il, et culmine-t-il ? Bien entendu vous pouvez recourir, pour un jour donné, à Internet ou à des formules bien connues mais l'auteur propose ici un outil Excel très simple pour un tracé sur l'année.



La course du Soleil dans le ciel au solstice d'hiver

Connaître, un jour donné, l'heure « légale » (celle de votre montre et de votre téléphone) de lever et de coucher du Soleil est facile : vous interrogez Google, qui vous donnera ces deux heures à la minute près et vous en déduirez alors l'heure de culmination du Soleil (lorsqu'il est le plus haut dans le ciel, plein sud), située au milieu de cet intervalle horaire.

Si vous commencez à maîtriser la gnomonique et ne souhaitez pas systématiquement confier la solution de vos problèmes à Internet... vous vous souviendrez que la durée du jour est égale à $2 \arccos(-\tan \delta \cdot \tan \lambda)$, δ étant la déclinaison du Soleil et λ la latitude du lieu. Vous obtiendrez alors les 3 heures recherchées qui seront des heures solaires que vous convertirez facilement en heures légales à l'aide d'une formule que nous rappelons même si cela pourra paraître superflu à la plupart de nos lecteurs :

$$TL = TS + ET + 1h \text{ (si heure d'été)} + CL$$

avec

TL : heure légale (celle de nos montres)

TS : heure solaire (lue sur le cadran)

ET : valeur de l'équation du temps au jour considéré (à lire sur un schéma ou une table)

CL : correction de longitude (positive si le cadran est situé à l'ouest du méridien de référence du fuseau horaire (15°E pour la France métropolitaine), négative s'il est situé à l'est de ce méridien)

Oui mais... si vous disposiez d'un graphe vous donnant directement ces heures légales de lever, de culmination et de coucher pour tous les jours de l'année ? C'est ce que je vous propose de réaliser avec un outil Excel très simple d'utilisation, que je suis heureux de mettre librement à disposition des lecteurs de ce magazine¹. Cela vous évitera d'interroger tous les jours Internet ou de faire des calculs journaliers...

Lorsque vous ouvrez le fichier, saisissez les coordonnées d'un lieu situé en France métropolitaine (ou plus généralement dans les pays ayant adopté « l'heure normale d'Europe centrale²). Vous pouvez également saisir le nom du lieu (facultatif). Le tracé s'adapte alors automatiquement aux données saisies. Les gros traits rouges montrent les levers, culminations et couchers du Soleil. Les traits fins montrent les limites des crépuscules civils (Soleil à 6° sous l'horizon). Les traits gris montrent la durée du jour à partir de l'origine (trait gros pour Soleil entre levers et couchers, fin pour jour avec crépuscules civils). Les levers et couchers prennent en compte l'apparition et la disparition des bords du Soleil ainsi que la réfraction atmosphérique, soit un Soleil centré à $0,6^\circ$ sous l'horizon. Les courbures de la ligne de culmination sont dues à l'équation du temps.

¹ le fichier est téléchargeable depuis <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/06/HeuresLevCouchFrance.xlsx>

² pour plus de détails voir par exemple la vidéo <https://www.youtube.com/watch?v=7xpT30inj3Q>

Saisie des données

Coordonnées du lieu. Toutes les cases bleues doivent être renseignées.

	Degré	Minutes	Secondes	
Latitude Nord	43	41	45	Mettre "E" pour Est de Greenwich et "O" pour Ouest de Greenwich
longitude	7	16	17	

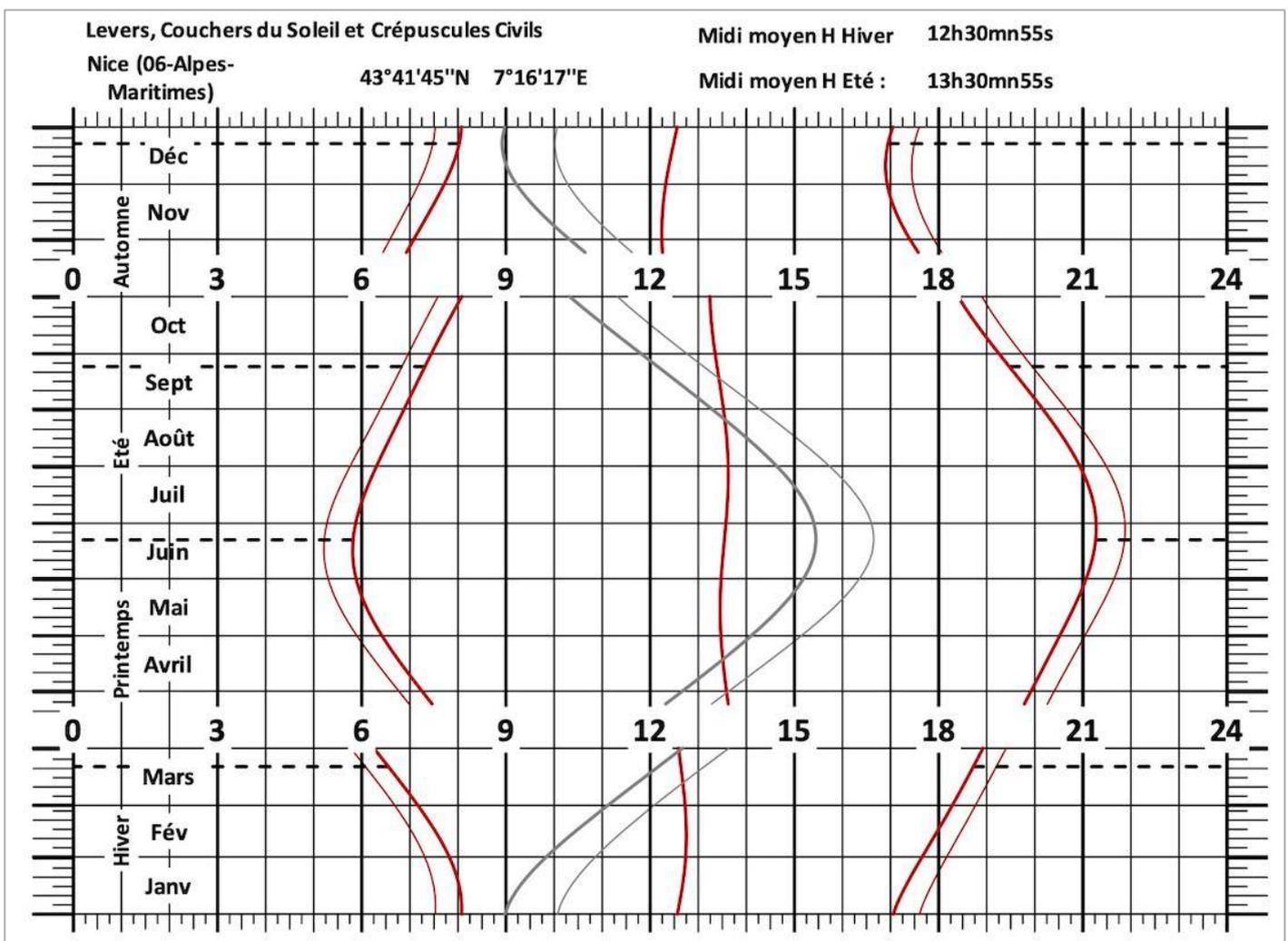
Zone de saisie de l'outil développé

Intitulé du lieu (facultatif)

Nice (06-Alpes-Maritimes)

Pour l'impression du tracé seul en A4 format paysage, demander l'impression à partir de la feuille "Tracé".

Tracé obtenu instantanément



Francis Reymann reymann.francis@orange.fr est ingénieur de formation et s'est intéressé par hasard mais avec passion au fonctionnement du système solaire, « ce qui a donné lieu à diverses maquettes explicatives et bien entendu à moult récepteurs des ombres dits cadrans solaires »

CADRANS SOLAIRES SUR LES CARTES OPENSTREETMAP

David Alberto

Avez-vous déjà utilisé OpenStreetMap, cet outil en ligne collaboratif <https://www.openstreetmap.org/> qui permet notamment de repérer des cadrans solaires dans une zone géographique donnée ? Cet article pourra vous guider dans vos premiers pas...

LE PROJET OPENSTREETMAP

OpenStreetMap (OSM) est un projet collaboratif international de données cartographiques en ligne, créé en 2004.

L'objectif est de fournir des données cartographiques libres d'utilisation, issues des contributions de bénévoles du monde entier.

Les données disponibles sont extrêmement variées : fonds de carte, routes, points d'eau, monuments, horloges... et cadrans solaires, bien entendu.

OBTENIR LES EMPLACEMENTS DE CADRANS SOLAIRES

Les données OSM sont certes accessibles à tous, mais il faut avouer que leur obtention n'a rien d'intuitif. L'outil de recherche est appelé *overpass turbo* (<https://overpass-turbo.eu>) ; il se présente sous la forme d'une double fenêtre. À gauche, on rédige une requête en précisant les critères, avec une syntaxe spécifique ; à droite une carte zoomable affiche les résultats de la requête.

Fig. 1 - Recherche de cadrans solaires dans les limites de la carte.

Recherche de cadrans solaires sur la carte (fig. 1)

Dans la fenêtre de requête, on écrit le code :
`node["display"="sundial"]({{{bbox}}});`
puis `out geom;`

`node` signifie la recherche de données ponctuelles.

`{{bbox}}` restreint la recherche aux limites de la carte située à droite (« bounding box »).

`out geom` indique d'afficher les résultats.

Puis on clique sur le bouton « Exécuter » pour lancer la recherche. Après quelques instants, le résultat s'affiche sur la carte, sous forme de points. Dans le coin en bas à droite, on trouve le nombre d'objets correspondant à la requête. En cliquant sur l'un des points, on accède à ses coordonnées géographiques et à d'autres informations.

Si la carte affichée à droite avant l'exécution est très étendue, la requête risque de prendre longtemps. Il est donc conseillé d'ajuster le zoom en fonction des besoins. Faites quelques essais avant de lancer une recherche sur un continent entier !

Spécifier une zone géographique

La zone géographique de votre choix ne sera sans doute pas toujours rectangulaire. Voici comment restreindre la recherche avec un nom de ville, de région, de pays... Il faut définir une aire de recherche avec un nom (en minuscules).

France (voir Fig.2) :

```
node["display"="sundial"](area.searchArea);  
out geom;
```

Normandie :

```
node["display"="sundial"](area.searchArea);  
out geom;
```

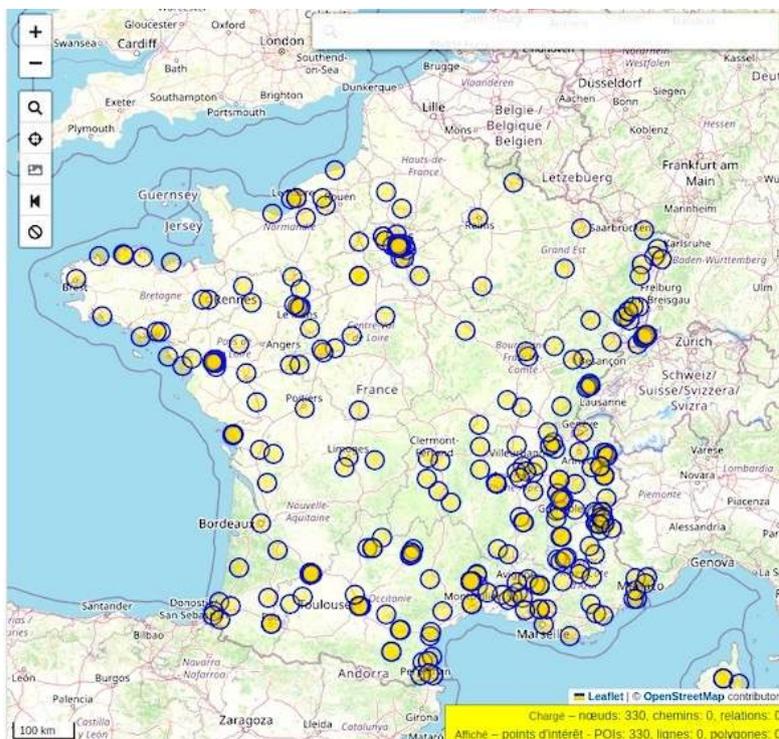
Le Havre :

```
node["display"="sundial"](area.searchArea);  
out geom;
```

EXPORT DES DONNÉES DANS UN FICHER

Si vous savez utiliser un outil logiciel qui exploite les données cartographiques, il est possible de télécharger les coordonnées géographiques des cadrans issus de votre requête sur overpass turbo.

Fig.2 - Résultat de la recherche pour la France



Cliquer sur «Exporter» et choisir un format de fichier (Geojson, GPX, KML, CSV). À défaut, vous pouvez télécharger la carte au format image.

Avec la Fig.3, on notera au passage que seuls 330 cadrans solaires français sont enregistrés sur OSM, soit environ un centième de l'inventaire de la Société astronomique de France. Le projet OMS n'attend donc que vous pour contribuer à alimenter les données cartographiques.

CONTRIBUER AUX DONNÉES OSM

Pour devenir contributeur, il suffit de créer un compte sur le site OSM. Une fois identifié sur le site, zoomez la carte à l'emplacement d'un cadran solaire que vous connaissez, et non encore répertorié.

Cliquez alors sur le bouton « Modifier » puis sur « point ». Cliquez ensuite à l'endroit précis sur la carte ; une fenêtre vous demande le type d'objet à ajouter, avec des suggestions. Tapez « cadran solaire », et remplissez les informations disponibles dans les champs, dans la mesure de vos connaissances (Fig.3).

Cliquez enfin à droite de l'écran sur « sauvegarder ». Votre contribution sera accessible quelques instants plus tard.

Il est possible de demander qu'un autre utilisateur vérifie votre contribution. Toutefois, la qualité des données repose sur la bonne foi et les connaissances des contributeurs ; il est donc conseillé de se limiter aux cadrans dont vous connaissez parfaitement l'emplacement.

Fig.3 - Champs d'informations qu'il est possible de remplir pour l'ajout d'un cadran solaire.

Référence : <https://fr.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>

Tutoriels sur overpass turbo : https://sites-formations.univ-rennes2.fr/mastersigat/Cours/OverpassTurbo_SOTM_2022.pdf
https://wiki.openstreetmap.org/w/images/b/b8/Overpass_Turbo_-_les_requ%C3%AAtes.pdf

David Alberto, professeur de physique-chimie en lycée, s'est lancé dans l'astronomie à l'occasion d'une école d'été du CLEA. Pour plus de détails sur ses activités, voir <https://www.astrolabe-science.fr/>

Entre 1830 et 1860, à Varsovie, des cadrans solaires cylindriques furent fabriqués par Jakób Pik (vers 1806-1897), d'après le projet de Jan Baranowski (1809-1879), professeur d'astronomie à l'Université de Varsovie.

La seconde moitié du XIX^e siècle semble être une époque où la science du dessin des cadrans solaires était tombée dans l'oubli. Cependant, ce n'était pas la fin de l'histoire, car Feliks Przyrkowski (1872-1951) commença son activité à la fin du XIX^e siècle. Médecin de profession, passionné d'astronomie et gnomoniste, il collectionna 185 cadrans solaires pendant une douzaine d'années, dont 72 de sa propre production. Il fut soutenu dans sa passion par son fils, Tadeusz Przyrkowski (1905-1977), historien de l'art et des sciences, graphiste, bibliophile, photographe et gnomoniste, qui, après la mort de son père, perpétua sa passion.

Il conçut et fabriqua des cadrans solaires en Pologne et en Europe, notamment à Cracovie, Varsovie, Jędrzejów, chez Michel Debré (Les Madères) et à Greenwich. Il écrivit également de nombreux articles sur l'histoire des cadrans solaires. Le 3 février 1962, Tadeusz Przyrkowski et sa famille firent don à l'État polonais de leurs collections de cadrans solaires, de peintures, de livres, de photos et de mobilier. C'est ainsi que fut créé le Musée familial Przyrkowski de Jędrzejów, qui possède la plus grande collection de cadrans solaires de Pologne. Leur contribution commune au développement de la gnomonique polonaise a permis qu'à ce jour, malgré de nombreuses difficultés, l'art de dessiner des cadrans solaires n'ait pas disparu en Pologne.

À la fin du XX^e siècle, Marek Szymocha (né en 1966 à Myszków), mécanicien de profession et propriétaire de l'entreprise *Solearte zegary słoneczne*, débute son activité gnomonique. En 2000, il réalise le premier cadran solaire pour la station polaire polonaise du Spitzberg. Au cours des années suivantes, il réalise de nombreux projets de cadrans solaires, notamment pour le Jardin botanique de Łódź (vers 2006), l'Université Nicolas Copernic de Toruń (2006), le Jardin zoologique de Płock (2007), l'école primaire n°1 de Grójec (2009), le premier lycée général de Mielec (2010), le district forestier de Krynkki à Poczopek (2012) et le musée familial Przyrkowski à Jędrzejów (2014). Il a réalisé plus de 100 projets de cadrans solaires à ce jour.

Rafał Zaczkowski rafalzak@o2.pl est astronome, docteur en histoire des sciences. Il travaille au Musée familial Przyrkowski de Jędrzejów comme directeur-adjoint des affaires scientifiques et techniques. Ses intérêts scientifiques portent notamment sur l'histoire de la gnomonique. Il est l'auteur de plusieurs articles sur la gnomonique polonaise.



Fig. 2. Gnomonographe construit par Wojciech Jastrzębowski.



Fig. 3. Exposition de cadrans solaires au musée familial Przyrkowski à Jędrzejów.



Fig. 4. Cadran solaire cylindrique, schéma de Jan Baranowski, réalisé par l'Institut d'optique Jakub Pik.



Fig. 5. Cadran solaire azimutal, Puławy, réalisé par Marek Szymocha, 2020.

HEURE SOLAIRE SANS LA LATITUDE

Henri Gagnaire

Et si vous réalisiez un dispositif vous permettant de déterminer l'heure solaire quelle que soit la latitude du lieu où vous vous trouvez ? Un « cadran solaire universel » en quelque sorte... L'auteur nous en détaille le principe et nous guide dans sa réalisation.

PRÉSENTATION

L'heure solaire est la même pour tous les habitants d'un même méridien terrestre. Parmi toutes les relations dont disposent les gnomonistes, l'une d'entre elles traduit ce fait. En effet, la relation suivante (où A , h , δ sont respectivement l'azimut, la hauteur et la déclinaison du Soleil et H l'angle horaire) est indépendante de la latitude φ :

$$\sin A \cdot \cos h = \sin H \cdot \cos \delta$$

Le lecteur pourra vérifier que l'azimut et la hauteur du Soleil (à même heure, même date) sont différents en deux lieux dont les latitudes sont très différentes (par exemple : Toulon en France et Stavanger en Norvège qui sont presque sur le même méridien) mais que les produits $\sin A \cdot \cos h$ sont égaux.

Cette relation est valable également si le Soleil est en-dessous de l'horizon. De plus, la fonction cosinus étant paire, $\cos \delta$ a le même signe si la déclinaison du Soleil est positive ou négative. Chacun des deux membres de cette relation est un produit dont la valeur commune sera notée P . Certains auteurs ont mis à profit cette relation pour proposer des cadrans, très ingénieux mais difficiles à reproduire, pour déterminer l'heure quelle que soit la latitude du lieu^{1 2 3}.

Le dispositif décrit ici est très simple. Il présente un certain intérêt pédagogique. Par contre, le prix à payer est de lire deux graduations particulières, de faire une multiplication et d'utiliser un abaque. Cela peut paraître complexe mais ces différentes opérations sont faciles à réaliser. L'abaque est présenté sur la figure 1 ci-contre. En abscisse est la valeur absolue de la déclinaison : à chaque point de cet axe on pourrait faire correspondre quatre dates, deux pour la déclinaison positive, deux pour la déclinaison négative. En ordonnée est portée, pour différentes heures solaires, la valeur absolue du produit $|P| = |\sin H| \cdot \cos \delta$. L'abaque ne peut être utilisé que lorsque $\sin A$ d'une part, $\cos h$ d'autre part et le produit P des deux ont été déterminés. Connaissant la déclinaison, le report sur la figure de la ligne horizontale d'ordonnée $|P|$ permet d'estimer l'heure solaire par interpolation. L'examen de la figure 1 montre que les différentes courbes sont suffisamment espacées, sauf autour de 6 h ou 18 h, pour permettre la détermination correcte de l'heure solaire à quelques minutes près.

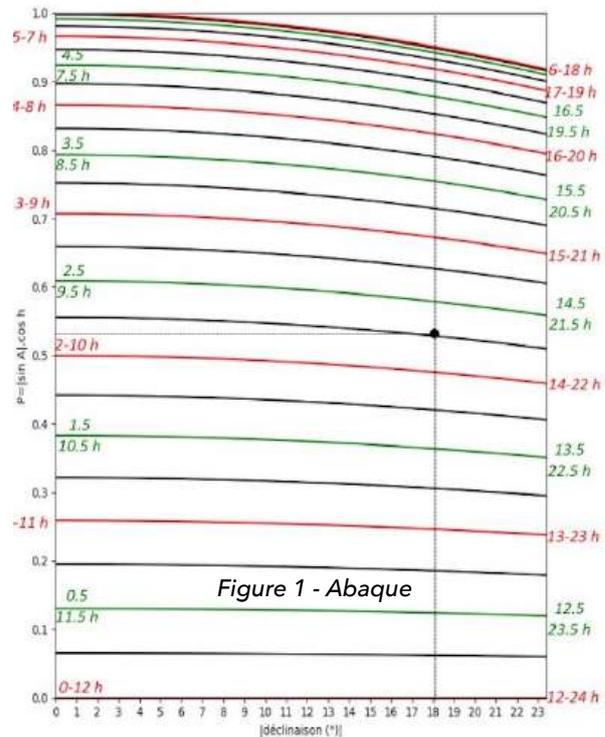


Figure 1 - Abaque

Elles sont quasiment horizontales. Il n'est donc pas nécessaire de connaître la déclinaison avec une très grande précision.

DISPOSITIF

Quel est le dispositif qui permet de déterminer $\cos h$ et $\sin A$? Il doit être à la fois un cadran de hauteur et un cadran d'azimut. Pour déterminer la hauteur, on peut utiliser le cadran de hauteur plan présenté en référence⁴. Il est constitué par une planchette verticale et un gnomon perpendiculaire à la planchette, de longueur d et d'extrémité G (voir figure 2).

Lors d'une mesure, la planchette doit être orientée afin que l'ombre M de G soit positionnée sur la ligne verticale passant par le point K . La distance $OK = a$ est choisie de manière arbitraire. Le triangle MKG est rectangle en K et l'angle KGM de sommet G est égal à la hauteur h du Soleil. Ainsi la distance KM vaut $L \cdot \tan h$ (figure 2) où L est mesurée directement sur le dispositif. De la valeur de KM , on peut déduire la valeur de $\cos h$ qui est ensuite inscrite sur la ligne verticale KM au niveau du point M .

On obtient ainsi la graduation particulière montrée sur la figure 3.

Sur la figure 2, la droite Δ passant par V' est parallèle à GK . Elle montre la direction de l'ombre du bord VV' de la planchette sur un plan horizontal. Quelle que soit l'heure et puisqu'il faut orienter correctement la planchette, cette ombre fait toujours l'angle arctan (d/a) avec la planchette. Cette ombre va tourner au cours de la journée et permettre de mesurer l'azimut du Soleil sur un rapporteur placé sur un plan horizontal, dont la graduation 0° doit indiquer la direction sud-nord du lieu. Il faut placer le point V au centre du rapporteur. Ce rapporteur peut être gradué en portant directement les différentes valeurs de $|\sin A|$ plutôt que A (figure 4).

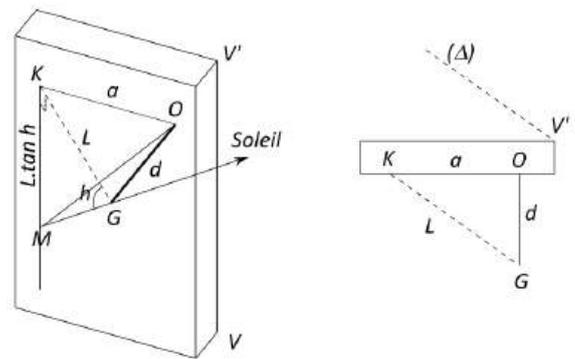


Figure 2 - Cadrans de hauteur

ESSAI

Le 28 janvier 2025 ($\delta = -18,08^\circ$) à 9 h 42 min (heure solaire) soit $H = 9.7$ h, le dispositif (figure 5) a permis d'enregistrer les valeurs suivantes :

$$\cos h = 0,950 \text{ et } |\sin A| = 0,560$$

D'où le produit $|P| = |\sin A| \cos h = 0,532$. Le tracé de l'horizontale d'ordonnée 0,532 et de la verticale d'abscisse 18° sur l'abaque conduit à $H = 9.75$ h environ (voir Figure 1).

À noter que pour cette heure solaire, l'application *Solar Info* donne pour la valeur de l'azimut $A = -180^\circ + 145,51^\circ = -34,49^\circ$ dont la valeur absolue du sinus vaut 0,566, et pour celle de la hauteur $h = 19,195^\circ$ dont le cosinus vaut 0,944. Ces valeurs considérées comme exactes conduisent à un produit égal à 0,534.

L'excellent accord entre les deux valeurs du produit provient du fait que la valeur de $\cos h$ a été obtenue expérimentalement par excès tandis que celle de $|\sin A|$ a été obtenue par défaut et les deux petites erreurs se compensent.

Ce dispositif rudimentaire, facile à reproduire et à transporter (l'abaque peut être fixée au dos de la planchette), permet donc de déterminer de façon satisfaisante l'heure solaire quelle que soit la latitude (autour de midi solaire, la valeur de l'azimut permet de savoir si midi est passé ou non).

Professeur de physique à l'université de Saint-Étienne, Henri Gagnaire henrigagnaire@gmail.com a découvert et s'est passionné pour la gnomonique après sa retraite. Il contribue aujourd'hui activement aux activités de l'association Recherche Midi 42 <https://sites.google.com/view/cherche-midi-42> et à la diffusion des connaissances dans le domaine.

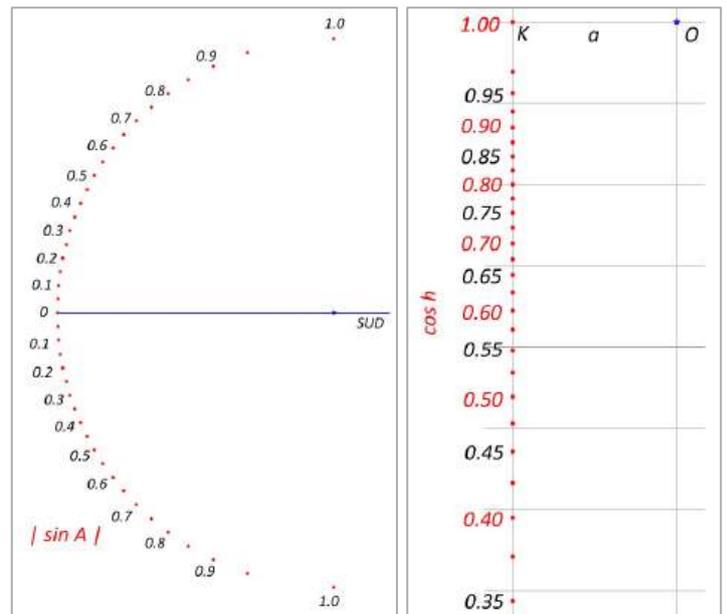


Figure 3 - Graduation Hauteur

Figure 4 - Graduation Azimut

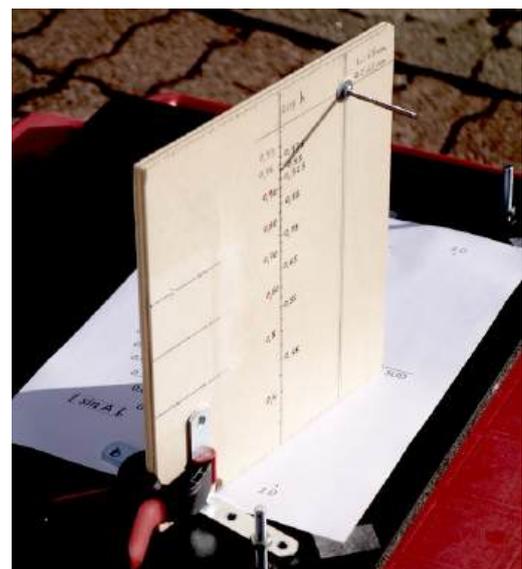


Figure 5 - Dispositif réalisé

¹ J.G. Freeman - A latitude-independent sundial - British Sundial Society - Bull 91.1 - feb 1991 - pp. 18-28

<https://archive.sundialsoc.org.uk/wp-content/uploads/bulletins/B1991/Bull091-1.pdf>

² J.A.F. de Rijk - A new latitude-independent sundial - British Sundial Society - Bull 91.3 - oct 1991 - pp. 37-40

<https://archive.sundialsoc.org.uk/wp-content/uploads/bulletins/B1991/Bull091-3.pdf>

³ J.F. Echard - Cadrans de Freeman - Cadrans Info n°13 - mai 2006 - pp 20-24

⁴ H. Gagnaire, P. Gagnaire - Cadrans cylindriques de Hartman - Cadrans Info n°43 - mai 2021 - pp. 51-72 (voir p. 61)

FABRIQUER UN CADRAN SOLAIRE PAR GRAVURE / DÉCOUPAGE

LASER François Blateyron

Même les gnomonistes amateurs peuvent très facilement réaliser de magnifiques cadrans solaires gravés. L'auteur nous explique comment faire à l'aide de son célèbre logiciel Shadows et d'une machine à graver / découper que vous trouverez dans un fablab proche de chez vous...

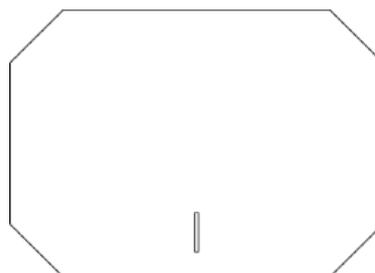
Le logiciel Shadows est utilisé depuis bien longtemps pour tracer toutes sortes de cadrans solaires et ainsi éviter aux utilisateurs novices de se plonger dans la complexité des calculs gnomoniques. Mais il reste à ces utilisateurs la tâche concrète de transférer le tracé sur le matériau final, par pochoir, gravure, peinture, etc.

Il existe une solution depuis quelques années, grâce aux graveurs-découpeurs laser, qui permettent de dessiner directement sur du bois ou divers matériaux (plastique, cuir, Plexiglas) et également de les découper. Cette solution est désormais utilisable dans Shadows Pro grâce à la fonction qui exporte directement les fichiers nécessaires, à savoir un fichier pour la gravure et un fichier pour la découpe, ceci pour chacun des éléments, table du cadran et style.

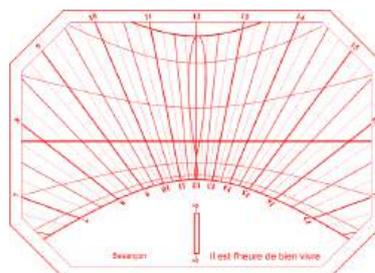
On commence par créer le cadran de son choix dans le logiciel : après avoir sélectionné le type de cadran puis le lieu d'installation, le tracé du cadran s'affiche à l'écran. L'utilisateur peut ensuite dimensionner la table du cadran (largeur, hauteur et forme de la table ; hauteur du style), puis choisir les tracés d'heure solaire ou d'heure moyenne, ou même un tracé d'heures antiques, avec une résolution configurable (toutes les heures, 1/2 heures, 1/4 d'heure, 5 minutes).

On peut ensuite l'agrémenter d'un cadre de texte avec une devise (choisie parmi les centaines proposées), de cadres d'images pour décorer (des oiseaux à la façon des cadrans de Zarbula, un Soleil, une photo de la maison, etc.), d'une courbe en huit à midi, etc.

Pour les besoins de la découpe laser, on prendra soin de prévoir une encoche sous le style pour l'insérer directement dans la table du cadran. Il suffira ensuite de choisir « Fichier > Exporter dans un fichier > les fichiers pour la gravure » et les différentes images sont générées dans le dossier « Shadows Data\Engraving ». Dans le cas de notre cadran, on y trouvera trois fichiers :



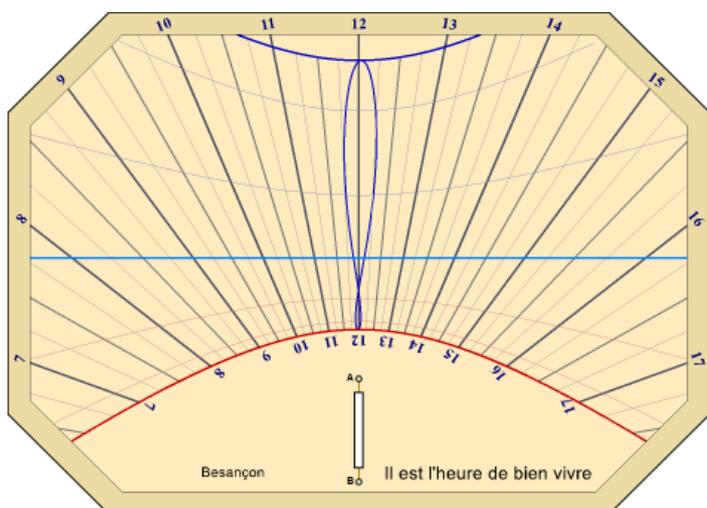
Le fichier pour la découpe



Le fichier pour la gravure



Le fichier de découpe du style



Le cadran obtenu à l'écran dans Shadows Pro

Ensuite dans le logiciel de la graveuse laser, il suffit de charger chaque fichier séparément et de configurer la puissance du laser : faible à moyen pour la gravure, fort pour la découpe. On commence par la gravure, puis sans rien déplacer, on enchaîne avec la découpe, qui peut nécessiter, selon les matériaux, plusieurs passages pour assurer une bonne découpe.

La feuille de bois ou de Plexiglas doit être bien fixée au bâti pour ne pas se décaler avec les à-coups dus au déplacement de la tête laser. On obtient ainsi le cadran découpé avec l'encoche pour le style, et le tracé parfaitement exécuté. La qualité finale dépend du matériau, de la résolution de la machine et de la puissance du laser.

Pour ceux qui n'ont pas de machine à la maison, il existe des fablabs dans certains quartiers qui proposent du temps d'utilisation sur des machines à graver et à découper, ou des imprimantes 3D, en facturant au temps d'utilisation ou au forfait. Il suffit de venir avec ses fichiers sur une clé USB et de faire des essais.

Les machines à graver ont des tailles permettant de graver de 10 x 10 cm jusqu'à 30 x 30 cm selon les modèles, et parfois même plus grand. Graver et découper son cadran est surtout intéressant pour de petits cadrans portables qui nécessitent une finesse de tracé difficilement conciliable avec un travail à la main, au moins pour le commun des mortels.

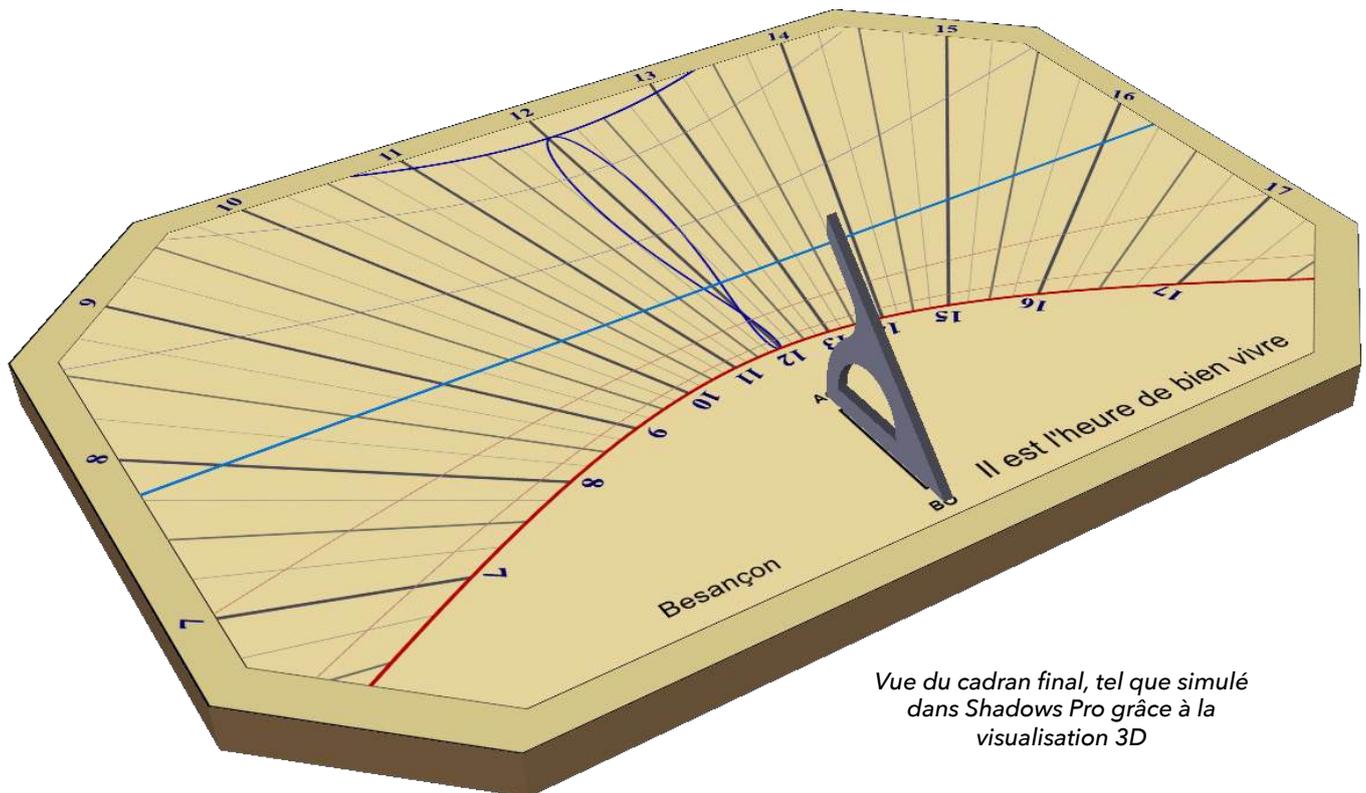
Le cadran sera gravé en monochrome mais il est possible ensuite de le coloriser à l'aquarelle, à la gouache ou à l'encre, avant de protéger le tout avec un vernis au pinceau ou à pulvériser.

Il est facile de se procurer des feuilles de bois de différentes essences, de 2 à 5 mm d'épaisseur, pour un prix modique, sur Amazon ou d'autres fournisseurs.

Les plus bricoleurs continueront de tracer ou graver leur cadran à la main, mais cette possibilité offerte par le logiciel Shadows Pro vient à la rescousse des moins manuels ou des plus pressés.

Le logiciel Shadows peut être téléchargé sur www.shadowspro.com/. Il est gratuit dans sa version de base et la licence Shadows Pro, qui permet la gravure laser et la visu 3D, est proposée à 50 €.

Ce logiciel conçu en France est utilisé par des milliers de personnes dans le monde, et a été primé par la Société Astronomique de France et par la North American Sundial Society.



Vue du cadran final, tel que simulé dans Shadows Pro grâce à la visualisation 3D

François Blateyron fblateyron@shadowspro.com développe le logiciel Shadows depuis 1995. Ingénieur en traitement du signal et en développement logiciel, il a passé sa carrière en tant qu'éditeur de logiciels scientifiques pour l'analyse des états de surfaces. Il est passionné d'astronomie et de sciences, entre autres choses, et développer Shadows lui permet d'allier l'astronomie et le développement logiciel, et plus important, de se faire plaisir tout en rendant service aux nombreux utilisateurs.

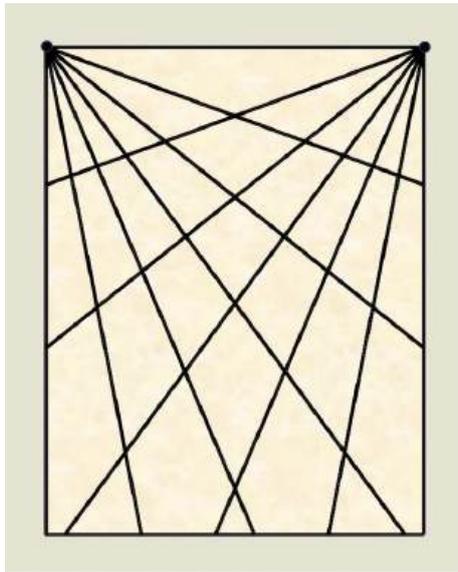
JEUX ET ÉNIGMES

UNE DEVINETTE

QUEL TYPE DE CADRAN SOLAIRE EST-CE ?

Une devinette qui paraîtra sans doute trop simple aux gnomonistes avancés...

Vous vous promenez dans la campagne et vous arrêtez près d'une maison abandonnée sur laquelle on peut encore admirer, sur sa façade sud, les traces d'un cadran solaire. Il n'a plus de style. Le tracé des lignes horaires n'est pas très conventionnel... Quel type de cadran est-ce ? Quelles lignes horaires sont donc tracées ?



UNE ÉNIGME

SEREZ-VOUS PLUS PERSPICACE QU'UNE IA ?

Cette énigme semblera, cette fois, sans doute difficile à tous...

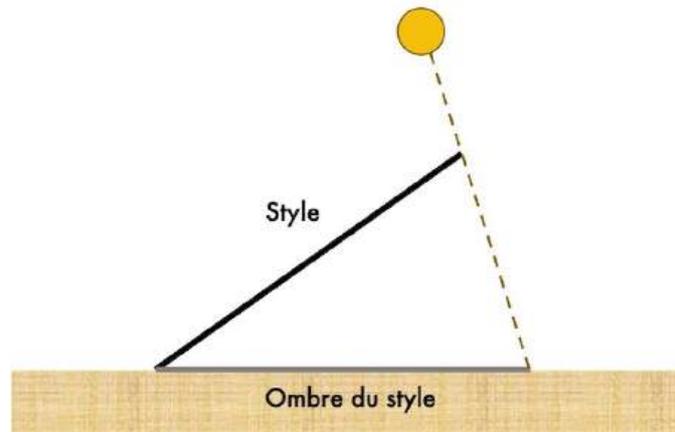
Une IA générative bien connue, à qui nous avons proposé l'image ci-dessous en demandant de la caractériser, a répondu : « Mâle travaillant du plâtre ». Ce n'est pas faux, quoique que « mâle » soit surprenant... Serez-vous plus perspicace que cette IA, en notant notamment des indices gnomoniques sur la photo ? Autre indice : le « mâle » est un archéologue travaillant dans un four du Moyen Âge...



UN TEST RAPIDE

LA LONGUEUR D'UN STYLE ÉGALE À CELLE DE SON OMBRE...

Quand la longueur de l'ombre du style d'un cadran solaire horizontal est-elle, à midi solaire, égale à la longueur du style ?



UN PROBLÈME GNOMONIQUE

UN EXERCICE CLASSIQUE...

C'est un exercice classique que les gnomonistes posent pour mesurer les progrès de celles et ceux qui veulent maîtriser la science des cadrans solaires....

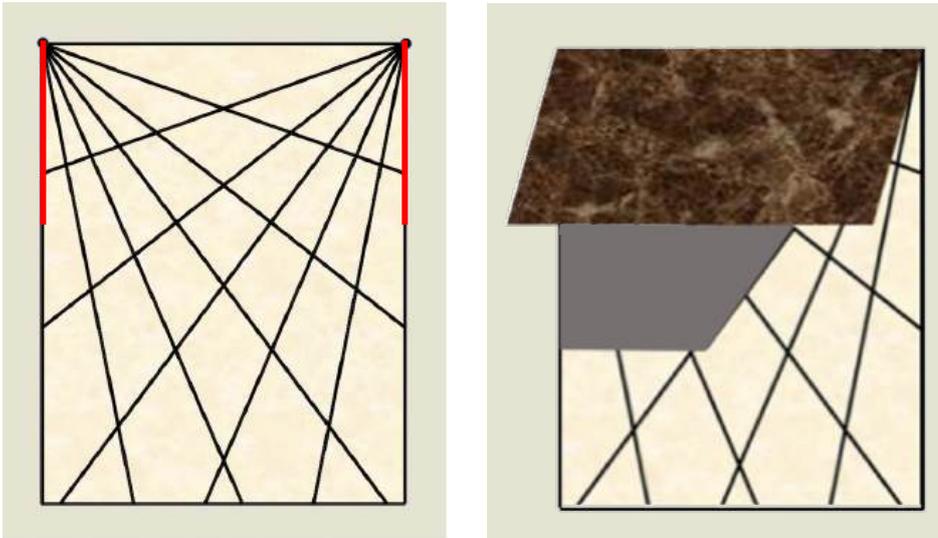
Sur cette photo prise depuis le rond-point des Champs-Élysées à Paris le Soleil couchant apparaît dans l'axe de l'avenue, au pied de l'Arc de Triomphe, ce qui attire, comme le montre la photo, beaucoup de curieux... Sauriez-vous donner, à un ami qui souhaite assister à ce spectacle, la date et l'heure auxquelles le phénomène peut être observé ?



SOLUTIONS DES JEUX ET ÉNIGMES

UNE DEVINETTE

C'est un simple cadran méridional (vertical, plein sud) et ses lignes horaires indiquent l'heure solaire locale. Cependant, la personne qui l'a conçu a, soit cherché à réduire la largeur du cadran solaire, soit voulu faire preuve d'un peu d'originalité. Elle a installé 2 styles (en rouge sur l'illustration de gauche : vue de face) au lieu d'un, l'un dans le coin supérieur droit du rectangle d'où partent les lignes horaires du matin, l'autre dans le coin supérieur gauche d'où partent les lignes horaires de l'après-midi... Les deux styles sont bien correctement placés, c'est-à-dire inclinés d'un angle égal à 90° diminué de la latitude du lieu par rapport à la verticale. À noter qu'un tel cadran solaire fonctionne également correctement si un auvent repose sur les gnomons (illustration de droite : vue légèrement de biais), ce qui peut protéger le cadran des intempéries !



UNE ÉNIGME

Si vous avez trouvé la réponse, vous méritez des applaudissements fournis...

L'archéologue est en fait en train de réaliser une étape spécifique d'un processus de datation archéologique, dite par archéomagnétisme, qui s'appuie sur la variation du champ magnétique terrestre au cours des siècles. Dans les conditions de hautes températures rencontrées principalement dans des fours (culinaires, de potier, etc.) les parois du four et la sole mémorisent la direction du champ magnétique terrestre en refroidissant. Comme on retrouve généralement la sole dans la même position qu'à l'époque de l'exploitation du four, il suffit de pouvoir relever la direction du champ mémorisé et de la comparer à la courbe de variation pour avoir une indication sur la période de la dernière cuisson !

La mesure du champ ne pouvant toutefois se faire qu'en laboratoire, il faut prélever des échantillons avec une indication précise de leur orientation sur le terrain. Pour cela, dans un premier temps, un (ou deux sur la photo) pâte de plâtre est déposé sur l'échantillon avec une surface supérieure bien plane et bien horizontale. On grave ensuite la direction du Soleil sur cette surface : c'est ce que fait l'archéologue sur la photo. Il faut bien sûr qu'il note en même temps l'heure, la date et le lieu du prélèvement...



Intéressant, non ?

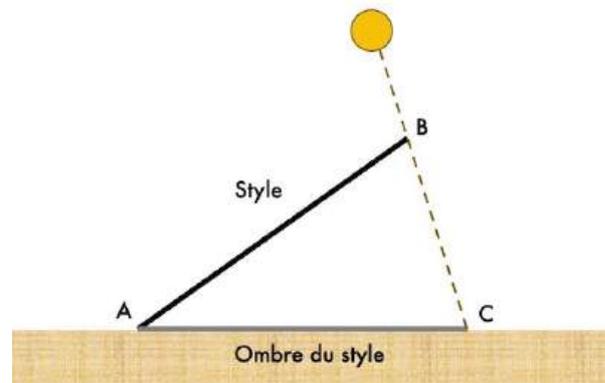
UN TEST RAPIDE

L'angle CAB est égal à la latitude notée φ , le cadran étant de type horizontal. L'angle ACB (hauteur du Soleil à midi solaire) est égal (formule que l'on peut retrouver facilement) à $\delta + 90^\circ - \varphi$ (avec δ la déclinaison du Soleil). Puisque le triangle ABC est isocèle (la longueur du style étant égale à celle de son ombre), l'angle CBA est également de $\delta + 90^\circ - \varphi$.

La somme des 3 angles étant égale à 180° (comme dans tout triangle en géométrie plane) on peut écrire : $\varphi + (\delta + 90^\circ - \varphi) + (\delta + 90^\circ - \varphi) = 180^\circ$ ou encore $\varphi = 2\delta$.

La réponse est donc : quand la déclinaison du Soleil est égale à la moitié de la latitude !

Cette réponse peut bien entendu être retrouvée par les formules données par Pierre-Louis Cambefort en pages 16-17 de ce magazine. En effet, la longueur de l'ombre du style à midi solaire est donnée par la formule $L \cdot \cos \delta / \cos (\varphi - \delta)$. Cette valeur est égale à L si $\cos \delta / \cos (\varphi - \delta) = 1$ donc lorsque $\cos \delta = \cos (\varphi - \delta)$ soit $\delta = \varphi - \delta$ ou encore $\varphi = 2\delta$.



UN PROBLÈME GNOMONIQUE

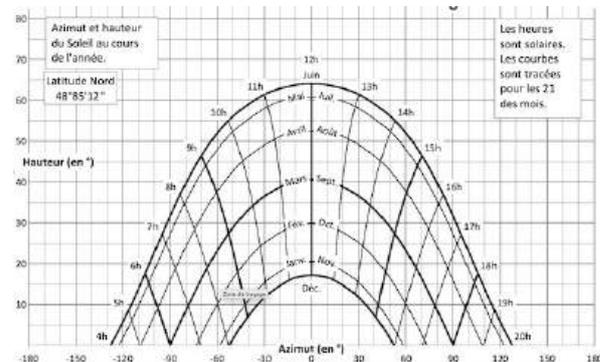
Première solution pour les gnomonistes amateurs...

Un outil tel que <https://www.geoportail.gouv.fr/> vous permettra de trouver rapidement que :

- les coordonnées du rond-point des Champs-Élysées sont d'environ $48,87^\circ$ N - $2,31^\circ$ E.
- la distance du rond-point au pied de l'Arc de Triomphe est de 1 230 m environ.
- l'azimut A de l'avenue des Champs-Élysées est d'environ $115,81^\circ$.
- le pied de l'Arc de Triomphe est situé à 25 m au-dessus du rond-point.

Le Soleil frôlant le pied de l'arche intérieure de l'Arc de Triomphe et en occupant presque toute sa largeur (de 14,5 m), on peut estimer que son diamètre apparent est de 13 m et donc que sa hauteur h vue du rond-point des Champs-Élysées est donnée par $1\,230 \cdot \sin h = 25 + (13/2)$ ou encore $h = 1,46^\circ$ environ.

Si l'on se reporte maintenant à une courbe telle que celle ci-contre donnant la hauteur du Soleil en fonction de son azimut à Paris, on peut en déduire que $h = 1,2^\circ$ et $A = 115,81^\circ$ correspondent à début mai et début août et à une heure solaire de 19 h 15 environ soit environ 21 h heure légale. Vous recommanderez quand même à votre ami de venir 30 min avant le phénomène, et quelques jours autour de « début mai et début août » pour bien l'observer, compte tenu de l'approximation des calculs et de celle de la lecture sur la courbe...



Tracé obtenu à l'aide de l'outil AziHaut de Francis Reymann téléchargeable depuis¹

Mais les gnomonistes plus confirmés trouveront un calcul plus précis proposé dans un document préparé par Pierre-Louis Cambefort² et un autre par Yvon Massé³.

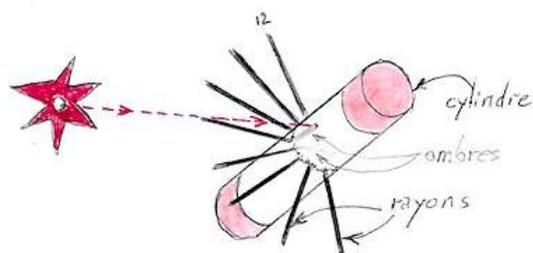
¹ <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/06/AziHaut.xlsx>

² <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/06/Soleil-Arc-Triomphe-PLC.pdf>

³ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/06/Quel-jour_YM.pdf

RAYONS DE SOLEIL

Cette page du magazine est traditionnellement consacrée à l'une des créations du prolifique gnomoniste-cadranier Claude Gahon claudegahon@yahoo.fr, membre du comité éditorial de ce magazine. Comme la plupart de ses créations, celle présentée ici est originale, simple, esthétique, et au fort potentiel pédagogique.

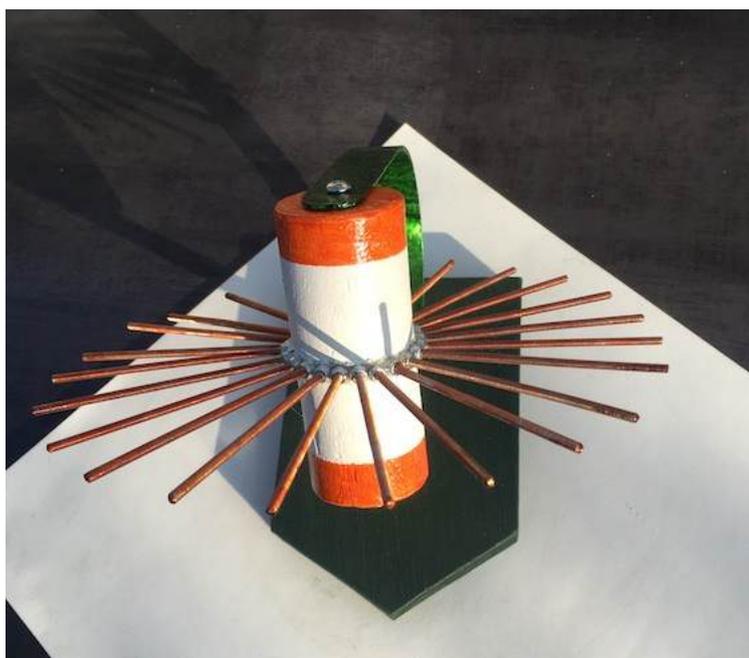


Cadran de type "équatorial".
L'heure solaire est appréciée selon les ombres des rayons horaires sur le cylindre axial.
L'heure ronde est celle du rayon dont l'ombre est parallèle à l'axe du cylindre central.

Le croquis ci-dessus donne une représentation quand le soleil est en-dessous du plan équatorial (période "automne-hiver") et on peut y lire 9h solaire.

Nota : appareil réglable en latitude en réglant le pied avec la vis papillon

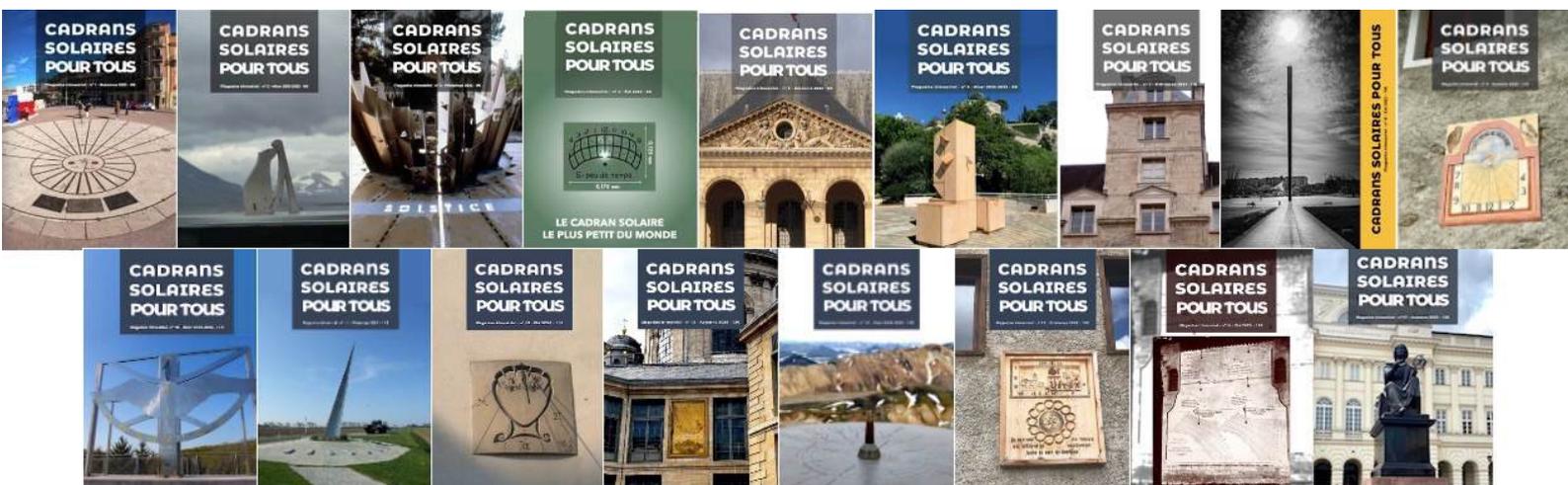
c.gahon



CRÉDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS



- Couverture : Photo Roger Torrenti
- Page 2 : Dessin d'Esteban Martínez
- Page 3 : Photo Don Pettit - NASA (disponible sur le site www.nasa.gov)
- Page 6 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Jack Weir - Fichier : Land on the Moon 7 21 1969-repair.jpg - Domaine public) - Photo Claude Gahon - Photo Fabio Savian - Photo extraite du site mentionné - Illustration Ferdinando Roveda
- Page 7 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Sascha Kohlmann - Fichier : Man Reading Newspaper (92181097).jpeg - Licence CC BY-SA 3.0) - Illustration Francis Reymann - Photo extraite du site mentionné - Photos David Alberto
- Pages 8-9 : Illustrations Ferdinando Roveda
- Pages 10-11 : Photo extraite du site <http://michel.lalos.free.fr/> - Illustrations Yvon Massé
- Pages 12-13 : Illustrations et photos Yves Opizzo
- Pages 14-15 : Illustrations extraites des sites mentionnés - Photo et illustration Roger Torrenti - Photo Yves Opizzo
- Pages 17 : Illustrations Pierre-Louis Cambefort
- Pages 18-19 : Photos Pierre-André Reymond - Image extraite de *Antique scientific instruments*, Gerard L'Estrange Turner, Blandford Press, ISBN 0713709235
- Pages 20-23 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Theodor de Bry - Fichier : Ptolemy 16century.jpg - Domaine public) - Document Wikimedia Commons (Auteur : Sailko - Fichier : Carlo plato, sfera armillare, roma 1578.JPG - Licence CC BY 3.0) - Document Wikimedia Commons (Auteur : Lord Nicolas the German - Fichier : Claudius Ptolemy- The World.jpg - Domaine public)
- Pages 24-25 : Photo Danilo Pivato extraite du site <https://www.webastro.net/> - Illustrations Francis Reymann
- Pages 26-27 : Illustrations David Alberto (captures d'écran du site mentionné)
- Pages 28-29 : Photos Rafał Zaczkowski
- Pages 30-31 : Illustrations et photo Henri Gagnaire
- Pages 32-33 : Illustrations François Blateyron
- Pages 34-37 : Illustrations Roger Torrenti - Photos extraites du site <https://www.pantheonsorbonne.fr/actualite/mooc-immersif-decouvrir-larcheologie-terrain-luniversite-innove-dans-formation-en-ligne> - Photo extraite du site <https://www.imcce.fr/>
- Page 38 : Photos et illustration Claude Gahon
- Page 39 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Moussa Kalapo - Fichier : Femmes Photographes.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 41 : Illustration Yves Opizzo
- Page 42 : Photos Kéré Architecture



« Cadrans solaires pour tous » est un magazine trimestriel de vulgarisation de la gnomonique et d'information sur les cadrans solaires dont le contenu est disponible sous licence CC BY-NC-SA (sauf mention contraire).

Chaque numéro paru à ce jour et chaque article de chaque numéro, peuvent être téléchargés gratuitement depuis

<https://www.cadrans-solaires.info/le-magazine/>

Une compilation de l'ensemble des numéros peut être également être téléchargée depuis

<https://gnomonique.fr/divers/mag-CSpour-tous-compil.pdf>

La version papier de chaque numéro peut enfin être commandée depuis

https://www.lulu.com/search?adult_audience_rating=00&page=1&pageSize=10&q=roger+torrenti

Le magazine est édité par Roger Torrenti, La Colle-sur-Loup, France.

Dépôt légal BNF : septembre 2025

ISSN 2824-057X

« Cadrans solaires pour tous » (Sundials for all) is a quarterly magazine popularizing gnomonics and providing information on sundials, whose content is available under CC BY-NC-SA license (unless otherwise noted).

Each issue published to date, and each article in each issue, can be downloaded free of charge from

A compilation of all issues can also be downloaded from

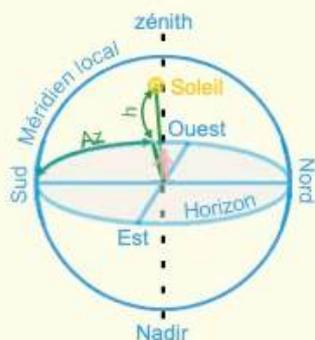
The paper version of each issue can also be ordered from

The magazine is edited by Roger Torrenti, La Colle-sur-Loup, France.

BNF Legal deposit: September 2025

ISSN 2824-057X

Contact : contact@cadrans-solaires.info



Coordonnées locales
Az = azimut
h = hauteur

Télescopes Dobson

Théodolite

Cadran de hauteur et d'azimut

Coordonnées locales



Coordonnées horaires
H = angle horaire
δ = déclinaison

Télescopes et lunettes astronomiques équatoriaux

Observatoires professionnels et privés

Beaucoup de cadrans solaires

Coordonnées horaires

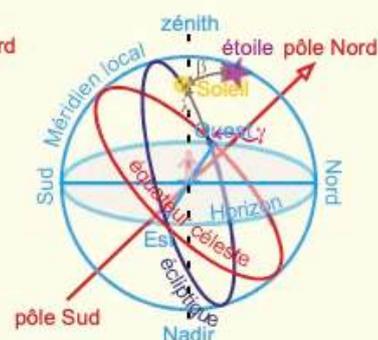


Coordonnées équatoriales
α = ascension droite
δ = déclinaison
γ = point vernal

Cadran solaires équatoriaux

Sphères armillaires avec équateur

Coordonnées équatoriales



Coordonnées écliptiques
λ = longitude écliptique
β = latitude écliptique (presque 0° pour le Soleil)

Apolyterre et Apolyciel

Sphères armillaires avec équateur et écliptique

Coordonnées écliptiques

Ci-DESSUS - Un des nombreux posters didactiques qu'Yves Opizzo, membre du comité éditorial de ce magazine, a créés, et qu'il utilise lors d'expositions et autres évènements astronomiques ou gnomoniques. Il représente les quatre systèmes de coordonnées traditionnels en astronomie. Chacun a ses raisons particulières, comme le premier, qui décrit parfaitement les divers mouvements apparents dans le ciel. Le deuxième est idéal pour un cadran solaire et les deux derniers sont spécifiquement utiles en astronomie et en navigation. Il y en a d'autres, comme celui des coordonnées galactiques...

PAGE SUIVANTE - Thomas Sankara a dirigé le Burkina Faso de 1983 à 1987, « défendit les droits des femmes, lança des campagnes environnementales, œuvra pour l'indépendance économique et laissa un héritage durable de réformes nationales ». Il fut victime d'un coup d'État en octobre 1987, mourant assassiné ainsi que douze autres personnes de son entourage. Un Mausolée Thomas Sankara, conçu par Kéré Architecture (<https://www.kerearchitecture.com/>), vient d'être inauguré à Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, accueillant les tombes des treize victimes. Son concept intéressera tous ceux que la relation Soleil - architecture intéresse, et notamment les gnomonistes. Le bâtiment est circulaire, deux grandes portes opposées permettant une circulation de l'air à l'intérieur du bâtiment où les treize tombes ont été disposées concentriquement, chacune étant à l'aplomb d'une étroite fenêtre zénithale qui permet, à chaque heure, d'éclairer une tombe différente. Une belle réalisation architecturale et un bel hommage !



ISSN 2824-057X