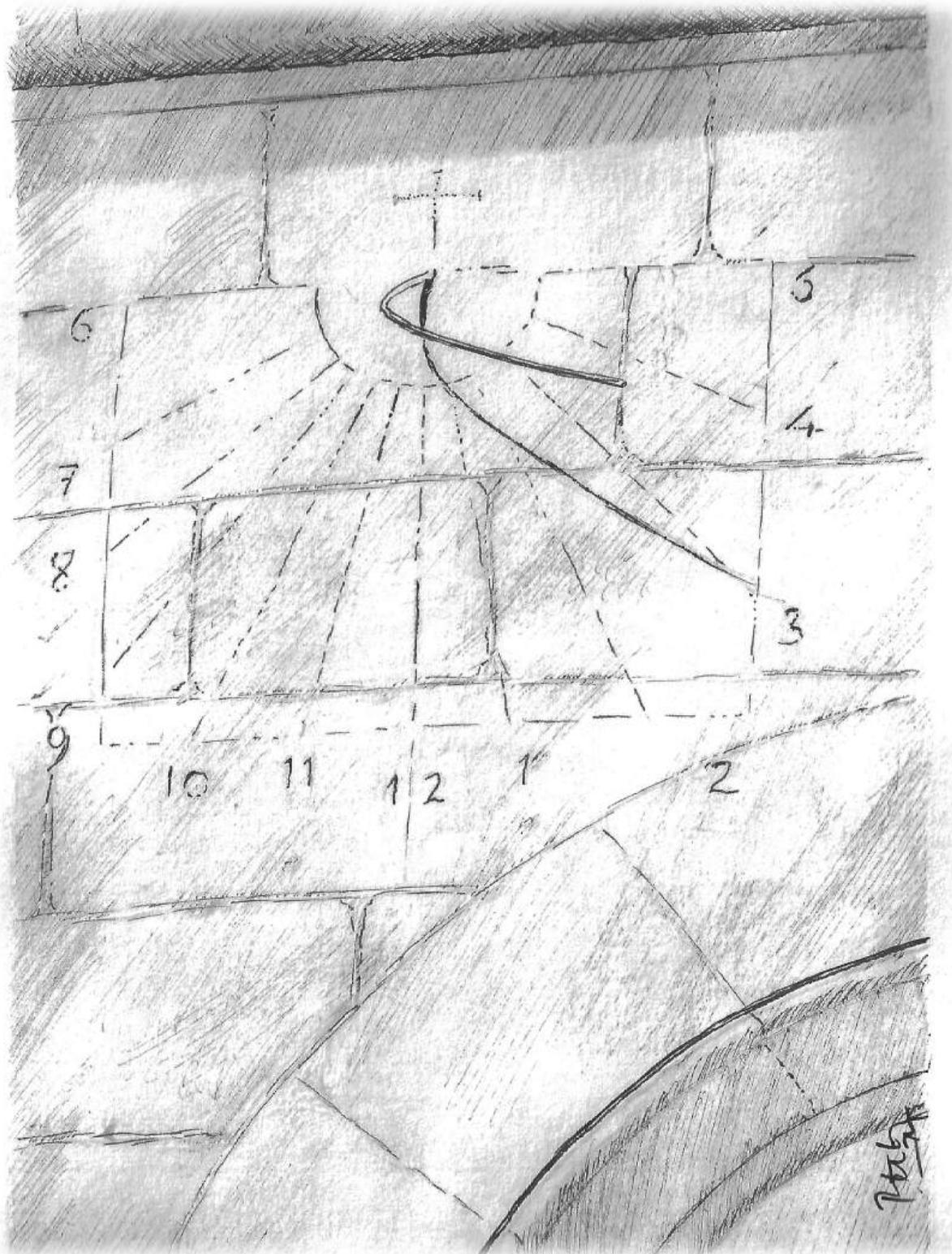


CADRANS SOLAIRE POUR TOUS

Magazine trimestriel - n°18 - Hiver 2025-2026 - 12€





COUVERTURE - L'Andalou Esteban Martínez Almirón (relojandalusi@gmail.com) n'est pas seulement un très bon dessinateur, mis traditionnellement à l'honneur dans cette page 2 du magazine, mais également un très bon photographe puisqu'il est le lauréat de notre concours photo 2025, avec cette photo intitulée « Sic tempus flora » prise au palais de la Merced à Cordoue le 19 octobre 2025, à l'occasion du Festival international des fleurs (FLORA) de Cordoue. Commentaire de l'auteur : « Accompagner des cadrants solaires anciens et nouveaux de magnifiques œuvres naturelles et les intégrer à des événements et des expositions artistiques est aussi une façon de les valoriser. La gnomonique se révèle être un exemple de l'union de la science, de l'art et de la nature. Ainsi, le temps fleurit. »

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

<u>4</u>	Contents
<u>5</u>	Éditorial
<u>6</u>	Actualités
<u>8</u>	Lignes et points des cadrans solaires - Maria Luisa Tuscano
<u>10</u>	Savoir et lumière : une aventure collective - Abdellatif Bendahhou
<u>12</u>	Cadran d'azimut - Henri Gagnaire
<u>14</u>	Cadran solaire horizontal à réfraction - David Alberto
<u>16</u>	Les « heures canoniales » des cadrans canoniaux - Francis Reymann
<u>18</u>	Une méridienne orientée est-ouest ! - Yves Opizzo
<u>22</u>	Les cadrans à style profilé (2/2) - Yvon Massé
<u>24</u>	Formules d'un cadran analemmatique horizontal - Pierre-Louis Cambefort
<u>26</u>	Un cadran jésuite en Chine - Roland Trotignon
<u>30</u>	Diagramme solaire selon la latitude - Ferdinando Roveda
<u>32</u>	Strasbourg, 2017, un excellent millésime ! - Roland Querry
<u>34</u>	Comment tracer un cadran solaire débardeur ? - Roger Torrenti
<u>36</u>	Jeux et énigmes
<u>38</u>	Solutions des jeux et énigmes
<u>40</u>	Réflexion- Claude Gahon
<u>41</u>	Crédits photos et illustrations

Ci-DESSUS - Une éclipse totale de Lune (le Soleil, la Terre et la Lune sont alors alignés, dans cet ordre) a pu être observée, notamment en France métropolitaine entre 19 h 42 et 22 h 55, le 7 septembre dernier. On a pu à cette occasion apercevoir une « Lune rouge » ou « Lune de sang ». Sa coloration est due au fait que les rayons du Soleil traversant l'atmosphère terrestre sont réfractés et donc continuent d'éclairer la Lune, mais avec des couleurs rouge orangé, seules ces couleurs de longueur d'onde élevée n'étant pas dispersées lors de la traversée d'une couche importante de l'atmosphère terrestre. Et c'est bien entendu le même phénomène de dispersion qui conduit à un Soleil rouge orangé à son lever et à son coucher...*

** Pour le phénomène de réfraction de la lumière voir l'article de David Alberto, pp. 14-15 de ce numéro.*

CONTENTS

- 5 **Editorial**
- 6 **News**
- 8 **Points and lines of sundial markings - Maria Luisa Tuscano**
What do the hour-lines and diurnal arcs of sundials actually represent? Lines and arcs, really? The author of the article invites us to reflect on this question, illustrated with examples of sundials from Sicily.
- 10 **Knowledge and light: a collective adventure- Abdellatif Bendahhou**
When authorities, associations and motivated teachers unite around the themes of knowledge, science, curiosity, experimentation, astronomy, interdisciplinarity, it results in an exemplary collective adventure and... the discovery of gnomonics in middle school.
- 12 **An azimuth sundial - Henri Gagnaire**
The author suggests using a very simple board which, when attached to the wall, will allow you to either measure the declination of a vertical wall (an essential parameter if you want to design a "declining sundial"), or to create an azimuth dial called a "slalom sundial"...
- 14 **An horizontal refraction sundial - David Alberto**
David Alberto's article will probably inspire you to build a beautiful transparent cylindrical sundial based on the phenomenon of light refraction and will tell you, in real time, where on the globe the Sun is at its zenith.
- 16 **The "canonical hours" of mass dials - Francis Reymann**
Regularly laid out mass dials, of which many remains can still be found, closely resemble sundials. But if they weren't intended to indicate solar hours, did they at least indicate equal durations? This is what the author invites us to explore...
- 18 **A noon-mark oriented East-West! - Yves Opizzo**
Yves Opizzo, after inviting us to discover a "gnomonic flower" and a device for observing "a solar eclipse twice a year, every year, in a garden," invites us here to accompany him in his creative gnomonic (and poetic) approach to an east-west noon-mark...
- 22 **Profiled gnomons (2/2) - Yvon Massé**
This is the second and final part of Yvon Massé's analysis of "profiled-gnomon sundials," these equatorial sundials indicating, thanks to a profiled gnomon, mean time (solar time corrected by the equation of time) or even legal time, as the article explains it.
- 24 **Formulas for a horizontal analemmatic sundial - Pierre-Louis Cambefort**
The shadow of a gnomon (or of a person playing the role of the gnomon) indicates, on an analemmatic sundial, the azimuth of the Sun but also solar time, provided the gnomon is correctly placed on a date scale. The author invites gnomonists to demonstrate this through calculations...
- 26 **A Jesuit sundial in China - Roland Trotignon**
The author transports us to the 16th and 17th centuries, to the time when Jesuit missionaries began to settle in China. This is the case of Father Johann Adam Schall von Bell, who notably created two remarkable sundials, one of which is on display in the Forbidden City in Beijing.
- 30 **Solar diagram according to latitude - Ferdinando Roveda**
In a previous issue, we presented the AziHaut tool, which allows you to quickly draw a solar diagram. However, this tool is primarily designed for mid-latitude zones. In this article, the author analyses more precisely what happens at other latitudes.
- 32 **Strasbourg, 2017, an excellent year! - Roland Querry**
After a career as camera operator, Roland Querry attended a meeting in Strasbourg in May 2017, where he met several gnomonists and sundial makers who would inspire and guide him, enabling him to create three sundials in Bagnolet, the last of which has just been inaugurated.
- 34 **How to draw the hour-lines of a "tank top sundial"? - Roger Torrenti**
Roger Torrenti invites us to discover the "tank top sundial," its construction principles, and the method for drawing its hour lines, using a few simple properties related to the trigonometric circle...
- 36 **Games and puzzles**
- 38 **Solutions to games and puzzles**
- 40 **Reflection - Claude Gahon**
- 41 **Photo and illustration credits**

ÉDITORIAL

Nous tenons à remercier chaleureusement celles et ceux qui ont soumis leur candidature en réponse à notre *Concours photo Cadran solaire pour tous 2025*.

Le choix du jury, composé des membres du comité éditorial du magazine, a été difficile, mais c'est finalement la photo d'Esteban Martínez Almirón, reproduite en couverture du présent numéro, qui est arrivée en tête du classement. Il recevra en récompense le trophée Ariane, œuvre originale du cadranier-gnomoniste Claude Gahon. La photo classée en seconde position est également l'œuvre d'un Espagnol, Vicente Javier Fernandez Gallego, et est reproduite en dos de couverture du présent numéro.

À part cela, nous avons tenté dans le présent numéro, comme toujours, de vous présenter un large spectre de contenus sur la gnomonique et les cadans solaires, élaborés par des membres du comité éditorial et des contributeurs extérieurs (plus de 70 depuis le lancement du magazine), afin que chacune et chacun, du simple curieux à l'expert, puisse y trouver du contenu adapté à son niveau et à ses attentes. Nous espérons que ce sera le cas.

Roger Torrenti
Responsable éditorial

contact@cadrans-solaires.info

EDITORIAL

We would like to extend our warmest thanks to everyone who submitted an entry to our *Cadrans solaires pour tous 2025 Photo Contest*.

The jury, composed of the magazine's editorial board members, had a difficult time choosing, but ultimately, the photo by Esteban Martínez Almirón, reproduced on the cover of this issue, came out on top. He will receive the Ariane trophy as a prize, an original work by sundial maker and gnomonist Claude Gahon. The photo ranked in second place is also the work of a Spanish citizen, Vicente Javier Fernandez Gallego, and is reproduced on the back cover of this issue.

As always, in this issue we have tried to present a wide range of content on gnomonics and sundials, prepared by members of the editorial board and external contributors (more than 70 since the magazine's launch), so that everyone, from the simply curious to the expert, can find content suited to her/his level and expectations. We hope this will be the case.

Roger Torrenti
Editorial manager

contact@cadrans-solaires.info

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 Reymann



Michèle Tillard



Roger Torrenti



Marisa Tuscano



ACTUALITÉS

PLUS DE 70 JEUX ET ÉNIGMES

Cet ouvrage de 175 pages édité en octobre 2025 regroupe 72 devinettes, énigmes, problèmes gnomoniques, et tests rapides (accompagnés de leurs solutions) issus de la section « Jeux et énigmes » des 18 premiers numéros de ce magazine. Il peut être téléchargé gratuitement¹ ou commandé en version papier² au prix de 15 €. C'est une façon ludique de tester ou d'améliorer ses connaissances, de se familiariser avec les cadrans solaires et leur science, la gnomonique. À consommer sans modération de 7 à 77 ans, et même au-delà !

¹ <http://bit.ly/48nwqhY>

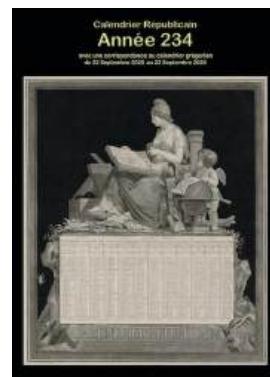
² <http://bit.ly/3IA6tRO>



CALENDRIER RÉPUBLICAIN 2025-2026

Il est toujours temps de commander 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, au prix de 15 € frais d'expédition compris, à fabio.savian@nonvedolora.it.

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



DISPARITION DE FRANCESC CLARÀ

Francesc Clarà était un membre éminent de la Société gnomonique catalane (<https://www.gnomonica.cat/>) dont la réputation dépassait très largement les frontières de la Catalogne. Il nous a quittés en août dernier et manquera à toute la communauté internationale des gnomonistes. Il a réalisé notamment un grand nombre de cadrans originaux, rendant hommage en particulier au « cercle d'Hipparque » : le savant grec (190-120) avait en effet eu l'idée de poser un cercle sur le sol, dont le plan fait, avec le plan horizontal, un angle égal au complément de la latitude du lieu. Les équinoxes pouvaient alors être repérés : l'ombre du cercle sur le sol était une ellipse tout au long de l'année, sauf aux équinoxes où elle se réduisait à un segment de droite !



LA TERRE TOURNE PLUS VITE !

De récentes observations scientifiques confirment que, pour des raisons encore non élucidées, la Terre tourne de plus en plus vite⁴. L'été 2025 aura connu non seulement quelques records de chaleur mais également des records de durée minimale du jour. Les gnomonistes doivent-ils s'alarmer, modifier leurs équations ? Non, car on parle ici de millisecondes...

⁴ https://www.sciencesetavenir.fr/espace/systeme-solaire/1-51-milliseconde-l-avance-de-la-terre-sur-sa-rotation-de-24-heures_187875





ACTUALITÉS

UNE BASE DE CONNAISSANCES QUI S'ÉTEND...



À chaque parution d'un nouveau numéro de ce magazine, nous prenons soin de l'ajouter à notre compilation de tous les numéros déjà parus, compilation disponible en téléchargement libre¹. À ce jour, c'est donc une base de connaissances de plus de 700 pages sur la gnomonique et les cadrans solaires qui vous est offerte, et que l'on peut notamment explorer par mots-clés.

¹ <https://gnomonique.fr/divers/mag-CSpour-tous-compil.pdf>



UN SCAPHÉ DANS UNE ÉCOLE

La nouvelle école du village de Ventavon, dans les Hautes-Alpes (<https://ventavon.fr>), comporte un scaphé intérieur, que ses jeunes élèves peuvent admirer à l'intérieur même de leur établissement, au-dessus de l'escalier principal et d'un couloir à l'étage. Il a la forme d'une voûte elliptique. L'œilleton est constitué d'un châssis de toit à cône tronqué qui laisse passer les rayons de soleil et participe également à l'éclairage naturel de cet espace.

BESOIN D'UN COUTEAU SUISSE ?

Si vous avez besoin d'un « couteau suisse » dans vos études ou réflexions gnomoniques, Yvon Massé vous en propose deux, bien utiles et faciles à utiliser. Le dernier en date² permet par exemple de résoudre le « problème de l'Arc de Triomphe » posé dans le numéro 17 du magazine en renseignant latitude, longitude, azimut et hauteur observée. Le résultat s'obtient alors en cliquant simplement sur « Calculer ».

² <https://gnomonique.fr/forum/viewtopic.php?p=1067#p1067>

À PROPOS DE TEMPS

Vous vous intéressez à la mesure du temps par le Soleil et sans doute plus généralement au temps. Alors ne manquez pas ce numéro spécial du magazine scientifique Epsiloон (<https://www.epsiloон.com/tous-les-numeros/hs16/>) qui vous apprendra « Les nouvelles théories du temps » (en vente en ligne au prix de 6,90 €). Au sommaire : la guerre de la zeptoseconde, l'horloge interne, l'accélérationnisme, le temps en pause, quel scénario pour la fin du monde, etc.



IDÉE DE SORTIE AU SOLSTICE D'HIVER...

Si vous avez l'occasion de visiter le château de Purnon (<https://chateaupurnon.com>) à Verrue (Vienne), bâti à la fin du XVIII^e siècle et classé au titre des monuments historiques, ne manquez pas, à l'intérieur du château, d'admirer une intéressante méridienne de 1785. Un disque percé, accroché à l'extérieur du bâtiment projette, autour du solstice d'hiver (et uniquement à cette période), une tache lumineuse sur la ligne de midi de la méridienne.

LIGNES ET POINTS DES CADRANS SOLAIRES

Maria Luisa Tuscano

À quoi correspondent réellement les lignes horaires et arcs diurnes des cadrants solaires ? Des lignes et des arcs, vraiment ? L'auteure de l'article nous invite à une réflexion à ce sujet, illustrée d'exemples de cadrants solaires de Sicile, qu'elle connaît particulièrement.

Pour décrire un cadran solaire, on se réfère à ses éléments constitutifs fondamentaux : le gnomon, les lignes horaires et les arcs diurnes (calendaires). L'usage courant de ces termes est tellement ancré qu'il laisse rarement place à des réflexions sur leur nature. Je vais essayer ici de faire quelques brèves remarques à ce sujet.

Je commence par la ligne horaire d'un cadran traditionnel à angle horaire, horizontal ou vertical ou incliné : elle se présente comme un trait droit (demi-droite ou segment de droite), qui laisse imaginer une séquence continue de points. En réalité, la ligne horaire est un expédient graphique permettant de relier les points horaires qui, jour après jour, sont touchés par la pointe de l'ombre du gnomon. Peu importe qu'il s'agisse d'un style perpendiculaire à la table (« orthostyle ») ou d'un gnomon polaire, l'information sera de toute façon fournie par la pointe de l'ombre. Chaque point horaire est séparé du point précédent et du point suivant par un intervalle de temps d'environ un jour. La distance spatiale entre le point et les deux points adjacents dépend de la taille et de l'exposition du cadran. L'observation précise des points nécessite donc des cadrants solaires de grande taille qui sont en fait, pour la plupart, des lignes méridiennes monumentales, en particulier celles intérieures.

Il existe une autre circonstance cachée dans le raccord graphique des points d'une ligne horaire : contrairement au jour sidéral qui a une durée constante (23 h 56 min 4 s), le jour solaire réel, plus long d'environ 4 minutes, n'a pas la même durée en raison de l'excentricité et de l'obliquité de l'orbite terrestre. Dans l'usage civil, on a donc introduit le jour solaire moyen, qui est stable et dure 24 heures.

D'un point de vue graphique, cette différence est insignifiante, mais cela n'empêche pas que, dans un cadran solaire, la précision de « l'heure solaire vraie » n'est pas tout à fait correcte. Je suis d'accord, c'est une convention que nous utilisons tous couramment, mais cela implique que les points horaires alignés sur une ligne droite ne correspondent pas parfaitement à

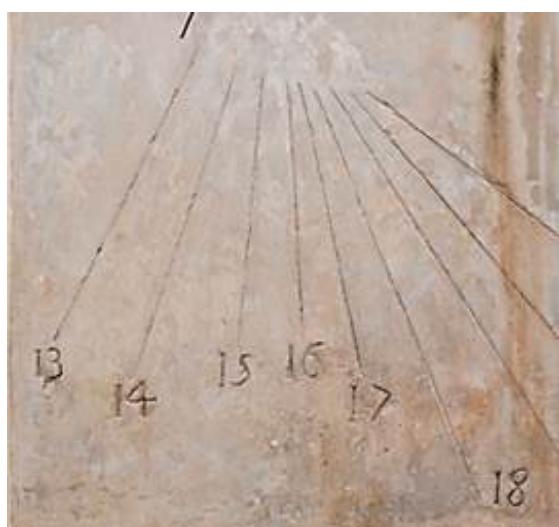
ceux réellement marqués par l'ombre.

On peut en conclure que la ligne horaire correspond à un « voisinage » dans lequel les points horaires, jour après jour, marquent la même heure.

Il ne fait aucun doute que l'ombre linéaire d'un gnomon polaire a contribué à consolider ces astuces graphiques, d'autant plus qu'elles sont imperceptibles lors de la lecture du cadran solaire.

Ces considérations sur la nature d'une ligne horaire m'ont récemment conduit à interpréter une méridienne verticale particulière exposée au Musée archéologique régional Antonino Salinas de Palerme en Sicile.

Le bâtiment qui abrite aujourd'hui les découvertes archéologiques, parmi lesquelles le cadran de Tindari dont j'ai parlé dans le n°16 de ce magazine¹, a été construit au cours du XVII^e siècle pour la congrégation de San Filippo Neri. Les confrères, bien que vivant en communauté, conservaient leurs logements personnels car ils n'avaient pas fait vœu de pauvreté. La résidence, qui se distinguait par l'élégance de ses pièces, fut l'objet d'une expropriation en 1860 lors de la suppression des ordres religieux et destinée en 1866 au Musée national, déjà hébergé dans les locaux de l'Université. C'est ainsi que naquit le Musée royal de Palerme.



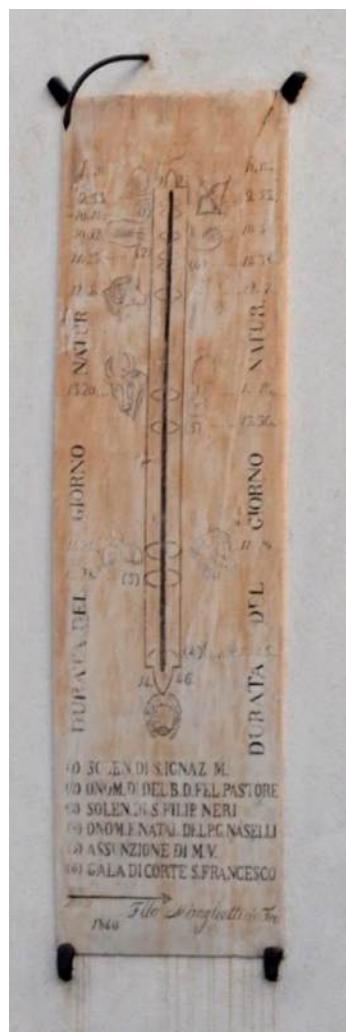
Cadrant solaire à « heures italiennes civiles »

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/05/mag-CSpourtous-n16_ML-Tuscano.pdf

Dans ces circonstances, le palais conserve encore sa structure d'origine, qui comprend deux cloîtres, sur lesquels donnaient les chambres des frères, et une cour intérieure où se trouvent un cadran solaire et une méridienne, tous deux attribuables à la présence des Pères Philippins.

Depuis quelques années, la cour intérieure a été dotée d'un toit en verre et transformée en Agora, ornée des corniches léonines du Temple de la Victoire à Himère ainsi que d'une copie de la Gorgone du temple C de Sélinonte. Les deux instruments sont situés dans la partie supérieure de la paroi verticale exposée au sud-est et sont en bon état de conservation.

Le cadran solaire indique l'heure civile italienne, selon laquelle le jour est calculé à partir d'une demi-heure après le coucher du soleil et annoncé par le son de la cloche Ave Maria. En raison de son exposition, il bénéficie surtout d'un ensoleillement le matin et peu l'après-midi. L'orthostyle est présent, mais pas dans sa position d'origine. L'adoption des heures italiennes tend également à le considérer comme antérieur à la ligne méridienne.



Méridienne verticale exposée au Musée archéologique Antonino Salinas de Palerme

Gravée dans un rectangle de marbre, la ligne méridienne est destinée à accompagner les indications du cadran solaire, dépourvu de la ligne habituelle avec le symbole de la cloche qui se superposait au tracé horaire à l'italienne. L'instrument est toujours équipé de son gnomon.

La ligne méridienne est entourée des signes du zodiaque, dont ceux du Capricorne et du Cancer se trouvent à ses extrémités. Deux inscriptions près des bords indiquent, en heures et en minutes, la durée de l'arc diurne, définie comme jour naturel, lors des jours d'entrée du Soleil dans chaque signe du zodiaque.

À côté du cadran solaire sont gravés d'autres chiffres correspondant à des dates de fêtes particulières dont la signification est expliquée dans une légende située dans la partie inférieure du cadran (solennité de Saint Ignace, fête de B. del Pastore, solennité de Saint Philippe Néri, fête de B. G. Naselli, Assomption de la Vierge Marie, Grand gala de la Cour Saint François).

Sur la plaque, on peut lire: *Flo Miragliotti fec. 1840*. L'instrument remonte donc à l'époque où les Pères Philippins habitaient encore dans le bâtiment.

Ce qui a attiré mon attention, c'est la présence de plusieurs anneaux le long de la ligne méridienne, un détail que je n'avais jamais vu sur d'autres cadrans.

En m'inspirant de la réflexion sur l'heure solaire réelle et l'heure moyenne, dont je parle au début de l'article, j'ai pensé que l'auteur voulait signaler que le point culminant solaire, au cours de l'année, se produit dans cette zone autour de la ligne méridienne.

Pour conclure, je rappelle que, lorsque l'on indique les événements astronomiques sur un cadran solaire, on ne peut se référer qu'aux jours où ils se produisent. Les équinoxes et les solstices ne sont que des instants fugaces.

Nous remercions M. Giuseppe Parella, directeur du Musée archéologique régional de Palerme, pour nous avoir autorisés à utiliser ces images.

Maria Luisa Tuscano mltuscano@gmail.com est née à Palerme où elle a enseigné les sciences naturelles à l'Institut supérieur Ettore Majorana et s'est installée à Turin depuis quelques années. Depuis 1988, elle s'intéresse à la gnomonique, conduisant de nombreuses études, travaillant sur des projets de cadrans solaires, et publant des ouvrages. Associée à l'INAF - OAPa, elle continue à partager ses connaissances par le biais d'articles et de conférences.

SAVOIR ET LUMIÈRE : UNE AVENTURE COLLECTIVE

Abdellatif Bendahhou

Quand les autorités, le milieu associatif et des professeurs motivés s'unissent autour des thèmes savoir, science, curiosité, expérimentation, interdisciplinarité, astronomie, cela donne une aventure collective exemplaire et... la découverte de la gnomonique au collège.

Dans la ville de Boujdour, au sud du Maroc, la science se vit à travers la curiosité et la créativité. Grâce au soutien de la Fondation Phosboucraâ¹, à la Direction provinciale de l'éducation, et à la coopération de l'Association Boujdour d'Astronomie, deux collèges - Babi et Arrijoul - ont vécu une aventure éducative unique : la construction de cadrans solaires, symboles du lien entre le savoir et la lumière (photos 1 et 2).

QUAND LA SCIENCE DEVIENT EXPÉRIENCE VIVANTE

L'idée de bâtir des cadrans solaires horizontaux et verticaux est née du désir d'amener les élèves à expérimenter concrètement la science. Sous la supervision d'enseignants passionnés et accompagnés par l'équipe de l'Association Boujdour d'Astronomie, les élèves ont découvert comment la course du Soleil peut être traduite en mesures précises et fascinantes.

À travers des ateliers pratiques, ils ont appris à mesurer les angles, à calculer la latitude locale, à orienter correctement leurs cadrans et à comprendre le rôle du gnomon. Ces activités ont transformé la cour de l'école en véritable laboratoire scientifique à ciel ouvert, où les élèves observent, calculent et partagent leurs découvertes.

UNE CONTINUITÉ D'EXCELLENCE SCIENTIFIQUE

Ce projet s'inscrit dans la continuité d'un parcours d'excellence mené par l'Association Boujdour d'Astronomie, reconnue à l'échelle mondiale. En 2023, l'association a remporté le deuxième prix mondial de l'expérience d'Ératosthène, organisée par Ellinogermaniki Agogi Research & Development. Deux ans plus tard, en mars 2025, elle a obtenu le premier prix mondial², consacrant ainsi la rigueur et la passion de ses jeunes participants.

L'année 2023 a également marqué une belle réussite artistique et scientifique : la photo d'un cadran solaire construit par les jeunes astronomes de Boujdour a été sélectionnée par le jury du concours international lancé par le magazine *Cadrans solaires pour tous* et publiée dans le n°8 de ce magazine.

¹ <https://www.phosboucraafoundation.org/fr>

² <https://eratosthenes.ea.gr/contest-winner-march-2025>

³ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/06/mag-CSpour-tous-n8_res-concours.pdf

Cette reconnaissance mondiale a encouragé la poursuite du projet dans les établissements scolaires de la région.

DES PARTENARIATS SOLIDES POUR UN AVENIR DURABLE

Le projet des cadrans solaires de Boujdour est né d'une collaboration exemplaire entre :

- la Fondation Phosboucraâ, qui soutient l'excellence dans l'éducation, l'entrepreneuriat innovant et la recherche appliquée dans les provinces du Sud du Maroc,
- la Direction provinciale de l'éducation, qui favorise l'intégration de la démarche scientifique dans les apprentissages,
- et l'Association Boujdour d'Astronomie, qui apporte son expertise technique et son expérience internationale.

Cette synergie a permis d'enrichir la vie scolaire et d'éveiller la curiosité scientifique de dizaines d'élèves. Les cadrans solaires réalisés deviendront un patrimoine éducatif durable, un repère à la fois scientifique et culturel dans chaque établissement.

LA SCIENCE, UN LANGAGE UNIVERSEL

Ce projet ne se limite pas à l'apprentissage du temps ou du mouvement du Soleil. Il symbolise une philosophie éducative : apprendre en observant, comprendre en expérimentant, collaborer pour découvrir. Les élèves, fiers de leur travail, expliquent eux-mêmes comment la position du Soleil peut indiquer l'heure locale, ou pourquoi les cadrans verticaux doivent être orientés avec précision.

Les enseignants, eux aussi, découvrent une nouvelle façon d'enseigner la science : active, interdisciplinaire et motivante. Les discussions autour des cadrans solaires deviennent des moments de partage, de réflexion et d'émerveillement collectif.

CONCLUSION : DES ÉCOLES OUVERTES SUR LE CIEL

À Boujdour, la science ne se limite plus aux livres. Grâce au partenariat entre les institutions éducatives, la Fondation Phosboucraâ et l'Association Boujdour d'Astronomie, les élèves

apprennent à lire le ciel, à comprendre le monde et à mesurer le temps à travers la lumière.

Les cadrans solaires de Boujdour ne marquent pas seulement les heures du jour – ils marquent le temps d'une renaissance éducative, où chaque élève devient un petit explorateur du cosmos, fier de construire, de comprendre et de rêver.

Texte collectif rédigé au nom des clubs scientifiques des collèges Babi et Arrijoul, avec la contribution de l'Association Boujdour d'Astronomie, et le soutien de la Fondation Phosboucraâ et de la Direction provinciale de l'éducation de Boujdour.

Abdellatif Bendahhou (bendahhoua@gmail.com), est fonctionnaire éducatif et surveillant général au Collège Taha Hussein à Boujdour, président de l'Association d'astronomie de Boujdour.



Photo 1

Photo 2

Photo 3



L'auteur nous propose d'utiliser une planchette, de réalisation très simple, qui, fixée au mur, vous permettra soit de mesurer la déclinaison d'un mur vertical (paramètre indispensable si vous souhaitez tracer un « cadran déclinant »), soit de disposer d'un cadran d'azimut baptisé « cadran slalom »...

Le dispositif décrit ici permet de déterminer la déclinaison gnomonique D d'un mur vertical. Il peut être converti en un cadran solaire à classer dans la catégorie des cadrants d'azimut. Il est très facile à comprendre et à construire. Il peut permettre au nouveau gnomoniste de « mettre le pied à l'étrier » ... ou plutôt « le cadran au mur ».

Le dispositif est simplement constitué d'une planchette rectangulaire (Fig. 1) beaucoup plus large que haute et d'un fil fin parallèle à la planchette et situé à une distance L de celle-ci.

La planchette est fixée sur le mur de façon que le fil soit vertical. Pour une réalisation peu coûteuse (mais non pérenne), la planchette peut être un morceau de contreplaqué. Le fil peut être maintenu par deux équerres de chaise identiques vissées dans la planchette.

MESURE DE LA DÉCLINAISON D'UN MUR

La planchette est fixée sur le mur, le fil bien vertical. À un instant donné, la position de l'ombre du fil sur la planchette dépend de l'azimut A du Soleil et de la déclinaison D du mur. La figure 2 ci-contre représente la situation pour un mur tourné vers le sud-ouest (D positive) et éclairé l'après-midi (A positif).

La position de l'ombre du fil par rapport au point O (par où passe la projection du fil sur la planchette) est repérée par $x = L \tan(A-D)$.

Le tableau ci-dessous rassemble les résultats des mesures effectuées sur un mur tourné vers le Sud-Ouest. Pour ce genre de mesures, l'application Solar Info de C. Busto², disponible pour smartphones Android est un précieux outil.

La moyenne des valeurs de la déclinaison D du mur est égale à $33,6^\circ$. La valeur arrondie de $33,5^\circ$ a été retenue.

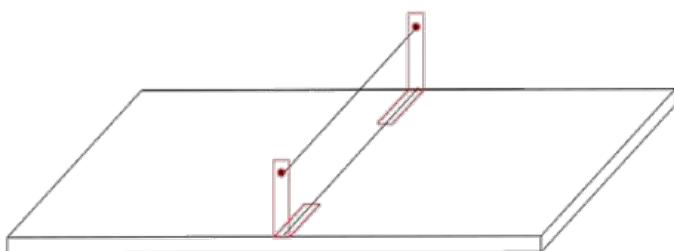


Fig. 1 - Planchette utilisée

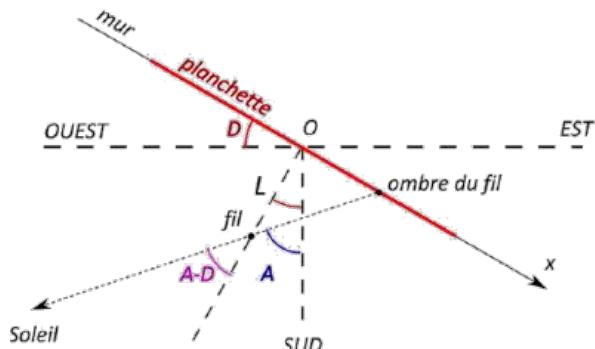


Fig. 2 - Calcul de la position de l'ombre du fil

1er septembre 2023	Latitude φ : 45,366°	Longitude Est : 3,858°	Hauteur du fil : 53mm
Heure de la montre	Azimut du soleil - (°)	x - (mm)	$D = A - a \tan(x/L)$
13h 48min 27s	+1,571	-33,5	33,86°
14h 19min 27s	+14,12	-19	33,84°
15h 07min 18s	32,039	-2	34,20°
15h 38min 55s	42,432	+8	33,85°
16h 59 min 05s	63,818	+31	33,50°
17h 44min 43s	73,652	+44,5	33,63°
18h 04min 18s	77,533	+51,5	33,35°
18h 22min 35s	81,022	+58,5	33,20°
18h 45min 40s	85,286	+68	33,22°

Résultats des mesures effectuées

¹ Voir l'article de César Busto dans le n°7 du magazine

https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/02/mag-CSpour-tous-n7_C-Busto.pdf

CADRAN D'AZIMUT

Pour transformer ce simple dispositif en cadran d'azimut², il faut tracer un abaque sur la planchette. Pour cela, à chaque ligne horizontale tracée sur la planchette, on associe une date, donc une déclinaison δ . De nombreux choix sont possibles, mais si l'on veut éviter des désagréments, il ne faut pas que la ligne du solstice d'été soit trop près du bord supérieur de la planchette. En effet, la hauteur du Soleil est alors maximale à midi et, si l'on respecte la condition précédente, il existe toujours un point du fil dont l'ombre est sur la ligne du solstice.

Pour indiquer l'heure solaire, il faut, pour chaque date/déclinaison :

- calculer l'azimut du soleil A pour autant d'heures que l'on veut par la formule bien connue (φ est la latitude et H l'angle horaire) : $\tan A = \sin H / (\sin \varphi \cos H - \tan \delta \cos \varphi)$
- utiliser la relation $x = L \tan (A-D)$, pour marquer sur la ligne adéquate les points correspondant aux heures.

Pour le mur considéré précédemment, on obtient le diagramme montré sur la figure 3. Le trait vertical noir est la projection du fil sur la planchette.

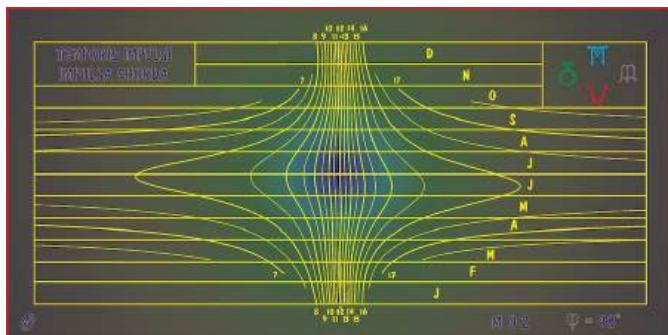
Comme pour un cadran de hauteur, l'échelle des dates pourrait être repliée. Cependant, il ne

faut pas le faire si on veut indiquer les heures de la montre au lieu des heures solaires car, pour les jours où les déclinaisons du Soleil sont égales, les équations du temps ne le sont pas.

Remerciements

Tous mes remerciements vont à :

- Paul Gagnaire qui m'a fait découvrir ce cadran... qu'il a baptisé « cadran slalom » compte-tenu de la forme des lignes des heures.
- Yves Opizzo, qui parle lui de « déroulé d'angle horaire ». Ci-dessous la reproduction d'un tel cadran qu'il a réalisé.



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 Cherche Midi 42* et à la diffusion des connaissances dans le domaine.

* <https://sites.google.com/view/cherche-midi-42>

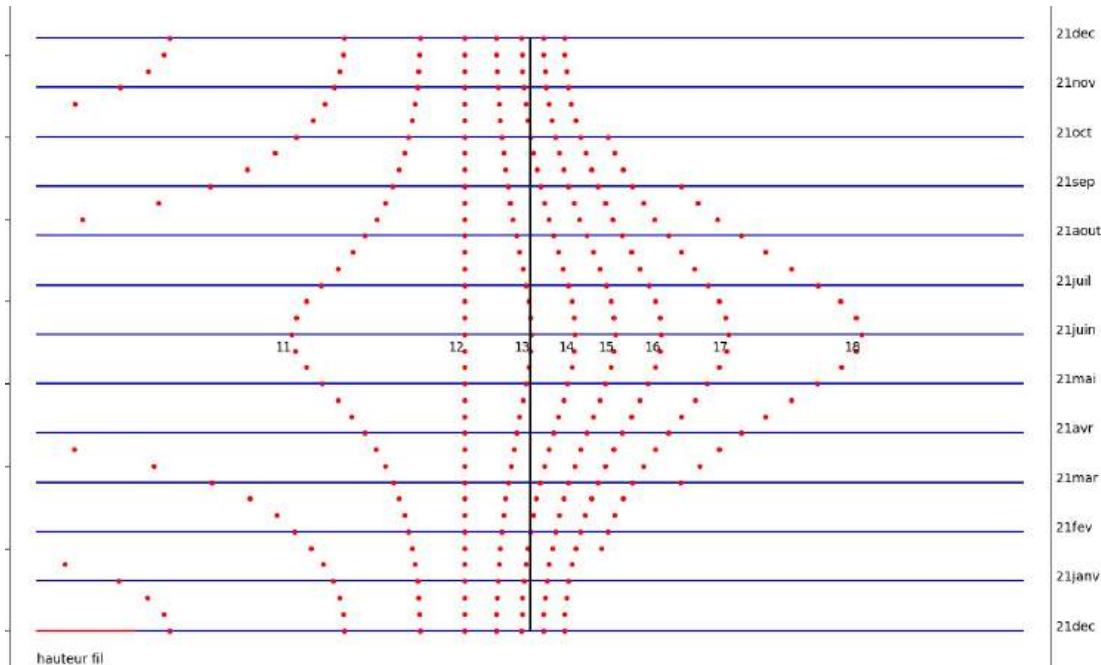


Fig. 3 - Tracé du cadran d'azimut point par point

² Pour une introduction aux cadrants de hauteur et d'azimut voir par exemple <https://www.cadrans-solaires.info/sequence3/co/3-2-cadrans-hauteur-et-azimut.html>

CADRAN SOLAIRE HORIZONTAL À RÉFRACTION

David Alberto

David Alberto va probablement vous donner envie, par cet article, de construire un très beau cadran cylindrique transparent qui utilise le phénomène de réfraction de la lumière et vous indiquera, en temps réel, en quel point du globe le Soleil est au zénith...

RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE

Le phénomène de réfraction se produit quand la lumière passe d'un milieu transparent vers un autre. Un milieu transparent est caractérisé par son indice de réfraction (air : 1,00 - eau : 1,33 - verre : 1,52, etc.). Le passage d'un rayon lumineux depuis l'air vers l'eau change la direction de ce rayon : c'est la réfraction.

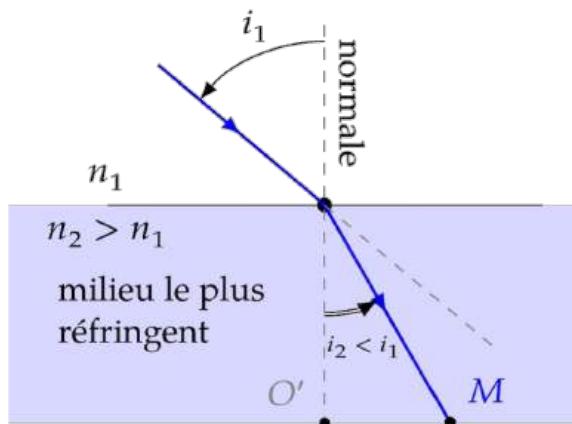


Fig.1 - L'angle i_1 (angle d'incidence) devient un angle i_2 (de réfraction) quand un rayon passe d'un milieu d'indice n_1 vers un milieu d'indice n_2 .

La loi de la réfraction a été établie indépendamment par Snellius et Descartes au XVII^e siècle : $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$

PRINCIPE DU CADRAN PLAN À RÉFRACTION

Supposons une épaisseur e de matériau transparent d'indice n . Sur la face supérieure se trouve un œillet ou un obstacle ponctuel ; un rayon passant par ce point est dévié et atteint la face inférieure au point d'ombre M . Le tracé du cadran solaire consiste à calculer les coordonnées du point M ; le tracé sera alors glissé sous la face inférieure de la couche réfringente. La position de M dépend de la hauteur du Soleil et de son azimut, des grandeurs à calculer, à une latitude donnée, en fonction de l'heure et de la date.

Le point où le rayon atteint la face supérieure joue le rôle de l'extrémité d'un style vertical ; l'épaisseur de la couche réfringente est donc la hauteur de ce style. On sait que, pour le cadran horizontal classique, si la hauteur du Soleil est faible (début et fin de journée), le point d'ombre se trouve rejeté très loin du plan du cadran.

En revanche, dans le cadran plan à réfraction, même en cas d'incidence rasante ($i_1 \sim 90^\circ$), l'angle i_2 ne sera pas proche de 90° :

$$i_2 = \arcsin(1/n)$$
 où n est l'indice du milieu.

Pour l'eau, le verre ou le plexiglas, $i_2 \sim 45^\circ$.

Le point M restera donc assez proche du point O' au centre du tracé, ce qui permettra la lecture de l'heure même pour les faibles hauteurs du Soleil. On peut montrer que le point M reste limité dans un cercle autour de O' , dont le rayon est proche de l'épaisseur de la couche réfringente, ce qui fixe les proportions de cette dernière : elle doit avoir une largeur à peu près double de la hauteur (la proportion exacte dépend du milieu choisi).

ASPECT DU TRACÉ

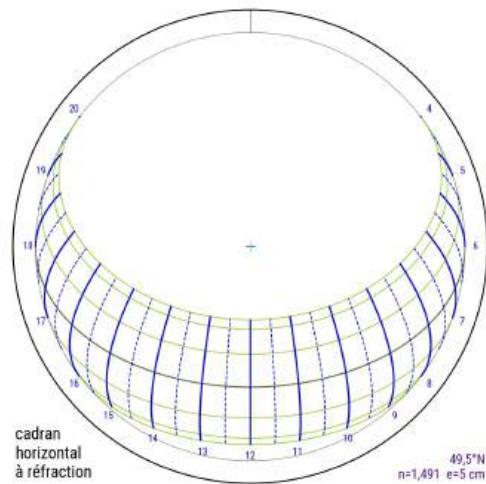


Fig.2 - Tracé du cadran à réfraction à placer sous 5 cm de Plexiglas ($n=1,49$), pour la latitude $49,5^\circ$ N. Les lignes vertes sont les arcs diurnes pour des dates proches du 21^e jour de chaque mois. Le tracé est contenu dans un cercle.

AJOUT D'UNE CARTE DU MONDE

Au cours d'une journée, du point de vue d'un observateur terrestre, le Soleil semble survoler la Terre, en passant au zénith des lieux situés dans la zone intertropicale. À un instant donné, le point du globe tel que le Soleil se trouve au zénith est appelé le point subsolaire.

Lorsqu'on calcule les coordonnées du point d'ombre d'un cadran solaire, il est facile d'en déduire à chaque instant les coordonnées

géographiques du point subsolaire, ce qui permet d'envisager la superposition d'une carte du monde, sur laquelle le point d'ombre indiquerait la position du Soleil en temps réel.

Cependant, avec un cadran plan classique, la projection obtenue donnerait une carte très déformée, peu lisible, et limitée à une petite partie de la journée (fig.3).

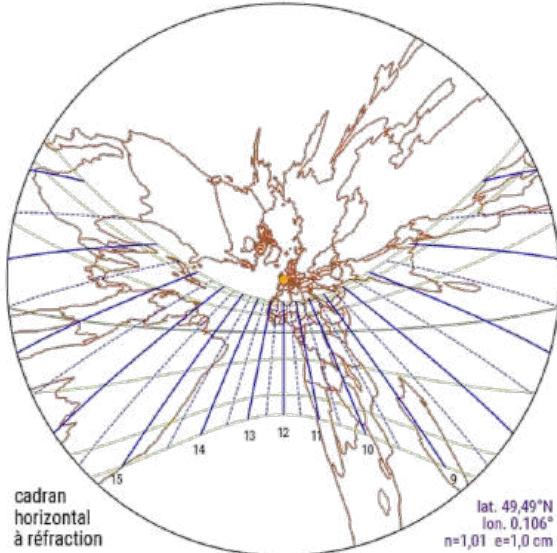


Fig.3 - Simulation d'une carte du monde superposée au tracé, pour un cadran solaire horizontal classique (indice de réfraction de l'air). Les zones les plus excentrées sont très déformées, et la zone utile de la carte est limitée aux heures proches du midi solaire.

On a vu que la réfraction de la lumière a pour effet de maintenir le point d'ombre assez proche du centre du tracé, ce qui fournit une solution en permettant un tracé de carte moins déformé, et fonctionnel durant toute la journée (fig.4).



Fig.4 - Tracé pour 7 cm d'eau, pour la latitude 47°N et la longitude 20°E (Europe centrale). Le point de fonctionnement du cadran est au centre du tracé. Le 21 juin, le Soleil survole l'Arabie saoudite vers 10h et le sud de l'Algérie vers 13h.

Fig.5 - Un récipient contenant 4,5 cm de hauteur d'eau. Le tracé a été collé au fond, et un style vertical perce la surface de l'eau.



Fig.6 - Dispositif vu de dessus. Là où le style vertical perce la surface de l'eau, la déformation de la surface produit une tache lumineuse au fond, qui indique l'heure solaire et la position du point subsolaire (ici au large de l'Afrique de l'Ouest).

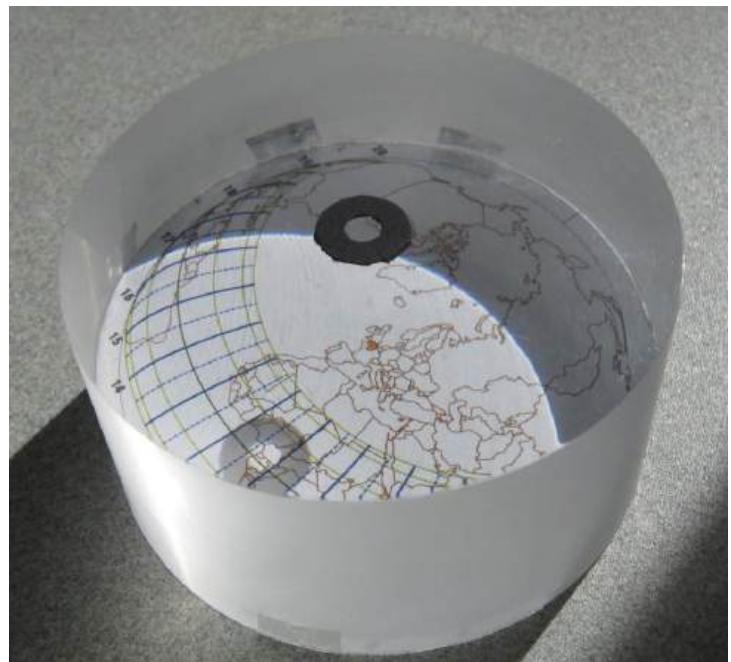


Fig.7 - Cadran à réfraction (cylindre de Plexiglas de 5 cm d'épaisseur et 10 cm de diamètre).

Le tracé a été réalisé avec un script Python disponible à l'adresse suivante :
<https://www.astrolabe-science.fr/cadran-solaire-plan-a-refraction/>

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

LES « HEURES CANONIALES » DES CADRANS CANONIAUX

Francis Reymann

Les cadrans canoniaux au tracé régulier, dont on trouve encore beaucoup de vestiges, ressemblent fort à des cadrans solaires. Mais s'ils n'étaient pas destinés à indiquer des heures solaires, au moins indiquaient-ils des durées égales ? C'est ce que l'auteur nous invite à explorer...

PRÉAMBULE

Du VIII^e au XIV^e siècle, c'est-à-dire pendant presque tout le Moyen Âge, en Europe (en particulier au Royaume-Uni et en France) ont fleuri sur les façades sud des bâtiments religieux, dont les sonneries de cloches rythmaient alors la vie sociale, des « cadrans canoniaux ». Ils étaient gravés directement sur la façade et revêtaient la forme, pour la plupart, d'un demi-cercle divisé en 4, 6, 8 ou 12 secteurs réguliers par des rayons se rejoignant en un endroit où un gnomon horizontal était planté (il ne reste souvent qu'un trou dans le mur sur les cadrans qui ont traversé les âges, ledit gnomon ayant été ôté ou n'ayant pas résisté à l'usure du temps).

Ces cadrans canoniaux n'étaient pas destinés à indiquer des heures mais des instants de la journée qui devaient, selon la « liturgie des Heures » catholique, être consacrés à des prières et des offices, appelés « heures canoniales ». Ainsi, la « règle de saint Benoît », au début du Moyen Âge, fixait à 7 le nombre d'offices d'une journée (baptisés audes, prime, tierce, sexte, none, vêpres et complies), auxquels s'ajoutait un office nocturne (les vigiles). Donc, si un cadran solaire est conçu pour indiquer des heures (solaires), un cadran canonial est destiné lui à marquer des instants, des moments de prière et d'offices (quand l'ombre du gnomon passait sur la demi-droite partageant deux secteurs).

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Dans un précédent numéro du magazine, Pierre-Louis Cambefort a consacré un article¹ à l'analyse d'un cadran vertical plein sud sur lequel étaient superposées les heures canoniales, les heures solaires et les heures temporaires.

Dans le présent article nous allons étudier plus précisément la durée séparant deux heures canoniales d'un cadran à 12 secteurs (de 15°), en fonction de la date (les solstices et les équinoxes) et du lieu d'implantation du cadran (latitudes nord de 30, 45 et 60°).

Quelques rappels :

- *Heures solaires* : il y a 24 heures solaires égales dans une journée. Il est 12 h (midi solaire) quand le Soleil passe au sud du lieu, dans l'hémisphère nord).
- *Heures temporaires (ou inégales)* : utilisées depuis l'Antiquité elles étaient encore en vigueur au Moyen Âge. La partie diurne des journées ainsi que la partie nocturne étaient divisées en 12 heures égales. Ces heures avaient donc une durée différente le jour et la nuit, et suivant la date.
- « *Heures canoniales* » : elles sont données par le passage de l'ombre du gnomon sur les repères canoniaux.

Le tracé superposant les 3 heures est rappelé page suivante (Fig. 1) pour un mur plein sud et une latitude de 45°.

Plus précisément, les lignes des heures temporaires n'ont été superposées que l'après-midi (les phénomènes étant symétriques par rapport au midi solaire, le tracé de l'après-midi suggère celui du matin).

Heures canoniales/ heures solaires (matin)

Les lignes horaires solaires sont générées par l'ombre d'un style polaire AB parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Elles convergent vers l'emplanture B du style dressé à partir du bout A du gnomon, contrairement aux rayons du cadran canonial, tracés à partir de l'emplanture O du gnomon. On comprendra que les deux réseaux de lignes s'entrecroisent. Une même heure canoniale désignera ainsi des heures solaires différentes suivant la date. Par exemple pour c3 (heure canoniale faisant un angle de 45° avec la verticale / l'horizontale) : elle correspond à environ 10 h 40 solaire au solstice d'hiver, 9 h 45 aux équinoxes, 8 h 45 au solstice d'été.

On comprendra aussi qu'en parcourant les lignes de dates on pourra estimer la durée séparant deux heures canoniales successives.

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/05/mag-CSpour-tous-n12_PL-Cambefort.pdf

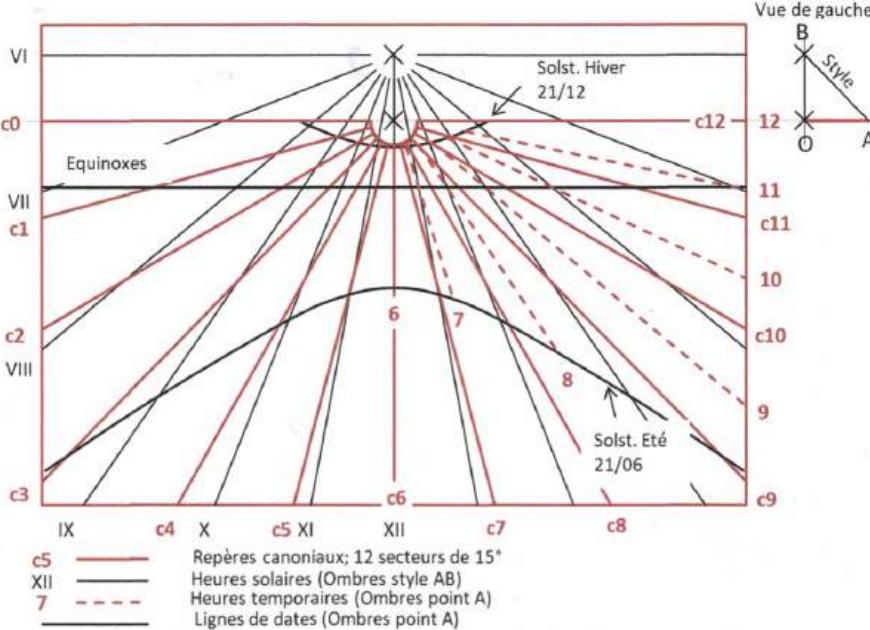


Fig. 1

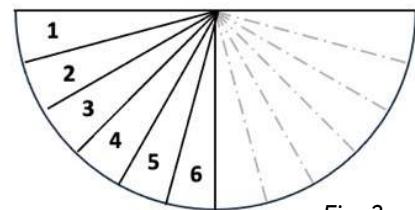


Fig. 3

Fig. 2

Secteur	Latitude 30° N			Latitude 45° N			Latitude 60° N		
	Solstice d'Hiver	Équinoxes	Solstice d'été	Solstice d'Hiver	Équinoxes	Solstice d'été	Solstice d'Hiver	Équinoxes	Solstice d'été
1	1 h 6 min	1 h 9 min	Ombre	1 h 16 min	1 h 23 min	Ombre	1 h 24 min	1 h 53 min	Ombre
2	0 h 59 min	1 h 6 min	Ombre	0 h 57 min	1 h 14 min	Ombre	0 h 36 min	1 h 24 min	Ombre
3	0 h 51 min	1 h 2 min	Ombre	0 h 42 min	1 h 2 min	Ombre	0 h 18 min	0 h 57 min	1 h 37 min
4	0 h 45 min	0 h 57 min	Ombre	0 h 32 min	0 h 52 min	1 h 12 min	0 h 11 min	0 h 42 min	1 h 12 min
5	0 h 41 min	0 h 54 min	1 h 7 min	0 h 27 min	0 h 46 min	1 h 5 min	0 h 9 min	0 h 34 min	0 h 59 min
6	0 h 39 min	0 h 52 min	1 h 5 min	0 h 24 min	0 h 43 min	1 h 1 min	0 h 8 min	0 h 31 min	0 h 53 min
Heure temporaire	0 h 50 min	1 h 0 min	1 h 10 min	0 h 43 min	1 h 0 min	1 h 17 min	0 h 28 min	1 h 0 min	1 h 32 min

Durées séparant deux heures canoniales

Des formules gnomoniques bien connues permettent d'établir le tableau ci-dessus (Fig. 2) donnant les valeurs de la durée (en heures de 60 min) séparant deux heures canoniales pour chacun des secteurs notés de 1 à 6 sur le schéma ci-dessus (Fig. 3).

Les cases notées « ombre » correspondent aux moments de la journée où le cadran n'est pas éclairé (le Soleil se lève alors au nord-est et se couche au nord-ouest)

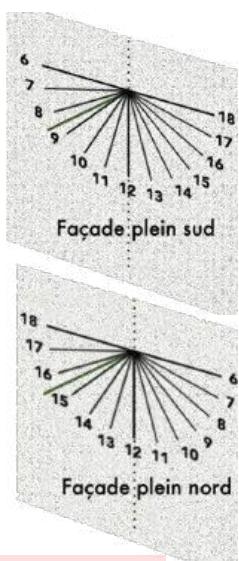
On constate que, d'une manière générale, les écarts de durées entre deux heures canoniales au sein d'une même journée augmentent avec la latitude. C'est aux équinoxes et au solstice d'été (par extension de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne), à la latitude de 30° N, que les durées séparant deux heures canoniales sont, tout au long de la journée, assez constantes et assez proches de 60 min.

Heures canoniales/ temporaires (après-midi)

Sur le tracé de l'après-midi sont ajoutées les ombres du point A aux heures temporaires permettant toutes les comparaisons.

Que peut-on conclure de tout cela ? Les moments désignés par les repères des cadrans canoniaux étaient, selon la latitude et la période de l'année, loin d'être répartis de manière régulière entre le lever et le coucher du Soleil. Nul doute que les utilisateurs savaient composer avec ces écarts et utilisaient aussi d'autres moyens de mesure du temps comme les clepsydres, sabliers et autres « chandelles horaires », de toute manière indispensables pour les journées sans soleil et les offices nocturnes.

Terminons par un clin d'œil : il existe un endroit où un cadran canonial devient un vrai cadran solaire et indique avec précision toute l'année, par son simple tracé en 12 secteurs, les heures solaires alors égales aux heures temporaires... C'est évidemment à l'équateur où un cadran vertical plein sud devient canonial ! Mais attention, il faudra lire l'heure sur la façade nord pendant 6 mois de l'année où un cadran identique aura été installé (avec des indications horaires inversées) !



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 cadrants solaires »

UNE MÉRIDIENNE ORIENTÉE EST-OUEST !

Yves Opizzo

Yves Opizzo, après nous avoir invité à découvrir « Une fleur gnomonique » et un dispositif permettant d'observer « Une éclipse de Soleil deux fois par an, chaque année, dans son jardin », nous propose ici de l'accompagner dans sa démarche créatrice gnomonique (et poétique) d'une méridienne est-ouest...

Que le lecteur / la lectrice se rassure, je ne fume rien, ni tabac, ni moquette et je ne bois plus une goutte d'alcool depuis près de trente ans ! Mais vous verrez en lisant ces lignes que, de fait, il est possible de dire que la méridienne présentée ici et qui n'indique, comme il se doit, QUE le midi vrai (et, accessoirement, le midi moyen, la déclinaison et l'ascension droite) montre clairement l'axe est-ouest. Ce n'est pas une plaisanterie, mais une idée qui m'est venue d'un coup, comme bien souvent, après que j'aie réalisé un objet plus conventionnel, quoique... bien différent de la norme. Je parle ici d'une méridienne bien placée dans l'axe sud-nord (donc dans le méridien local), comme tous les cadrans de ce type, mais munie de sept styles !

Pourquoi donc sept styles ? Si vous avez lu dans ce magazine (n°17) mon article¹ sur « Une éclipse de Soleil deux fois par an, dans votre jardin », vous serez moins surpris. En effet, si cette poétique idée vit le jour, avec une équipe de télévision l'immortalisant, elle reste encore un rien décevante, en cas de nuage intempestif un jour d'équinoxe...

J'ai alors pensé à une méridienne à sept styles (où l'extrémité de chaque style est située sur un cercle puisque la distance Terre-Lune doit rester la même) qui pourrait simuler douze fois par an une éclipse de Soleil. Ce n'est pas plus difficile qu'avec un seul style, simplement plus long à réaliser. Comme je ne pouvais plus le faire dans mon jardin, je me suis contenté d'un prototype, que voici.

Méridienne à sept styles, relevée du côté nord pour simuler le solstice d'été, le 21 juin



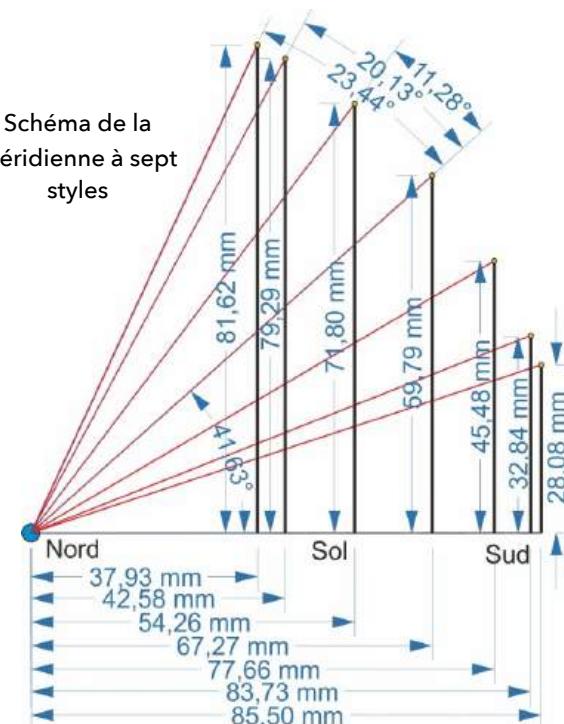
Vous voyez bien : les sept styles projettent quasiment une seule ombre à midi TVL (Temps Vrai Local). La plaque d'aluminium est penchée pour simuler le solstice d'été, qui serait passé de quelques minutes sur la photo. Pour ce faire, il a suffi de soulever l'extrémité nord, jusqu'à ce que l'ombre de la pointe (style n° 7, pour le 21 juin) tombe sur la Terre, simulant une éclipse de Soleil.



La pointe simule la Lune, avec un diamètre d'environ 8 mm et la Terre est une demi-sphère de 30 mm. Le rapport est le bon. Mais les autres « Lunes » projettent une ombre à peine visible parce que le tube laiton fait, lui aussi, presque 8 mm de diamètre.

Éclipse solaire - simulée - au 21 juin

J'envisageais de tricher un tout petit peu, avec des boules de 10 mm et le problème eût été résolu, en donnant d'ailleurs une ombre plus facile à voir sur la Terre. Le dessin suivant expliquera presque tout...



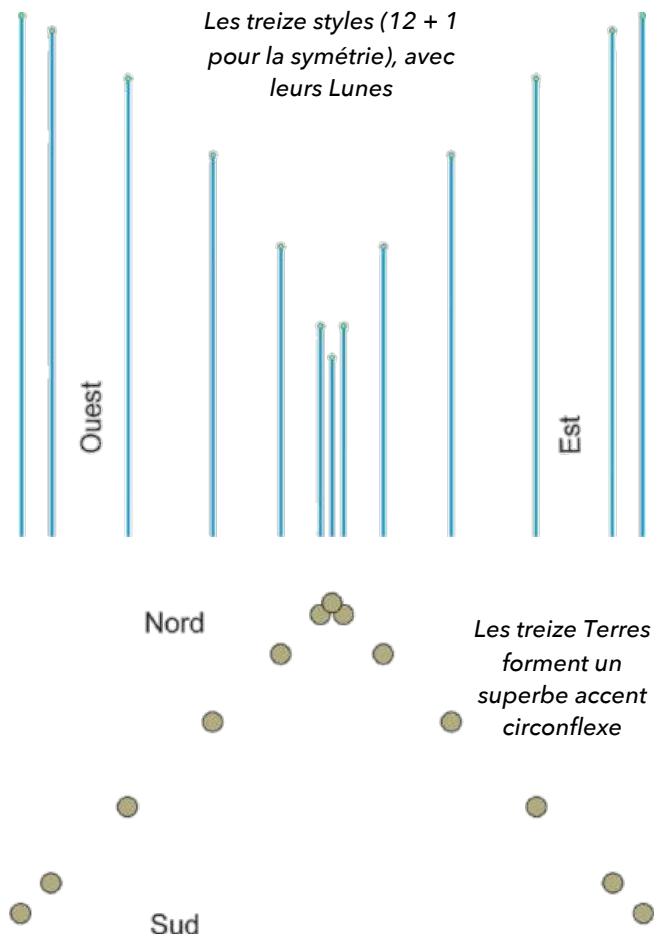
¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/09/mag-CSpourtous-n17_Yves-Opizzo.pdf

Le résultat me satisfaisait déjà, mais le « flash » m'est alors venu : au fait, si je tourne la barre d'aluminium de 90°, donc si elle est dans l'axe est-ouest, alors le problème n'existe plus, puisque chaque style projettera une ombre. Nous aurons donc une méridienne produisant sept ombres parallèles, plus ou moins longues. En plaçant une Terre à la bonne distance, nous verrons douze fois par an une ombre sur la Terre, à une date proche de l'entrée du Soleil dans un signe zodiacal, soit environ autour du 20 de chaque mois.

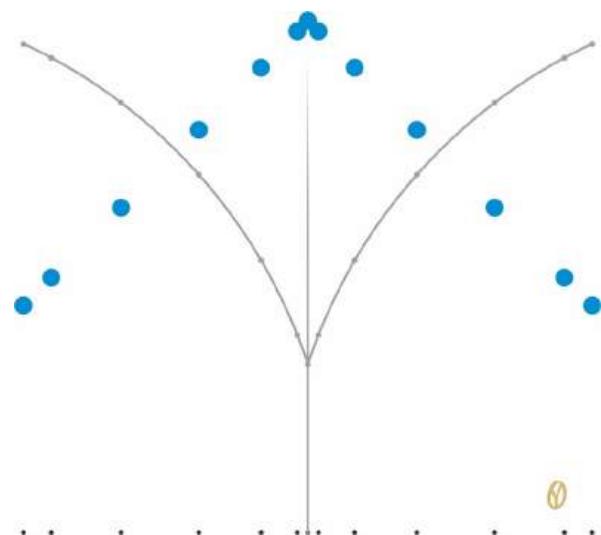
Aussitôt dit, presque aussitôt fait. Je modifie donc mon développement informatique avec cette nouvelle idée, place les sept styles comme il se doit et place les sept Terres à la bonne distance du style. C'est très simple en vérité, juste un jeu de l'esprit. Les sept Terres se trouvent de façon charmante sur une droite parfaite, puisque la distance à la Terre vue dans le schéma précédent est simplement tournée, pour tous les styles, de 90°. Les Terres sont alignées !

Cependant, je ne voulais pas en rester là et me suis dit que c'était trop intéressant pour ne pas tenter le summum. J'ai alors ajouté six styles, pour obtenir un magnifique alignement de treize gnomons de hauteur parfaitement calculée comme sur le schéma ci-contre. À chaque style correspond une Terre, située à la bonne distance. Les axes est-ouest et sud-nord sont évidents. Et comme attendu, la deuxième branche ainsi obtenue « repart en arrière » au moment du solstice d'hiver. C'est d'un point de vue didactique vraiment passionnant, mais l'esthétique de l'objet est fascinante. Les treize pointes des styles se trouvent sur deux arcs de cercle soutenant une ouverture vers le ciel, ce qui m'inspire beaucoup (j'enseigne l'Aïkido avec méditation et pratique de l'attention ; les bras levés vers le ciel donnent la même forme). Imaginez ces styles verticaux sur la feuille pour remarquer cette harmonie - Aï en japonais - ce qui permet de se centrer tout en assurant un bon contact avec la Terre, la vraie. C'est essentiel dans tout art martial dit interne, comme l'Aïkido.

Il y a treize Terres (des demi-sphères de 30 mm de diamètre correspondant au diamètre de 8 mm pour les Lunes) placées très précisément comme il se doit, selon les calculs donnés dans le premier schéma (à échelle quelconque, à vous de décider la taille, mais en recalculant pour le lieu où vous voudrez éventuellement implanter un tel objet).



Une autre possibilité est de conserver les arcs de cercles mais pas les styles (sauf celui du solstice d'hiver). Vous obtenez alors un objet ressemblant à un oiseau sur les ailes duquel on a posé de petites boules... J'ai ajouté « le corps de l'oiseau stylisé », comme un très fin triangle curvilinear en 3 D, pour allonger le style du 21 décembre en un arc de cercle. Ainsi l'ombre de ce style ne serait vraiment une droite qu'à midi vrai, tous les jours (voir schéma ci-dessous dans lequel il faut imaginer « l'oiseau » - les deux arcs de cercle et le triangle effilé plus le style droit gris - à la verticale sur la feuille).



La petite boule en bout de style (ou sur les ailes de l'oiseau) mesure 8 mm pour le prototype à sept styles, mais vous pouvez vous permettre, comme je vais le faire pour la version finale, de tricher quelque peu. Une boule de 10 mm avec un filetage M6 ne pose pas de problème et se trouve assez facilement. Personne ne viendra avec un pied à coulisse au vingtième pour mesurer tout cela. Par contre, chacun pourra constater qu'effectivement, vers le 20 de chaque mois, l'une des Terres recevra l'ombre de la Lune correspondante à midi vrai (XII TVL).

En vérité deux Terres (sauf aux deux solstices) seront ainsi un rien ombragées, l'une sur la droite montante (donc déclinaison décroissante, car le Soleil plus bas fait que l'ombre se projette plus loin) et l'autre sur la descendante (déclinaison croissante), pour la même déclinaison. Pour éviter une éventuelle ambiguïté, je me suis décidé à ajouter une courbe en 8 de temps moyen (midi moyen).

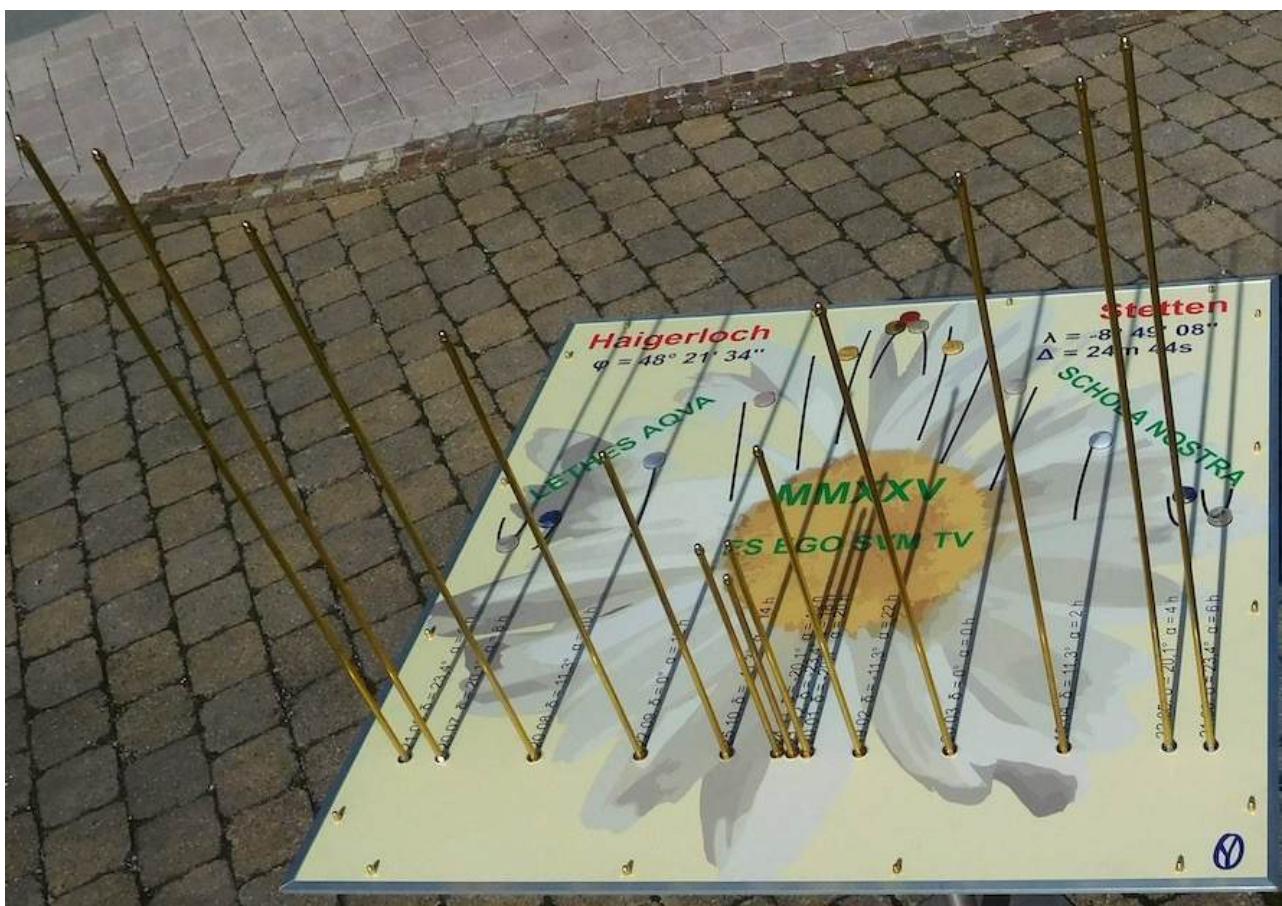
Mais là... une autre difficulté se présente. Ce n'est vraiment pas facile, parce que chaque style ne peut être utile que pour le mois considéré. Il m'a donc fallu découper la courbe en 8 en tranches et adapter chaque partie à la hauteur du style en question. Il faut pas mal de patience et de doigté, pour arriver au résultat final.

Bien évidemment, je voulais faire en sorte que cette méridienne un rien « révolutionnaire » devienne une pièce unique. Vous pouvez bien vous servir de l'idée, mais le plan donné ici n'est valable que pour la latitude de Haigerloch.

Le modèle final a été réalisé avec les indications quant à la correction de longitude pour obtenir, en plus du midi vrai (XII TVL), le midi moyen (12 local), également le midi légal (TEC, Temps de l'Europe Centrale, d'hiver seulement ; ajouter une heure en régime d'été pour TeEC, Temps d'été de l'Europe Centrale), mais aussi la date et l'AD approximatives et surtout, surtout... une éclipse de Soleil vers le 20 de chaque mois, à la condition que l'astre du jour ne soit pas voilé par quelque nuage vers midi TVL. C'est donc une pièce unique...

Une marguerite photographiée dans mon jardin et vectorisée sert de décor personnel, en hommage à toutes les femmes - une tout particulièrement - aimant cette fleur, pardon, ce capitole.

Enfin, un beau cadran solaire « dédié » se doit d'avoir une belle devise. Celui-ci en possède deux, de ma plume avec l'aide de mon cher Paul Gagnaire pour le latin. LETHES AQUA SCHOLA NOSTRA, l'eau du Léthé, c'est l'école !

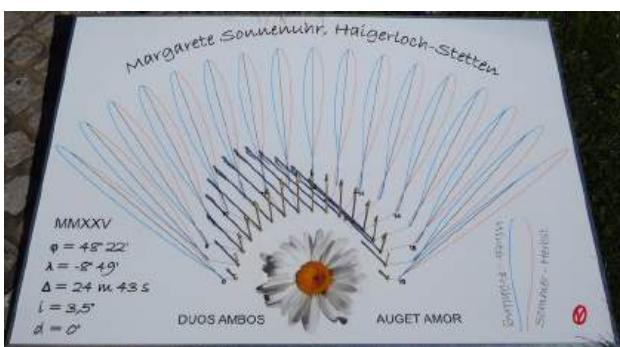


Le résultat final

Oh oui ! Mais je n'ai rien contre l'école. En avez-vous bu ? Les Grecs Anciens disaient que les futurs nouveau-nés devaient boire un verre d'eau du Léthé, un fleuve mythique, pour tout oublier juste avant leur naissance.

ES EGO SUM TU, tu es moi, je suis toi (ou traduction de Copilot, dont je me méfie pourtant ! En moi tu es, en toi je suis, vraiment bon !). En italien, j'aime également beaucoup : Sei me, sono te. Il me semble que ces devises devraient faire sursauter quelques personnes, mais c'est bien ce que je recherche. La science et la poésie font parfaitement bon ménage, et je n'oublie certes pas la philosophie. Le mot philosophie signifie l'amour de la connaissance. Lorsque cette connaissance n'est pas livresque, mais obtenue par observation directe, par contact avec l'autre, avec le reste, alors peut se dévoiler un univers de blanc et d'or, et de toutes les couleurs imaginables ou non. Il n'y a pas de limites, il n'y a pas de frontières à l'esprit, qui se trouve partout.

Et cet esprit qu'il est facile de trouver partout, tout simplement en ne le cherchant pas, mais en le laissant venir, en ne lui fermant pas la porte de notre cœur, peut alors, parfois, nous montrer la véracité d'une idée, d'un objet, d'une chose quelconque que notre conscience rejette. L'école, nécessaire, justifiée, indispensable, a tendance à empêcher cette ouverture de l'esprit, et c'est dommage. C'est bien ainsi que j'ai pu développer déjà nombre de cadans solaires réputés impossibles. Nous en reparlerons, par exemple avec un système optique « transcendant l'œilleton ». Les cadans à styles multiples font aussi partie de ces objets différents. Leur observation ne laisse aucune personne s'intéressant à notre art-science insensible. Le cadran Marguerite présenté dans le n°16 de CSPT² (photo ci-dessous) n'est qu'un exemple, et j'espère que de nombreux lecteurs utiliseront l'idée pour créer quelques chefs-d'œuvre.

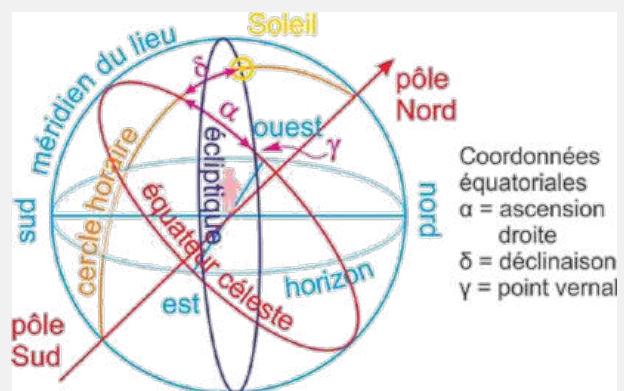


QUELQUES COMPLÉMENTS ASTRONOMIQUES

L'ascension droite AD est fort utile en astronomie, en particulier pour bien pointer une étoile ou tout autre objet céleste avec un instrument à monture équatoriale.

Les deux variables des coordonnées dites équatoriales sont la déclinaison et l'AD, qui est la position de l'astre sur l'écliptique reportée sur l'équateur (voir l'angle α de la figure ci-dessous). Par définition, l'AD du Soleil est égale à 0 h 00 le 20 mars (lorsque le Soleil franchit l'équateur du sud vers le nord, point vernal ou gamma, noté γ), à 2 h 00 (ou 30°) vers le 22 avril, à 4 h 00 (ou 60°) vers le 22 mai, et ainsi de suite.

C'est vraiment une droite (voir mon programme WozMez³ sous Excel) qui monte de 0 h 00 jusqu'à 23 h 59 min 59 s et repart à 0 h 00.



Le schéma ci-dessus devrait permettre de bien visualiser la déclinaison (l'angle compris entre l'équateur et l'astre, comparable à la latitude) et l'ascension droite (l'angle compris entre le point vernal et l'astre, comparable à la longitude).

Le point vernal est noté γ ; le point automnal (23 septembre), n'a pas, à ma connaissance, d'autre nom.

La formule liant AD et déclinaison avec ($\alpha = AD$, $\delta = \text{déclinaison}$, $\varepsilon = \text{inclinaison de l'écliptique}$) est $\alpha = \arcsin(\tan \delta / \tan \varepsilon)$

Comme actuellement (et pour quelques décennies...) $\varepsilon = 23,44^\circ$, sa tangente est constante : $\tan \varepsilon = 0,43357$.

Yves Opizzo yves@opizzo.de a réalisé de très nombreux cadans 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/>

² https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/05/mag-CSPT-n16_Y-Opizzo.pdf

³ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/01/WozMez_2023.xls.zip

LES CADRANS À STYLE PROFILÉ (2/2)

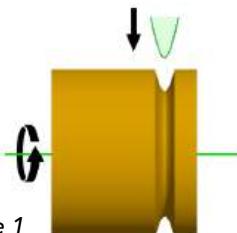
Yvon Massé

C'est donc la seconde et dernière partie de l'analyse qu'Yvon Massé fait des « cadrants à style profilé ». Ces cadrants équatoriaux indiquent, grâce à un style astucieusement profilé, le temps moyen (temps solaire corrigé de l'équation du temps) voire légal comme le démontre l'article.

Dans l'article paru dans le numéro précédent de ce magazine¹, nous avons établi l'équation de branches d'hyperboles en précisant qu'elles fourniront un outil efficace pour trouver le profil d'un style plus adapté. En fait, ce sont de véritables outils, ceux d'un tourneur, qui auraient la forme de ces hyperboles que nous allons considérer, ils viendront usiner un cylindre brut pour lui donner la forme du style profilé.

Dans un premier temps, considérons un premier outil correspondant à l'hyperbole du 15 avril et usinons la première gorge (fig. 1).

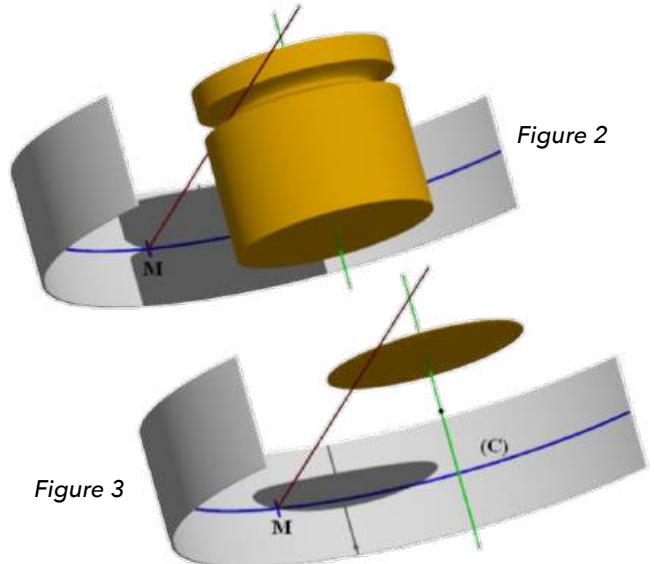
Figure 1



Le 15 avril, plaçons ce style au soleil et observons ce qui se passe à midi légal (fig. 2). Un seul rayon, qui tangente la paroi de la gorge dès qu'il entre dans l'encombrement du cylindre, parvient à éclairer la graduation M. Cela veut dire qu'il n'y a pas qu'un seul disque dont la limite de l'ombre passe par le point M, mais un ensemble de disques qui constituent la paroi de la gorge (dans l'article précédent, nous n'avions retenu que le disque qui, pour la date considérée, avait le plus petit rayon).

La figure 3 montre l'ombre obtenue avec le disque de la limite haute de la gorge. Elle n'est pas symétrique par rapport à (C) mais son contour passe bien par M.

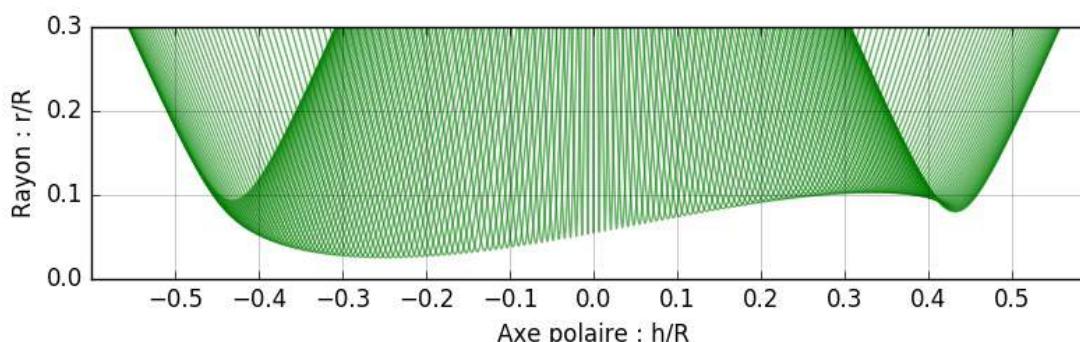
Usinons maintenant le cylindre avec les différents « outils hyperboles » correspondant à chaque jour, soit de l'hiver et du printemps, soit de l'été et de l'automne.



Entre l'usinage du jour $j - 1$ (ou de l'instant $t - 1$) et celui de $j + 1$, il restera toujours une partie de la gorge du jour j dont l'ombre, à ce même jour, donnera correctement l'heure légale, ce que nous recherchons.

On peut donc avoir une idée du profil dont nous avons besoin en dessinant l'ensemble des hyperboles, ce qui est fait à la figure 4 pour l'hiver et le printemps avec un angle $a = 5^\circ$, et en recherchant leur enveloppe.

Les mathématiques nous donnent le moyen de trouver l'expression de cette enveloppe : elle s'obtient en posant que la dérivée de l'équation des hyperboles par rapport au temps est nulle. Les développements correspondants sont assez longs et dépassent largement le cadre de cet article mais ils sont détaillés en annexe² pour les lecteurs qui souhaiteraient approfondir cette question.



¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/09/mag-CSpourtois-n17_Yvon-Masse.pdf

² https://gnomonique.fr/divers/annexe_profil.pdf

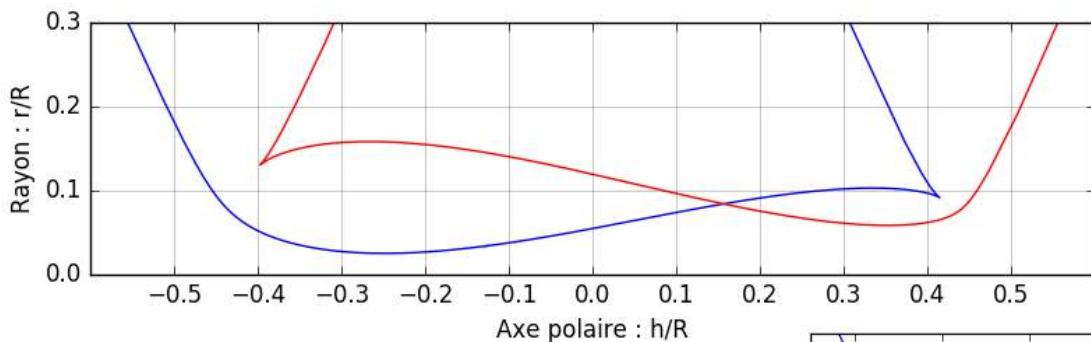


Figure 5

Le résultat théorique obtenu est présenté à la figure 5 ci-dessus (la courbe bleue correspond à l'hiver et au printemps, la rouge à l'été et l'automne).

Chaque courbe présente un point de rebroussement assez surprenant mais tout à fait normal comme on peut le voir sur l'animation disponible en ligne³ où les « outils hyperboles » sont utilisés de façon progressive et chronologique. Les « usinages » à proximité des solstices peuvent aussi être décomposés en utilisant les boutons flèches de ces pages Internet⁴.

Les points de rebroussement sont malheureusement des limites, avant chaque solstice, à partir desquelles les styles profilés ne fonctionnent plus rigoureusement (l'animation montre que les hyperboles « rentrent » alors dans le profil). Une seconde limite est donnée par la branche infinie après le solstice, simplement pour des raisons d'encombrement.

On peut aussi constater avec les boutons flèches de cette page⁵, qui permettent de voir l'évolution des courbes en fonction de l'angle a , que la période de fonctionnement dégradée augmente avec la valeur de a . On choisira donc de préférence un angle a le plus faible possible.

En comparant avec les figures 6 et 7 les courbes obtenues et celles de l'article précédent on constate - sans surprise - que les nouvelles courbes se différencient des anciennes uniquement à proximité des solstices.

Signalons enfin que le logiciel CadSolOnLine (<https://cadsol.web-pages.fr>) permet de simuler (fig. 8) les cadrants à style profilé en ayant accès aux paramètres « angle a » et « rayon maxi de la branche infinie ». Il est aussi possible de choisir entre le profil de cet article ou du précédent (case à cocher « Geometry > Shadow by... > Gnomon > Approximate »), ce qui permet d'apprécier l'amélioration apportée. Elle se constate principalement après les deux solstices.

³ https://gnomonique.fr/divers/anim_style_profile.gif

⁴ https://gnomonique.fr/divers/detail_ete/detail.html (solstice d'été) et https://gnomonique.fr/divers/detail_hiver/detail.html (solstice d'hiver)

⁵ https://gnomonique.fr/divers/variation_a/detail.html

⁶ <https://adsabs.harvard.edu/full/1988O%26T....16...17B>

⁷ https://ccs.saf-astronomie.fr/wp-content/uploads/Cadrans-Info_pdf/Cadrans%20Info_29.pdf

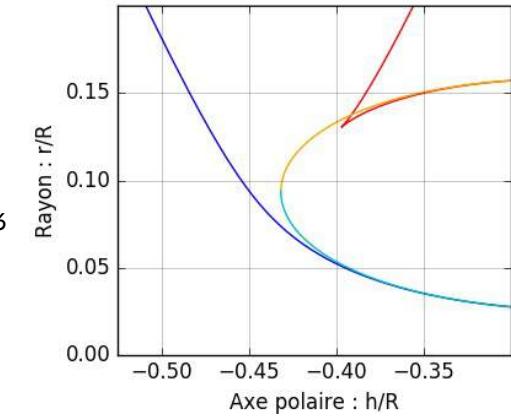


Figure 6

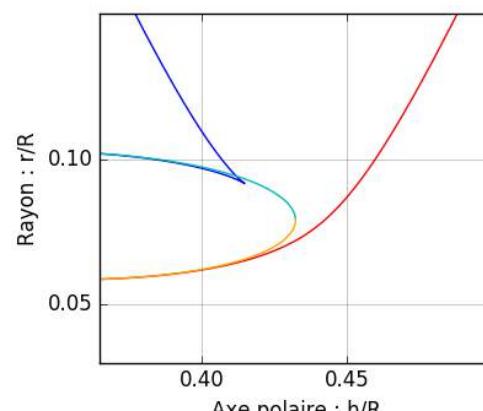


Figure 7

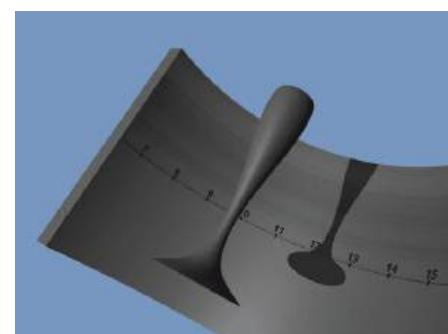


Figure 8

Références :

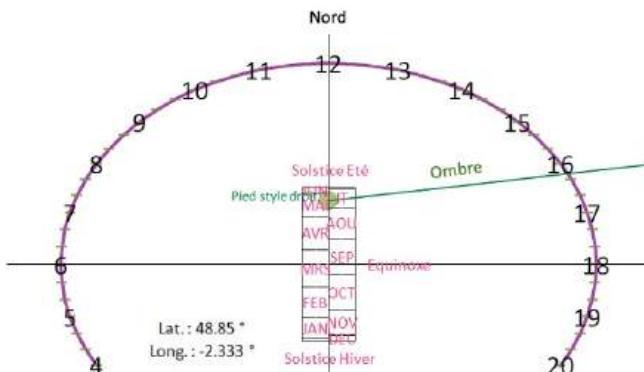
- Pierre Bacchus - *Cadrans solaires de temps moyen à style profilé*⁶, *Observation & travaux* n° 16, 1988, pp. 17-25.
- Tonino Tasselli (traduction Riccardo Anselmi) - *Cadrans solaires de précision*⁷, *Cadrans Info* n° 29, mai 2014 pp. 102-121 (les cadrants à style profilé sont traités à partir de la page 110).

Yvon Massé ymasse2@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.

FORMULES D'UN CADRAN ANALEMMATIQUE HORIZONTAL

Pierre-Louis Cambefort

L'ombre d'un gnomon (ou d'une personne jouant le rôle du gnomon) indique, sur un cadran analemmatique, l'azimut du Soleil mais également l'heure solaire, à condition de placer correctement le gnomon sur une échelle de date. L'auteur invite les gnomonistes à le démontrer, par le calcul...



Tracé d'un cadran analemmatique avec Excel VBA

Un cadran analemmatique horizontal est la projection d'un cadran équatorial sur l'horizon du lieu. Il s'agit d'une projection orthographique, perpendiculaire à l'horizon, projection dont le centre est rejeté à l'infini. La particularité de tels cadrants est qu'ils nécessitent le déplacement du gnomon selon la date, donc la déclinaison du Soleil. Ce que nous allons démontrer.

Soit (Fig. 1) la sphère céleste de centre O et de rayon R, pour une latitude ϕ , avec l'horizon NESW et l'équateur céleste F_1WG_1E . Choisissons le Soleil S' à l'équinoxe, donc sur l'équateur céleste pour un angle horaire H et un azimut Az . La course du Soleil S' au cours de la journée se projette en une ellipse $FEGW$ de centre O, de demi-grand axe R et de demi-petit axe $R \cdot \sin \phi$. Le Soleil se projette en C sur l'ellipse et en A sur le plan méridien (l'angle H se retrouve entre OS' et OA). Les points C et A se projettent en D sur l'axe NS.

$$AS' = CD = R \cdot \sin H$$

$$OD = OA \cdot \cos(90 - \phi) = OA \cdot \sin \phi$$

$$OD = OS' \cdot \cos H \cdot \sin \phi = R \cdot \cos H \cdot \sin \phi$$

$$\tan Az = CD / OD \text{ ou encore} \\ \tan Az = R \cdot \sin H / (R \cdot \cos H \cdot \sin \phi)$$

$$\text{soit } \tan Az = \tan H / \sin \phi$$

Soit un gnomon vertical suivant OZ. L'ombre du gnomon coupe l'ellipse en C₁, qui marque l'heure correspondant à H sur l'ellipse à l'équinoxe.



Cadran analemmatique horizontal réalisé par l'auteur

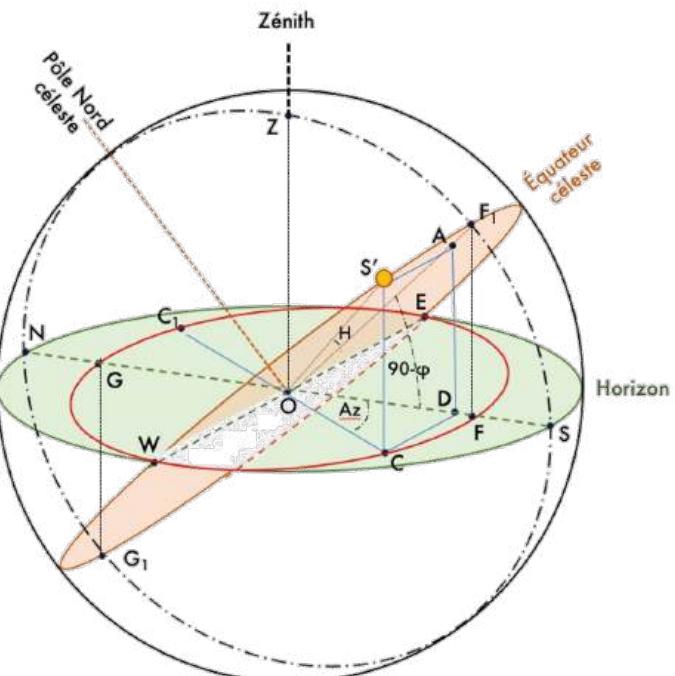


Fig. 1

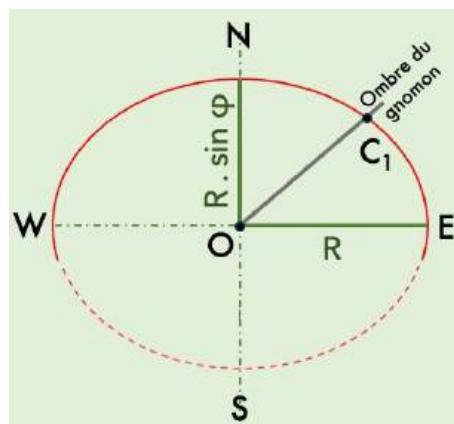


Fig. 2 - Vue depuis le zénith

Soit maintenant (Fig. 3) le Soleil S'_1 avec le même angle horaire H mais une déclinaison δ (sur le schéma : $\delta > 0$) et un azimut Az_1 . Un plan vertical passant par S'_1 coupera l'ellipse en V et V'_1 , ce qui ne sera plus en concordance avec l'heure H déterminée à la Fig. 1. Il faudra donc que le gnomon en O soit déplacé en K pour que son ombre passe à nouveau par le point C_1 pour donner l'heure H . Le Soleil étant très éloigné de notre cadran, l'ombre KC_1 du gnomon est parallèle à VV'_1 .

Soit α l'angle entre l'azimut Az du soleil S' et l'azimut Az_1 du soleil S'_1 :

$$\alpha = VQC = V'_1QC_1 = KC_1O = Az_1 - Az$$

Dans le triangle plat OKC_1 , appliquons la loi des sinus¹ :

$$OK / \sin \alpha = OC_1 / \sin (180 - Az_1) = OC / \sin Az_1$$

$$\text{or } OC \cdot \sin Az = CD = R \cdot \sin H$$

$$\text{donc } OC = R \cdot \sin H / \sin Az$$

$$\text{D'autre part } OK = OC \cdot \sin \alpha / \sin Az_1$$

$$\text{ou } OK = R \cdot \sin H \cdot \sin \alpha / (\sin Az_1 \cdot \sin Az)$$

$$\text{et } \sin \alpha / \sin Az_1 = \sin (Az_1 - Az) / \sin Az_1$$

$$= (\sin Az_1 \cdot \cos Az - \sin Az \cdot \cos Az_1) / \sin Az_1$$

$$\text{Donc } \sin \alpha / \sin Az_1 = \cos Az - \sin Az / \tan Az_1$$

Enfin,

$$OK = R \cdot \sin H \cdot (\cos Az - \sin Az / \tan Az_1) / \sin Az$$

$$\text{donc } OK = R \cdot \sin H \cdot (1 / \tan Az - 1 / \tan Az_1)$$

Ou, puisque $\tan Az = \tan H / \sin \varphi$

$$OK = R \cdot \sin H \cdot (\sin \varphi / \tan H - 1 / \tan Az_1)$$

Nous savons par ailleurs (formule donnant l'azimut) que :

$$\tan Az_1 = \sin H / (\sin \varphi \cdot \cos H - \cos \varphi \cdot \tan \delta)$$

Ce qui permet d'écrire, après simplifications :

$$OK = R \cdot \cos \varphi \cdot \tan \delta$$

Cette valeur de OK est constante pour une déclinaison donnée, indépendante de l'angle horaire H , donc quelle que soit l'heure solaire correspondante. Il suffit donc de déplacer le gnomon au point K correspondant à la date donnée pour lire l'heure solaire sur l'ellipse représentée sur la Fig. 2, correspondant à la projection de la course du Soleil pour $\delta = 0$.

Nota : la déclinaison est supposée constante au cours de la journée, une hypothèse largement suffisante pour un cadran analemmatique horizontal.

¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_des_sinus

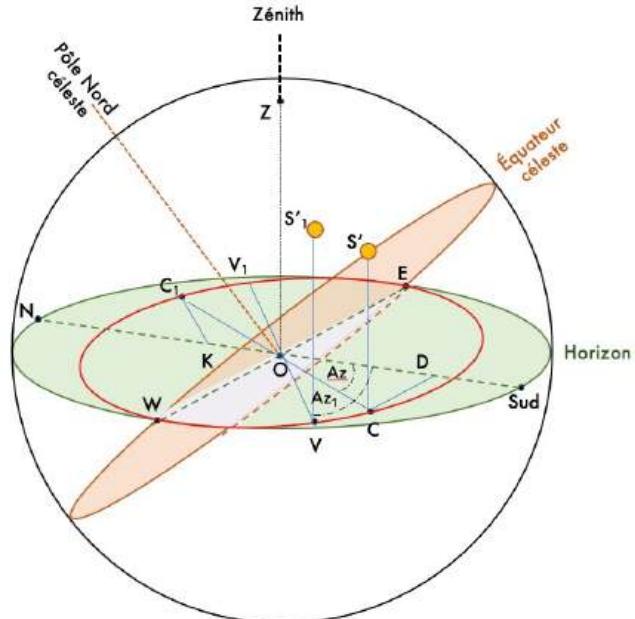


Fig. 3

TRACÉ DU CADRAN

Tracé de l'ellipse

Les valeurs à porter sur le cadran analemmatique sont donc celles de la projection de l'équateur uniquement. En prenant l'axe des Y suivant la méridienne et l'axe des X suivant la direction est-ouest :

$$X = CD = R \cdot \sin H \text{ et } Y = OD = R \cdot \cos H \cdot \sin \varphi$$

(valeurs symétriques pour le matin et pour le soir, à gauche de la méridienne pour les valeurs du matin, en regardant le nord).

Échelle des dates

Elle est située sur la courbe méridienne définie par ses ordonnées $Y = R \cdot \cos \varphi \cdot \tan \delta$, avec les déclinaisons positives vers le nord, comprises entre $+\/- \varepsilon$ (obliquité de l'écliptique).

Choix de R

R peut être choisi arbitrairement, mais le style doit avoir une longueur suffisante pour que l'ombre atteigne le point horaire midi au solstice d'été et doit donc avoir une longueur minimale L :

Donc $L \cdot (\sin \varphi - \cos \varphi \cdot \tan \varepsilon) / (\cos \varphi + \sin \varphi \cdot \tan \varepsilon)$ (formule de l'ombre d'un cadran horizontal pour midi) doit être supérieure à $R \cdot (\sin \varphi - \cos \varphi \cdot \tan \varepsilon)$

Qui s'écrit encore $L > R \cdot \cos (\varphi - \varepsilon) / \cos \varepsilon$

Si l'on choisit R égal à 3 mètres à Paris, il faudra un gnomon de longueur de presque 3 mètres, donc une personne levant les bras.

Indication des heures

Le cadran analemmatique horizontal indique les heures solaires vraies. Pour indiquer les heures légales, on pourrait remplacer l'échelle des dates par une courbe en huit et placer le gnomon sur cette courbe, mais cela ne serait valable que pour le midi moyen local et donnerait des informations fausses pour les autres heures.

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

L'auteur nous transporte aux XVI^e-XVII^e siècles, à l'époque où des missionnaires jésuites commencent à arriver en Chine. C'est le cas du père Johann Adam Schall von Bell qui réalisa notamment deux cadrants solaires remarquables, dont un est exposé à la Cité Interdite de Pékin.

De son nom chinois Tang Ruowang, le père jésuite Johann Adam Schall von Bell était de la deuxième génération de missionnaires arrivés en Chine vers la fin de la dynastie Ming (1644), début de la dynastie Qing. Il fut également le premier directeur étranger de l'Observatoire impérial de Chine (Sitianjian) et joua un rôle important dans les échanges culturels entre la Chine et l'Occident. Cet article présente un instrument célèbre, un cadran solaire horizontal, d'une conception alors inconnue en Chine.

L'ÉPOPÉE JÉSUITE EN CHINE

L'ordre de la Compagnie de Jésus fut fondé en 1540 par Ignace de Loyola. Ce nouvel ordre se donnait pour but la conversion au christianisme grâce à des missionnaires qui, à travers le monde, allieront leur activité proprement religieuse à l'enseignement des sciences au sein de collèges.

Le premier père jésuite qui réussit à s'installer durablement en Chine est Matteo Ricci (1552-1610). Homme brillant, d'une intelligence exceptionnelle, il voit dans les mathématiques et l'astronomie le moyen par lequel il pourra se faire connaître de la cour de l'Empereur.

Le père Adam Schall von Bell (1591-1666) prendra sa suite. C'était un Allemand membre de l'Académie romaine du Lynx. En octobre 1613, il rejoignit la Compagnie de Jésus. Fin 1617, il acquit de solides bases en mathématiques et en astronomie. Il arriva à Macao en 1620. En 1623, Johann Adam Schall von Bell arriva à Pékin avec le missionnaire italien Long Huamin (Nicolo Longobardo). Il devint président du Bureau Astronomique et participa à l'élaboration du calendrier Chongzhen.

LES UNITÉS DE TEMPS TRADITIONNELLES DE LA CHINE

La journée était divisée en 12 périodes égales, chaque période faisant donc deux de nos heures. Ces périodes portent les noms suivants :

zi (子), chou (丑), yin (寅), mao (卯), chen (辰),
si (巳), wu (午), wei (未), shen (申), you (酉),
xu (戌), hai (亥).

Chacune de ces périodes est repérée par deux moments, le début de la période indiqué par le terme *chu* (初) et le milieu indiqué par le terme *zheng* (正). Le cadran indique seulement huit heures chinoises avec l'indication *chu* (初) et l'indication *zheng* (正), à savoir *maochu* (卯初), *maozheng* (卯正), *chenchu* (辰初), *chenzheng* (辰正), *sichu* (巳初), *sizheng* (巳正), *wuchu* (午初), *wuzheng* (午正), *weichu* (未初), *weizheng* (未正), *shenchu* (申初), *shenzheng* (申正), *youchu* (酉初), *youzheng* (酉正), *xuchu* (戌初), soit 14 intervalles, tels que l'on peut les voir gravés sur le bord extérieur du plateau du cadran présenté ci-après. Chaque intervalle est à son tour subdivisé en 16 « *ke* » (刻) équivalents à nos quarts d'heures. La journée comportait traditionnellement 100 *ke*. Ce sont les Jésuites qui introduisirent, non sans résistance, la division en 96 *ke*. L'année était, elle, divisée en 24 *jieqi* d'environ 15 jours.

N°	Nom	Signification	Date approximative	Longitude du soleil
1	Dong zhi (冬至)	Solstice d'hiver	22 décembre	270°
2	Xiao han (小寒)	Petit froid	6 janvier	285°
3	Da han (大寒)	Grand froid	21 janvier	300°
4	Li chun (立春)	Début du printemps	4 février	315°
5	Yu shui (雨水)	Pluie	20 février	330°
6	Jing zhe (驚蟄)	Éveil des insectes	5 mars	345°
7	Chun fen (春分)	Équinoxe de printemps	20 mars	0°
8	Qing ming (清明)	Pure clarté	5 avril	15°
9	Gu yu (谷雨)	Pluie de moisson	20 avril	30°
10	Li xia (立夏)	Début de l'été	6 mai	45°
11	Xiao man (小滿)	Petits épis	21 mai	60°
12	Mang zhong (芒种)	Épis barbus	6 juin	75°
13	Xia zhi (夏至)	Solstice d'été	21 juin	90°
14	Xiao shu (小暑)	Petite chaleur	7 juillet	105°
15	Da shu (大暑)	Grandes chaleurs	23 juillet	120°
16	Li qiu (立秋)	Début de l'automne	8 août	135°
17	Chu shu (处暑)	Fin des chaleurs	23 août	150°
18	Bai lu (白露)	Rosée blanche	7 septembre	165°
19	Qiu fen (秋分)	Équinoxe d'automne	23 septembre	180°
20	Han lu (寒露)	Rosée froide	8 octobre	195°
21	Shuang jiang (霜降)	Gelée blanche	23 octobre	210°
22	Li dong (立冬)	Début de l'hiver	7 novembre	225°
23	Xiao xue (小雪)	Petite neige	23 novembre	240°
24	Da xue (大雪)	Grande neige	7 décembre	255°

LE NOUVEAU CADRAN PROPOSÉ PAR TANG RUOWANG

Johan Adam Schall von Bell fabriqua deux exemplaires de son nouveau cadran solaire horizontal au cours de la quinzième année du règne de l'empereur Chongzhen. Le premier fut offert au grand philosophe Huang de la dynastie Ming. Ce cadran utilise les notations traditionnelles du temps en Chine, que ce soit pour les heures de la journée ou pour les périodes de l'année.

Ce cadran marque une rupture par rapport aux cadrants solaires équatoriaux chinois traditionnels. Il fut utilisé plus tard par un autre grand érudit et passa entre plusieurs mains avant d'être acquis par Luo Zhenyu au début de la République de Chine.

Le deuxième cadran solaire de ce type fut réalisé en 1644. Au revers du cadran solaire était gravée l'inscription : « Offert respectueusement un jour faste du septième mois en la première année de Shunzhi » (1644). Construit par Tang Ruowang (Schall von Bell), fonctionnaire en charge de l'élaboration du Calendrier ».

Ces mots révèlent que, pour poursuivre son œuvre missionnaire en Chine, Tang Ruowang tenta, lors du changement de dynastie, de s'attirer les faveurs de la nouvelle cour et conserver ainsi son statut de responsable du calendrier et des affaires astronomiques.

C'est ce deuxième exemplaire qui est exposé au Musée du Palais à la Cité Interdite de Pékin et dont nous présentons ici des photos.

DESCRIPTION DU CADRAN DU MUSÉE DU PALAIS (CITÉ INTERDITE - PÉKIN)

Le cadran mesure 23,1 cm de long, 14,7 cm de large et 17 cm de haut. Il est en argent plaqué or et monté dans un cadre rectangulaire.

Les bords extérieurs du cadran portent les lignes des heures et des termes solaires.

Le style est de forme triangulaire ; le côté le plus long fait, lorsque on déploie le style, un angle égal à la latitude de Pékin ($39^{\circ}54'$) avec la table. Le style comprend une encoche faisant apparaître un ergot. L'ombre de ce dernier indique la période de l'année selon les dénominations chinoises (les « jieqi »).

La face inférieure de la table est gravée d'un double motif de dragons et de fleurs, et porte l'inscription verticale de 20 caractères mentionnée plus haut.

Ce cadran solaire est aujourd'hui conservé au Musée du Palais. De l'extérieur, il paraît plus raffiné que le premier exemplaire offert à Huang Zongyi. Il a une précision de lecture d'une demimonde, qui est supérieure à celle du cadran solaire offert à Huang.



Photo 1 - Le cadran solaire de Johan Adam Schall von Bell exposé au Musée du Palais à la Cité Interdite de Pékin



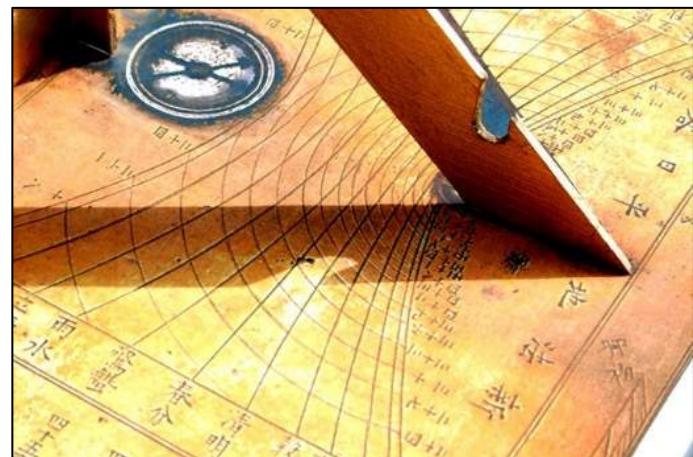
Face supérieure de la table

Les inscriptions de la face supérieure de la table



Face inférieure de la table

Détail du style



La division du jour en 96 ke avait déjà été utilisée en Chine sous la dynastie Tang. La Chine était revenue à une division en 100 ke lors de l'arrivée des Jésuites. Les Chinois, impressionnés par ce cadran, réalisèrent par la suite des cadrans de ce type.

UN ESSAI AU SOLEIL TOLOUSAIN

Bien que la latitude de Pékin ($39^{\circ}54'$) diffère sensiblement de celle de Toulouse ($43^{\circ}36'$), je n'ai pu résister à l'envie de photocopier la table et de réaliser un style en carton fort.

Mis au soleil toulousain, on voit très bien le rôle de l'index découpé dans le style triangulaire.

CE TYPE DE CADRAN A-T-IL ÉTÉ CRÉÉ PAR LES JÉSUITES ?

D'après la plupart des présentations qui ont été faites de ce cadran, en Chine ou lors d'expositions dans d'autres pays, on peut croire que ce type de cadran était de conception européenne.

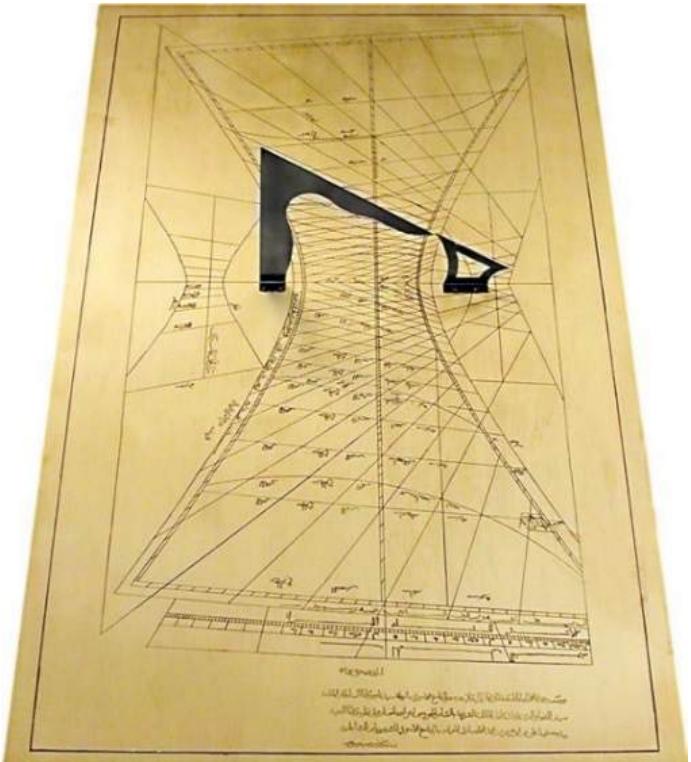
En fait, on peut trouver des cadrans solaires horizontaux au Proche-Orient. Le cadran ci-contre est une maquette récente de celui qui se trouvait dans la mosquée des Omeyades de Damas (1371).

Ce dernier avait disparu sans doute au cours de travaux effectués en 1873 et fut remis au jour en 1958 (photo ci-contre).

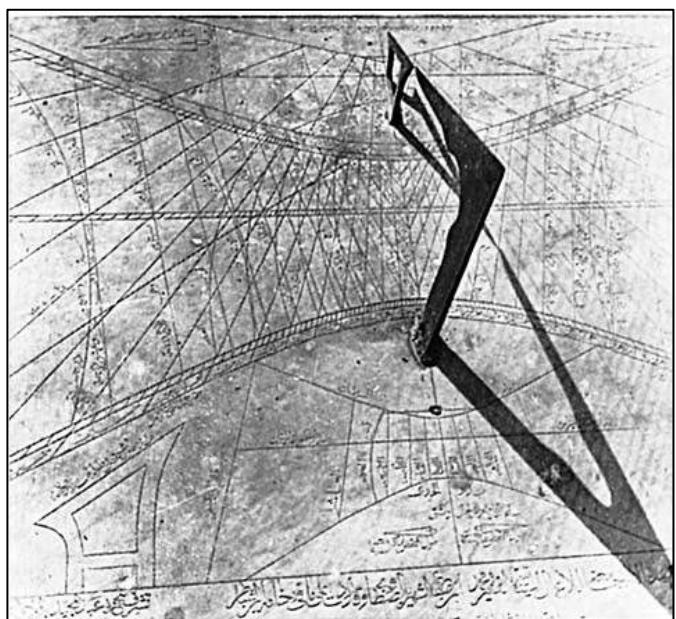
La maquette provient du Musée pour l'Histoire de la Science en Islam (Istanbul).

Bibliographie

- Scientific and technical instruments of the Qing Dynasty - Shangwu/Hongkong - ISBN 7-5323-5196-3/J-19
- Pan Nai - The history of ancient astronomical instruments of China - Shanxi jiaoyu chubanshe - ISBN 7-5140-2911-5
- Chen Kaige - Investigations of the New Horizontal Sundial of Missionary Tang Ruo Wang - Suzhou Institute of Ancient Astronomical Chronometric Instruments - Aucune indication de DOI
- Fuat Sezgin - Science and technic in Islam - Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften - ISBN 978-3-8298-0097-5



Maquette d'un cadran horizontal qui se trouvait dans la mosquée des Omeyades à Damas



Cadran de la mosquée des Omeyades remis au jour en 1958

Ingénieur en retraite, diplômé de l'INALCO (Institut des Langues et Civilisations Orientales), Roland Trotignon roland.trotignon@wanadoo.fr est membre de la commission histoire et de la commission cadrans solaires de la SAF <https://saf-astronomie.fr/> (Société Astronomique de France).

DIAGRAMME SOLAIRE SELON LA LATITUDE

Ferdinando Roveda

Nous vous avons présenté dans un précédent numéro l'outil Azihaut¹ qui permet de tracer rapidement un diagramme solaire. Mais cet outil est essentiellement conçu pour les zones tempérées. Dans le présent article, l'auteur analyse plus précisément ce qui se passe pour d'autres latitudes.

Pour dessiner un « diagramme solaire » (courbe donnant la hauteur du Soleil en fonction de son azimut selon la date), deux formules nous suffisent évidemment : celle qui donne la hauteur du Soleil h et celle qui donne son azimut Az . Elles ont été rappelées dans l'un de mes précédents articles², dans lequel figurait également ce diagramme à la forme si familière à chacun d'entre nous. Mais cette forme familière ne s'applique qu'à nos latitudes, aux « zones tempérées ». Si l'on se déplace très au nord (par exemple au-delà du cercle polaire arctique) ou très au sud (par exemple dans la zone située entre les deux tropiques), son apparence change radicalement.

ANALYSE POUR UNE LATITUDE DE $+11,48^\circ$ N

Essayons de voir ce qui se passe, par exemple, si l'on se déplace vers une latitude de $+11,48^\circ$ N. La figure 1 montre le diagramme obtenu (je fais également figurer la période nocturne, utile ici pour l'exhaustivité de la discussion).

On voit immédiatement que dans la période autour du solstice d'hiver le Soleil est toujours au sud de l'observateur (le sud est identifié par un azimut de 0°), aussi bien de jour que de nuit, le diagramme prend donc une forme "d'œuf".

À l'inverse, aux alentours du solstice d'été le Soleil est toujours au nord de l'observateur (le nord étant identifié par un azimut de $+180^\circ$) aussi bien de jour que de nuit, et encore une fois le diagramme prend une forme "d'œuf", mais cette fois à l'envers par rapport au cas précédent (ne nous y trompons pas : sur la figure deux demi-formes sont représentées, une à droite et une à gauche, mais rappelons que dans un cercle trigonométrique $+180^\circ = -180^\circ$).

Aux équinoxes, on retrouve cependant une courbe similaire à celles auxquelles nous sommes habitués, à l'allure d'une sinusoïde.

Plus curieuses et peut-être surprenantes en raison de leur forme brisée sont les courbes qui précèdent et suivent la courbe équinoxiale.

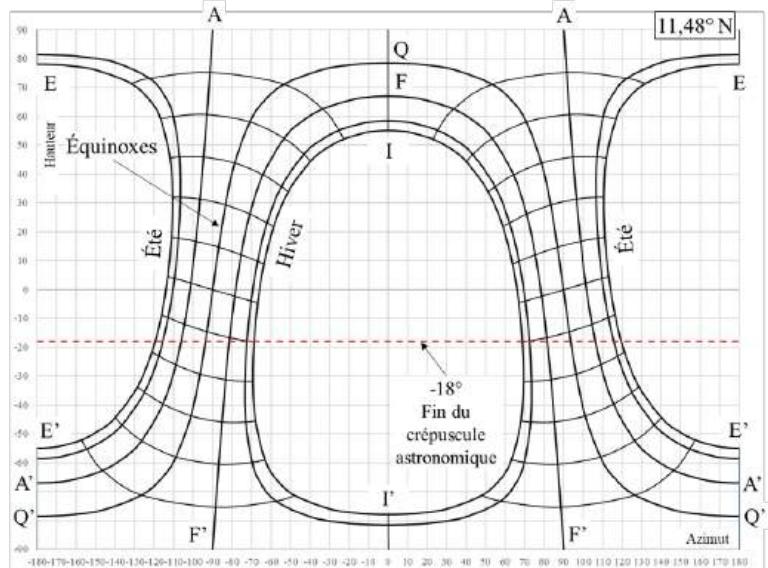


Figure 1

La courbe AA' est tracée pour une déclinaison solaire $\delta = +11,48^\circ$, soit une déclinaison solaire égale à la latitude du lieu. Comme nous le savons bien, la hauteur du Soleil à midi peut aussi être calculée simplement par la formule :

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta.$$

Et dans le cas où $\delta = \varphi$, comme dans notre cas, la hauteur du Soleil à midi sera égale à 90° , c'est-à-dire que le Soleil sera exactement au zénith de l'observateur, et donc ni au nord ni au sud : autrement dit il n'a pas d'azimut. Bien entendu, la situation décrite est purement théorique : la déclinaison du Soleil varie au cours de la journée, et statistiquement il lui est difficile d'égaler la latitude locale à l'heure exacte de midi.

Mais en appliquant la simplification que nous utilisons tous dans nos cadrans solaires, c'est-à-dire en gardant la déclinaison solaire constante tout au long de la journée, nous obtenons précisément ce résultat. Donc ce jour-là le Soleil aura un azimut entre -180° et -90° de minuit à midi, il n'aura pas d'azimut à l'heure exacte de midi, et il aura un azimut entre $+90^\circ$ et $+180^\circ$ de midi jusqu'au minuit suivant. C'est pourquoi cette courbe semble brisée.

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

² https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/02/mag-CSpourTous-n15_F-Roveda.pdf

Et que se passe-t-il lorsque la déclinaison solaire est égale à $-11,48^\circ$ (soit $\delta = -\varphi$) ? C'est facile à imaginer : le phénomène sera le même et opposé à celui qui vient d'être décrit, c'est à dire qu'à midi le Soleil transitera vers le sud ($Az = 0^\circ$), il restera toute la journée dans un azimut compris entre -90° et $+90^\circ$, mais cette fois l'exception se produira à minuit, où il sera exactement au nadir de l'observateur, donc là encore sans aucun azimut. À ce moment-là, l'azimut « sautera » de $+90^\circ$ à -90° , mettant à nouveau en évidence une forme « cassée ».

On peut aussi visualiser le phénomène à l'aide de « l'analemme de Vitruve » (figure 2), tracé sur le plan du méridien : le segment AA' est la trace de la course du Soleil sur le plan lorsque le Soleil a une déclinaison δ égale à $+11,48^\circ$.

Comme on peut le constater, le Soleil est toujours à droite de la verticale AF' passant par l'endroit où se trouve l'observateur, donc toujours, de jour comme de nuit, vers le nord (Az égale à 180°) : la seule exception est le point A (midi) qui se situe exactement au zénith.

Dans la partie inférieure de la figure est représentée la projection de la trajectoire du Soleil sur le plan horizontal, ce qui devrait aider à la compréhension (attention : les points L et C ne sont pas dans l'axe médian du segment AA', mais indiquent les traces des points de lever et de coucher du Soleil, et sont donc légèrement décalés vers la droite, c'est-à-dire vers le nord).

Le moment où le Soleil a une déclinaison δ égale à $-11,48^\circ$ est en revanche représenté par la trace FF' : comme vous pouvez le constater, cette trace est toujours à gauche de la verticale AF', c'est-à-dire la verticale du point où se trouve l'observateur, et donc le Soleil est toujours (jour et nuit) dans une direction sud (Az égale à 0°) : la seule exception est le point F' (minuit) lorsque le Soleil est exactement au nadir (et donc, encore une fois, il n'a pas d'azimut).

SITUATION AUX ÉQUINOXES

Analysons maintenant la situation aux équinoxes : dans l'analemme de Vitruve, la trajectoire du Soleil à ces dates est représentée par la trace QQ' , passant par V .

Cela signifie que, comme on le sait, ces jours-là, le Soleil se lève exactement à l'est et se couche exactement à l'ouest ; à midi (point Q) il se trouve exactement dans la direction sud (azimut

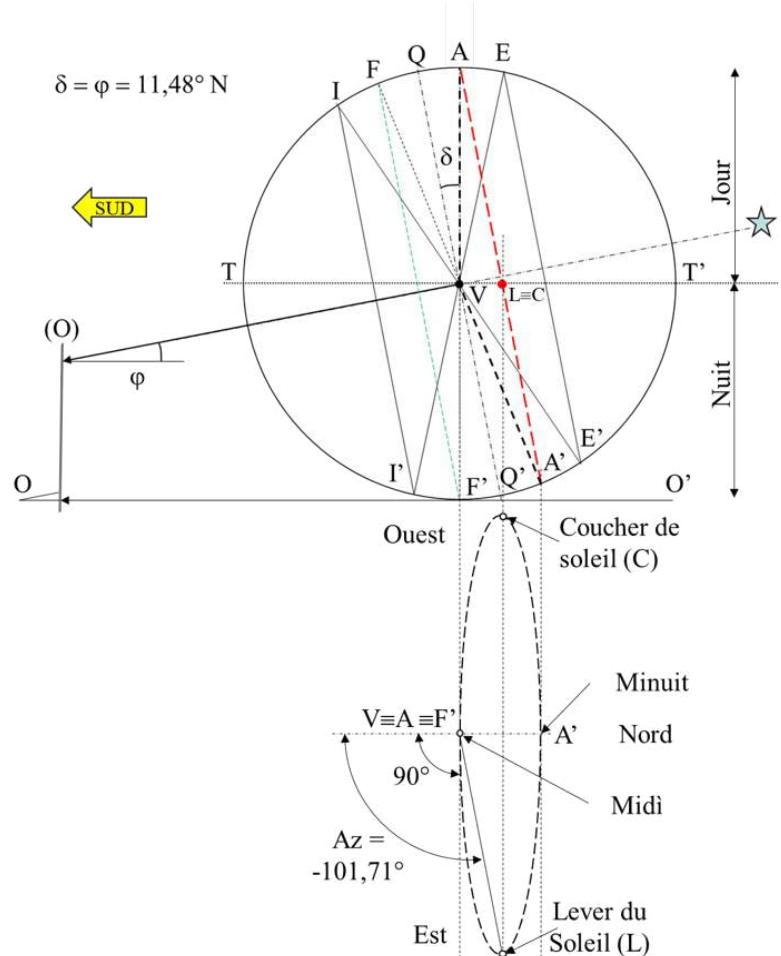


Figure 2

de 0°), tandis qu'à minuit (point Q') il se trouve exactement dans la direction nord (azimut de 180°).

Chaque point relatif à une déclinaison intermédiaire peut être facilement obtenu à partir des mêmes figures.

Dans la figure 1 j'ai également mis en évidence la hauteur du Soleil à -18° , qui correspond au début du crépuscule astronomique du matin, et à la fin du crépuscule astronomique du soir.

Sur ce sujet (durée des crépuscules) j'approfondirai un peu plus dans un futur article.

Si cette analyse vous a intéressé, vous pouvez télécharger ici³ une version étendue (21 pages) de l'article, avec des exemples sous différentes latitudes.

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.

³ <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/10/CSPT-n18-Annexe-F-Rodeva.pdf>

STRASBOURG, 2017, UN EXCELLENT MILLÉSIME !

Roland Querry

Après une carrière comme opérateur de prises de vue, Roland Querry participe en mai 2017 à une réunion à Strasbourg, y rencontre plusieurs gnomonistes et cadraniers qui vont l'inspirer et le guider, lui permettant notamment de réaliser trois cadans à Bagnolet, dont le dernier vient d'être inauguré.

Je suis né en 1947 à Pontarlier dans le Haut-Doubs, Saugeais par ma mère, Franc-Comtois par mon père, j'ai lu très tôt *La guerre des Boutons* de Louis Pergaud, ce qui a peut-être contribué à faire de moi un soixante-huitard, à défaut d'un rebelle...

Muni d'une licence de physique-chimie, peu glorieuse, obtenue en 1969, je quitte prématulement la fac de sciences de Besançon pour passer le concours de l'École de cinéma Louis-Lumière et finalement travaille dans le cinéma comme opérateur de prises de vues jusqu'à ma retraite.

Pendant le tournage d'un moyen métrage dans le Gers à Faget-Abbatial dans les années 1980, une personne du cru me raconte qu'il trace des cadans solaires sur des maisons. Je suis admiratif, il me parle de trigonométrie sphérique et me rappelle mes lacunes en mathématiques...

Plus tard, dans les années 1990, un cours de Denis Savoie sur les saisons dans une petite salle du Palais de la découverte ravive ma curiosité.

Je sais que les mathématiques comme la musique ne supportent pas l'à-peu-près mais j'ai toujours été malheureusement un autodidacte, gardant cependant un goût immoderé peut-être pour les sciences en général.

Je fais partie de la SAF¹ (Société astronomique de France) depuis 2002, membre de la Commission de cosmologie et, depuis 2014, membre de la CCS² (Commission des cadans solaires).

J'ai eu la bonne idée de participer à la réunion de la CCS à Strasbourg en mai 2017 et de la prolonger par les quelques jours de « gastro-astronomie » proposés à la suite en Alsace du sud. J'ai eu la chance incroyable d'être véhiculé par Michel Lalos³ qui m'initie alors à la technique des cadans solaires, et de rencontrer Jérôme Bonnin, Christian Druon, Yvon Massé, Joël Robic, Francis Reymann et Denis Savoie, entre autres passionnés de gnomonique.

En rentrant à Bagnolet où j'habite, je décide de faire un cadran solaire, ma première idée étant de faire une méridienne sur la façade du Cinéma *Le Cin'Hoche* ou bien un cadran vertical sur un mur du Clos à pêches, dernier vestige du patrimoine horticole de la ville. Finalement la Place Salvador Allende en plein centre-ville étant en construction je me rabats sur un cadran analemmatique sur cette même place, cadran qui est inauguré le 7 septembre 2019.



Cadran analemmatique
Place Salvador Allende - Bagnolet

Je conçois ensuite un cadran vertical déclinant sur un mur du Clos à pêches, qui est inauguré le 22 mars 2022.



Cadran vertical
Clos à pêches - Bagnolet

¹ <https://saf-astronomie.fr/>

² <https://ccs.saf-astronomie.fr/>

³ <http://michel.lalos.free.fr/>

Mon projet de méridienne est toujours en stand-by... J'ai harcelé longtemps Jérôme Bonnin afin qu'il établisse un devis qui est presque accepté mais le projet tombe à l'eau à cause de la Covid-19...

J'avais vraiment envie d'une fresque pour la table du cadran et j'ai eu l'idée de faire appel à une amie fresquiste, restauratrice de tableau, qui ne connaissait rien à la gnomonique et à un cadranier, Joseph Auvray⁴, pour la partie tracé et la pose de l'oculus.

Ce cadran solaire, que j'appelle abusivement « La méridienne du Cin'Hoche », est finalement inauguré le 27 septembre 2025 sous deux couches nuageuses, une à 600 pieds du sol, l'autre à 2 000 pieds, avec un vent du Nord de 7 nœuds et ce jour-là, le Soleil ne montrera pas le bout de son nez, conformément à la devise choisie pour le cadran : « SINE SOLE SILEO » (sans soleil, je me tais). L'honneur est sauf !

Je suis Mac mais pas PC donc je n'ai pas pu profiter du génial logiciel de François Blateyron : Shadows⁵ (Prix Sawyer Dialing Prize 2023 de la NASS⁶, North American Sundial Society).

Je suis bien conscient que si j'ai réussi à mener à bien ces réalisations, c'est grâce :

- au livre de Denis Savoie, *Gnomonique moderne*⁷ dont j'ai essayé d'utiliser les formules dans un tableur Excel avec plus ou moins de succès...
- à l'aide généreuse et fréquente de Francis Reymann qui a corrigé tous mes calculs,
- à la méthode très élaborée d'Yvon Massé pour le calcul de l'inclinaison et de la déclinaison du mur du Clos à pêches,
- à Michel Lalos qui a trouvé la solution pour la forme de la table du cadran vertical car la faîtière du mur datant du XVII^e siècle n'étant plus horizontale, il fallait trouver une astuce pour qu'à l'œil rien ne choque,
- aux conseils judicieux et précieux de Jérôme Bonnin pour le choix de la pierre de la table verticale, la préparation du support et le scellement,
- au sablage des clous du cadran analemmatique et des gravures effectuées par Guillaume Baudin sur l'échelle des dates et sur le cadran vertical,
- à la fresque de la méridienne réalisée par Angélique Demeersseman⁸,

- aux idées de Joseph Auvray pour le tracé de la courbe de Cauchy décalée de la longitude de Bagnolet et son oculus de précision.

Je remercie vivement tous ces gens qui m'ont aidé et encouragé. J'aurai mis dix ans pour faire cette fresque qui me tenait à cœur et suis très heureux d'avoir pu installer 3 cadrants solaires très différents dans un mouchoir de poche en plein centre de Bagnolet.



La méridienne du Cin'Hoche
Rue hoche - Bagnolet

Panneau explicatif placé au pied de la méridienne



Roland Querry (roland.querry@gmail.com) diplômé de l'École de cinéma Louis-Lumière a consacré sa carrière à la prise de vues. Ayant toujours eu un « goût immoderé » pour les sciences, il se lance, à sa retraite, dans la gnomonique et les cadrants solaires et a notamment réalisé 3 cadrants solaires au centre de Bagnolet (Seine-Saint-Denis).

⁴ <https://atelieracacia.fr/>

⁵ <https://www.shadowspro.com/>

⁶ <https://sundials.org/>

⁷ <https://boutique.saf-astronomie.fr/produit/gnomonique-moderne/>

⁸ <https://www.latelierdesanges94.fr/accueil>

COMMENT TRACER UN CADRAN SOLAIRE DÉBARDEUR ?

Roger Torrenti

Roger Torrenti nous invite ici à la découverte du « cadran solaire débardeur », de son principe de construction et de la méthode de tracé de ses lignes horaires, ayant recours à quelques propriétés simples liées au cercle trigonométrique...

Un cadran solaire débardeur ?

S'agit-il de tracer des lignes horaires sur un débardeur que l'on vient d'acheter, et d'y fixer un gnomon (peu pratique pour étreindre ceux que l'on aime...) ? Ou trouve-t-on à la vente de tels débardeurs à porter fièrement par les passionnés de gnomonique ?



Non évidemment... On a en fait baptisé du nom de « cadran solaire débardeur » un type de cadran à la forme originale, dont on trouve en particulier de nombreux exemplaires sur les façades de bâtiments espagnols, réalisés pour la plupart entre la fin du XVIII^e siècle et le début du XIX^e siècle, tel celui de la photo ci-dessous, situé à Fuendejalón dans la province de Saragosse, datant de 1806 et restauré en 2022.



On remarque des lignes horaires parallèles tracées sur les parties ouvertes du débardeur (l'encolure et les emmanchures), que l'on devine de forme semi-cylindrique.

COMMENT TRACER CES LIGNES HORAIRES ?

On remarquera tout d'abord que l'ensemble est incliné par rapport à la façade et les gnomonistes, même amateurs, considérant l'ensemble, en déduiront que le plan du débardeur doit être dans le plan de l'équateur

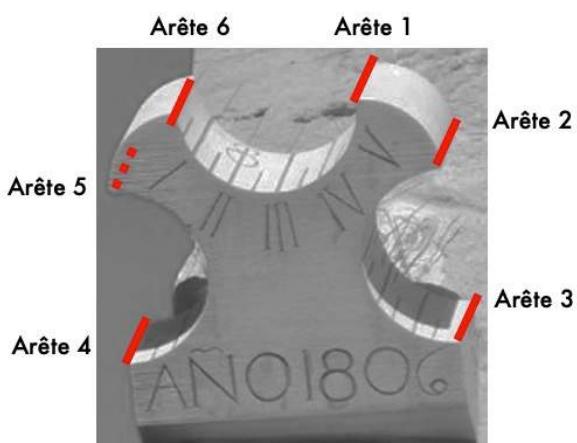
céleste, et donc incliné avec le plan vertical d'un angle égal à la latitude du lieu. C'est effectivement le cas !

On retrouve alors, au niveau de l'encolure du débardeur un cadran équatorial semblable à celui que l'on trouve souvent dans une sphère armillaire, tracé sur une bande entourant l'équateur céleste (ci-contre le dessin d'une sphère armillaire figurant dans « l'Encyclopédie de Diderot »).



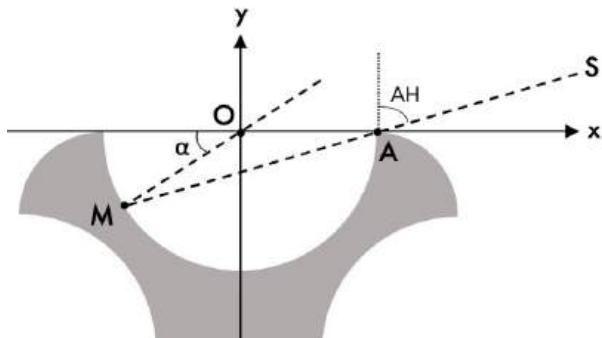
Oui, mais ce type de cadran équatorial est équipé d'un style passant par le centre de la sphère et parallèle à l'axe de rotation terrestre (donc se confondant avec l'axe de la bande cylindrique) et il est facile dans ce cas de tracer les lignes horaires puisqu'elles sont parallèles à l'axe de la sphère et régulièrement espacées de 15° par heure solaire.

Mais comment tracer les lignes horaires d'un « cadran équatorial sans style », de ce cadran débardeur ?



Notons tout d'abord que les six arêtes des trois demi-cylindres peuvent porter ombre, servir de « style » : celles de droite (arêtes 1, 2 et 3) logiquement pour les heures du matin, celles de gauche (4, 5 et 6) pour les heures de l'après-midi. L'ombre de l'arête 3 sur le demi-cylindre ne pourra être utilisée que pour indiquer 5 h voire 4 h du matin en été, de même que l'arête 4 pour indiquer 19 h voire 20 h en été. Si le cadran

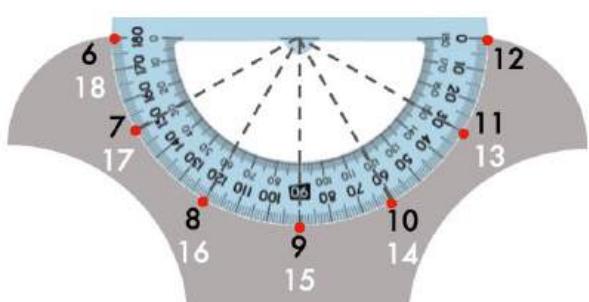
est fixé sur un mur vertical, l'ombre de ce dernier ne permettra probablement pas de les utiliser, mais si le cadran est placé au sol, dans un environnement dégagé, alors ces arêtes 3 et 4 seront à considérer.



Étudions maintenant le schéma ci-dessus de l'encolure du débardeur. La droite MS est l'intersection du plan du débardeur et du plan défini par l'arête 1 et le Soleil. Le Soleil S vient frapper l'arête 1 en A et produit une ombre en M. L'angle horaire du Soleil au moment considéré est noté AH. L'angle que fait MS avec Ox est égal à $90^\circ - AH$ de même que l'angle OAM. Or le triangle MOA est isocèle, donc l'angle MOA est égal à $180 - 2(90 - AH) = 2AH$ d'où l'on déduit que l'angle $\alpha = 2 \cdot (90 - AH)$. On retrouve ici une propriété bien connue du cercle : le théorème de l'angle inscrit et de l'angle au centre¹.

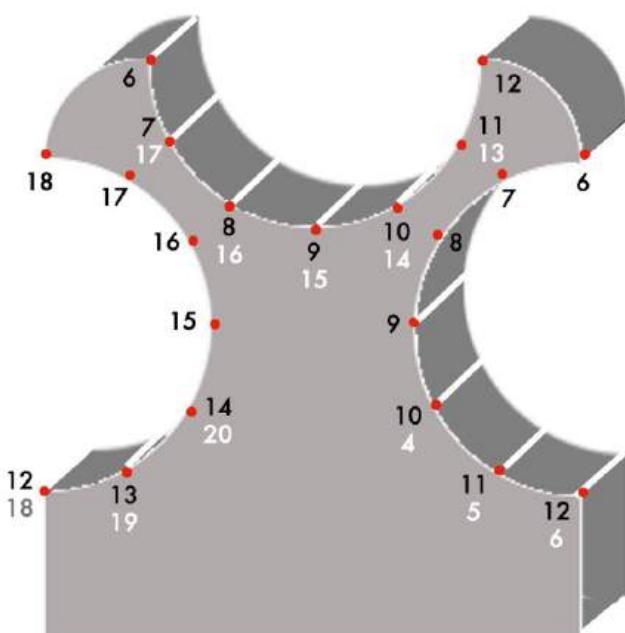
Le tableau ci-contre indique les valeurs de α à considérer pour le tracé des heures du matin. Et l'on conçoit aisément que, pour les heures de l'après-midi (indiquées par l'ombre de l'arête 6) nous aurons un raisonnement trigonométrique identique. Donc le tracé des lignes horaires de l'intervalle 6 h - 18 h est facile. À partir de l'axe du demi-cylindre, il suffit de tracer des rayons régulièrement espacés de 30° (schéma ci-dessous) alors que pour un cadran équatorial classique, ce sont des rayons espacés de 15° qu'il convient de tracer à partir de cet axe.

Heure solaire	AH	α
6	90	0
7	75	30
8	60	60
9	45	90
10	30	120
11	15	150
12	0	180



Bien entendu, sur l'encolure du cadran débardeur on peut aisément tracer des marques demi-horaires, régulièrement espacées de 15° voire, tout aussi aisément, des marques correspondant à des intervalles de temps plus courts.

Si l'on considère maintenant, les arêtes 2 et 5, le même raisonnement conduira à tracer également des marques horaires, à partir de rayons régulièrement espacés de 30° partant du centre des « emmanchures ». L'illustration ci-dessous montre le tracé final.



Cet article a été inspiré par un article d'Eduardo Lavilla paru dans le numéro 108 (automne 2025) de la revue *Busca de paper* de la Société catalane de gnomonique². L'auteur y présentait un très intéressant aperçu de l'histoire et du développement des « cadrans solaires débardeurs » en Espagne. Il a accepté de préparer un article sur ce sujet dans le prochain numéro de *Cadrans solaires pour tous*.

En attendant, par le présent article, je souhaitais permettre aux lecteurs de mieux appréhender leur principe de conception, les invitant à un petit exercice de trigonométrie qui devrait, je le souhaite, avoir paru assez facile à tous.

Roger Torrenti roger@torrenti.net est ingénieur de formation et s'intéresse à la gnomonique et aux cadrans solaires depuis son plus jeune âge. Membre de la Commission des cadrans solaires de la SAF <https://ccs.saf-astronomie.fr/>, 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>. Pour plus de détails voir <https://www.cadrans-solaires.info/lauteur/>.

¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A3or%C3%A8me_de_l%27angle_inscrit_et_de_l%27angle_au_centre

² <https://www.qnomonica.cat>

JEUX ET ÉNIGMES

UNE DEVINETTE

QUEL EST LE SOMMET LE PLUS...

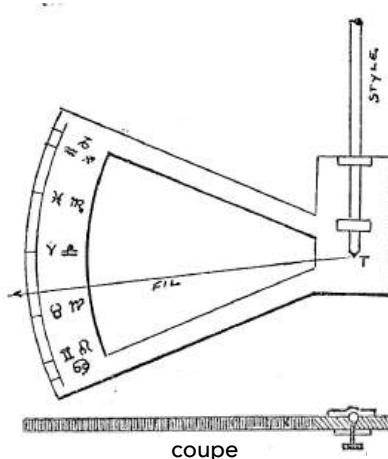
Une devinette qui paraîtra un peu simple peut-être mais que certains n'auront peut-être jamais rencontrée... Quel est le sommet montagneux le plus éloigné du centre de la Terre ?



UNE ÉNIGME

LE TRIGONE DES CADRANIERS

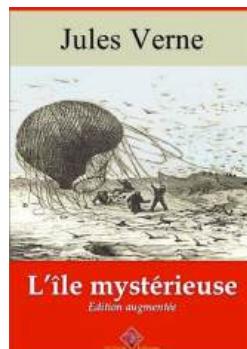
Sauriez-vous deviner à quoi pouvait donc servir l'instrument ci-dessous, un trigone ? Les cadranières et cadraniers l'utilisaient à une époque où les logiciels ne permettaient pas encore de tracer des cadran solaires complexes en quelques clics et où il fallait recourir à des calculs, au tracé par épure, à des cadran annexes, ou... à quelques instruments astucieux !



UN TEST RAPIDE

REPÉRER LES TYPOS...

Avant la publication d'un livre (ou d'un magazine !) les correcteurs et correctrices interviennent, « l'esprit en alerte, l'œil acéré, le flair aiguisé, pour traquer les fautes de toute nature : de la bête coquille (erreur de frappe) au subtil contresens en passant par la classique faute d'accord » (extrait de la fiche métier de l'ONISEP). Que relèveriez-vous si Arvensa Éditions vous donnait à relire le passage suivant du fameux roman *L'Île mystérieuse* de Jules Verne : « La terre ne décrit pas un cercle autour du soleil, mais une ellipse, ainsi que le veulent les lois de la mécanique rationnelle. La terre occupe un des foyers de l'ellipse, et, par conséquent, à une certaine époque de son parcours, elle est à son apogée, c'est-à-dire à son plus grand éloignement du soleil, et à une autre époque, à son périgée, c'est-à-dire à sa plus courte distance » ?



UN PROBLÈME GNOMONIQUE

UN RELEVÉ DE NAVIGATION QUI POSE PROBLÈME...

Une énigme inspirée par la lecture du « Cayez de navigation », un manuscrit du marin normand Jean-Baptiste Le Grip (1762), où il est écrit « Ayant observé le Soleil se levant sur mon compas de l'Est vers le Sud de 60° et au soir je l'ai observé en se couchant de l'Ouest vers le Sud de 30°... ». Comment peut-on expliquer que les directions du lever et du coucher du Soleil ne soient pas symétriques par rapport à la boussole (le compas), pour un lieu donné ?

¹ <https://nutrisco-patrimoine.lehavre.fr/ark:/12148/btv1b10480470n.r=Ms%20G%20001?rk=21459;2>



SOLUTIONS DES JEUX ET ÉNIGMES

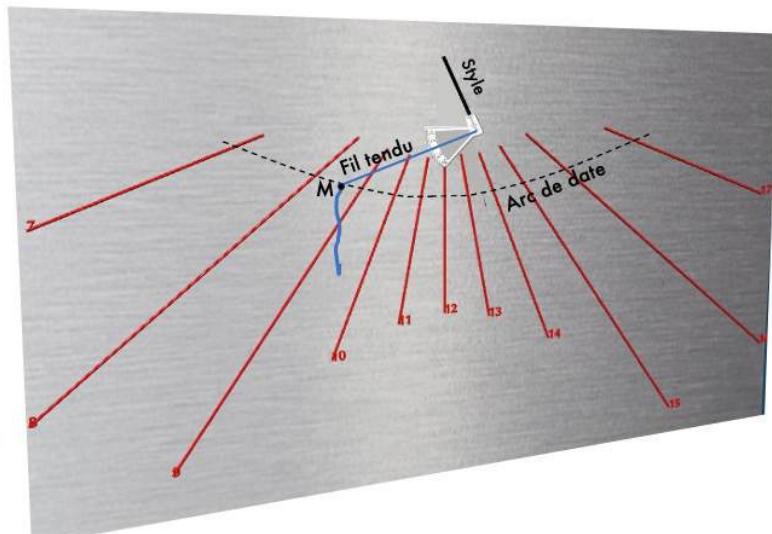
UNE DEVINETTE

Ce n'est pas l'Everest (illustrant la question) à la frontière de la Chine et du Népal, qui est pourtant le plus haut sommet du monde, culminant à 8 849 m au-dessus du niveau de la mer, mais le Chimborazo (photo ci-dessous), volcan d'Équateur qui ne culmine qu'à 6 263 m d'altitude ! Car la Terre n'est pas une sphère parfaite mais un ellipsoïde dont le rayon est d'environ 21 km plus important à l'équateur qu'aux pôles. Et comme le Chimborazo se situe près de l'équateur, son sommet est à 6 384 km environ du centre de la Terre alors que l'Everest en est distant de 6 383 km environ. Une devinette facile peut-être mais qui permet de rappeler que notre chère planète n'est pas un sphéroïde...



UNE ÉNIGME

Cet instrument servait notamment à tracer des arcs de date, comme représenté sur le schéma ci-dessous (tracé du cadran par CadsolOnlline <https://cadsolonline.web-pages.fr/>). L'instrument était fixé à l'extrémité du style et un fil était tendu jusqu'à la table du cadran, passant par la graduation de l'arc de cercle correspondant à la date choisie (c'est-à-dire à la déclinaison du Soleil à cette date, supposée constante toute la journée). On traçait le point M sur le cadran et, en faisant pivoter l'instrument autour du style, l'ensemble des points M donnait l'arc de date voulu. Astucieux, non ?



SOLUTIONS DES JEUX ET ÉNIGMES

UN TEST RAPIDE

Vous pourriez tout d'abord remarquer que terre et soleil doivent prendre des majuscules mais ne relèverez pas ces typos, considérant que les termes ne prenaient pas de majuscule à l'époque et qu'il convenait de conserver les règles d'écriture de la fin du XIX^e siècle. De même jugeriez-vous que « mécanique céleste » est plus précis que « mécanique rationnelle » mais là encore laisserez le texte sans commentaire. En revanche vous ne laisseriez pas passer que « la terre occupe un des foyers de l'ellipse » : c'est bien entendu le Soleil qui occupe un des foyers et l'on doit dès lors parler d'aphélie et de périhélie et non d'apogée et de périogée ! Gros moment de distraction quand Jules Verne a écrit ces lignes ?

À noter que l'ellipse est en fait peu prononcée (proche d'un cercle) même si elle apparaît dans la vue en perspective ci-dessous comme très prononcée, que l'éloignement du Soleil du centre de l'ellipse a été exagéré et qu'enfin, le Soleil et la Terre ne sont pas représentés à l'échelle.



UN PROBLÈME GNOMONIQUE

Ce n'est pas à proprement parler un problème de gnomonique mais un problème dont la solution doit être bien à l'esprit de tous les gnomonistes qui utilisent des boussoles...

L'énoncé du problème peut surprendre, puisque la direction du Soleil au lever doit être éloignée du sud du même angle (son azimut) que la direction du coucher (si l'on néglige la variation de déclinaison du Soleil au cours de la journée). La clef de l'énigme réside dans le décalage entre le sud magnétique pointé par la boussole et le sud géographique (en pointillés sur la figure 1). Appelé de nos jours « déclinaison magnétique » (à l'époque de Le Grip : « variation de l'aimant »), ce paramètre évolue selon le lieu où l'on se trouve ainsi qu'au fil du temps (voir figure 2) ; la méthode exposée ici par ce marin était précisément le moyen de déterminer ce décalage grâce au Soleil.

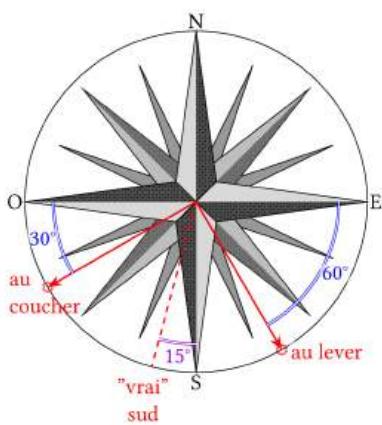


Fig. 1

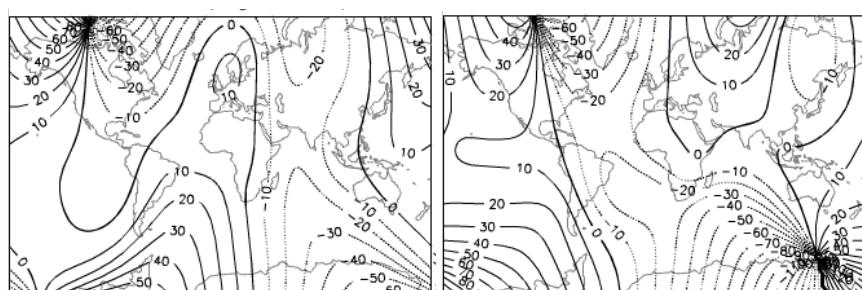
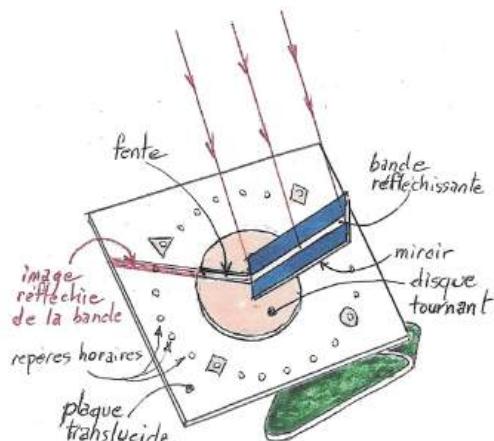
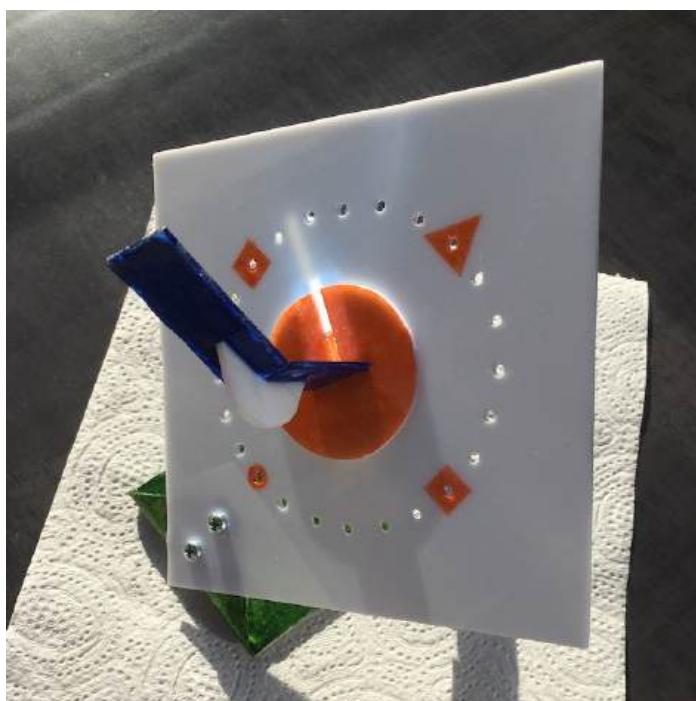


Fig. 2
La déclinaison magnétique dans le monde en 1592 (à gauche) et 1990. Aujourd'hui, en France métropolitaine, elle est proche de 0° et varie peu (de l'ordre de 0,14° par an).

RÉFLEXION

Cette page du magazine est traditionnellement consacrée à l'une des créations du prolifique gnomoniste-cadraniere 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.

À noter que le style de ce cadran équatorial a été, lors de sa réalisation, incliné à chacune de ses extrémités afin de permettre une lecture plus précise autour des équinoxes.



Cadrans de type "équatorial"

Le miroir est solidaire du disque .

tourner le disque jusqu'à ce que l'image réfléchie de la bande soit juste dans la fente du disque.

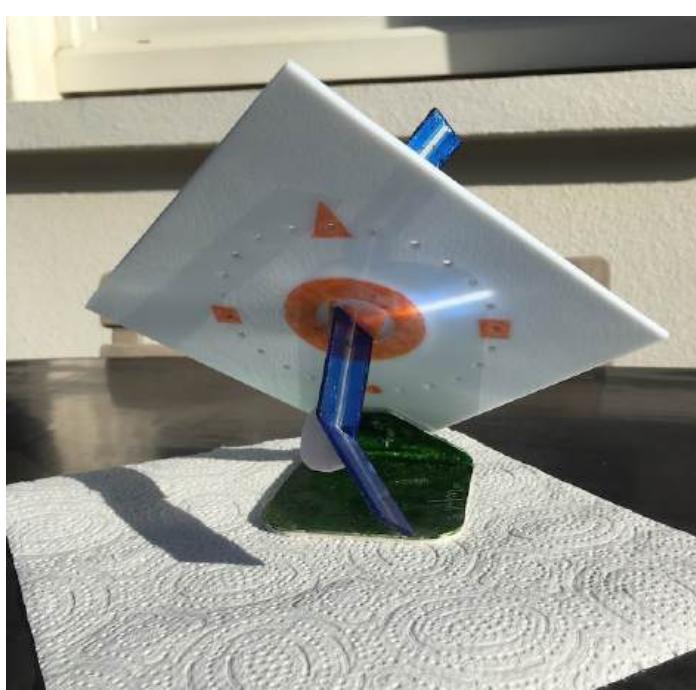
L'heure solaire est alors indiquée par la position de l'image dans les repères horaires.

Sur le croquis ci-dessus on lit 11 h.

La translucidité de la plaque permet d'observer l'image lumineuse pendant la période "automne-hiver" quand le soleil est sous le plan équatorial.

Nota : appareil réglable en latitude grâce à son pied "flexible"

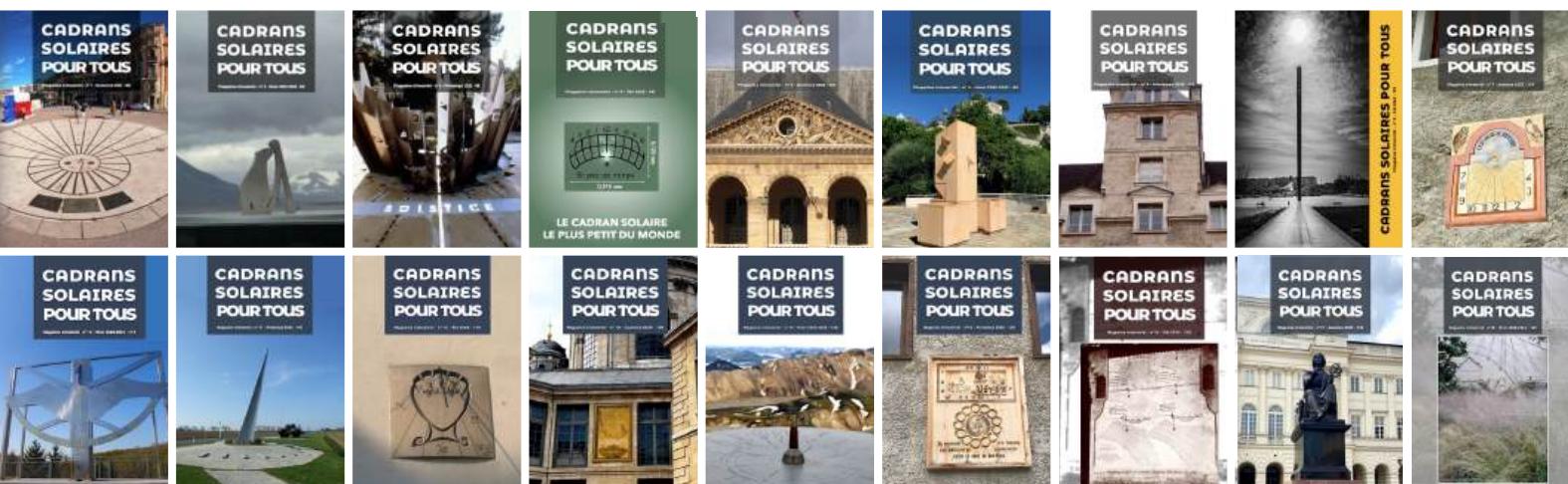
c.gahon



CRÉDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS



- Couverture : Photo Esteban Martínez Almirón
- Page 2 : Dessin d'Esteban Martínez
- Page 3 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Jan Jan Van Der Vyver - Fichier : Red Moon (47333058).jpeg - Licence CC BY-SA 3.0)
- Page 6 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Jack Weir - Fichier : Land on the Moon 7 21 1969-repair.jpg - Domaine public) - Photo Francesc Clarà - Photo NASA (domaine public)
- Page 7 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Sascha Kohlmann - Fichier : Man Reading Newspaper (92181097).jpeg - Illustration extraite du site mentionné - Photo extraite du site mentionné.
- Pages 8-9 : Avec l'aimable autorisation du Musée archéologique régional Antonino Salinas de Palerme
- Page 11 : Photos mises à disposition par l'auteur
- Pages 12-13 : Illustrations Henri Gagnaire - Photo Yves Opizzo
- Pages 14-15 : Illustrations et photos David Alberto
- Page 17 : Illustrations Francis Reymann et Roger Torrenti
- Pages 18-21 : Illustrations et photos Yves Opizzo
- Pages 22-23 : Illustrations Yvon Massé
- Pages 24-25 : Photo Pierre-Louis Cambefort - Illustrations Pierre-Louis Cambefort et Roger Torrenti
- Pages 27-29 : Photos mises à disposition par l'auteur
- Pages 30-31 : Illustrations Ferdinando Roveda
- Pages 32-33 : Photos mises à disposition par l'auteur
- Pages 34-35 : Photo mise à disposition par Eduardo Lavilla - Illustrations Roger Torrenti
- Page 36 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Luca Galuzzi - Fichier : Everest North Face toward Base Camp Tibet Luca Galuzzi 2006 edit 1.jpg - Licence CC BY-SA 3.0) - Illustration extraite du livre de René R. J. Rohr « Les cadrans solaires » (Gauthier-Villard -Éditeur, 1965)
- Page 37 : Document Arvensa Éditions - Illustration extraite du livre cité
- Page 38 : Document Wikimedia Commons (Auteur : David Torres Costales / Riobamba - Fichier : David Torres Costales Chimborazo Riobamba Ecuador Montaña Mas Alta del Mundo.jpg - Licence CC BY-SA 4.0 International) - Illustration Roger Torrenti
- Page 39 : Illustration Roger Torrenti - Illustration David Alberto - Illustration extraite du site <https://www.geomag.nrcan.gc.ca>
- Page 40 : Photos et illustration Claude Gahon
- Page 41 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Moussa Kalapo - Fichier : Femmes Photographes.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 43 : Illustration Yves Opizzo (source Columbus Verlag)
- Page 44 : Photo Vicente Javier Fernandez Gallego



« *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 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 : décembre 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

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

A compilation of all issues can also be downloaded from

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

The paper version of each issue can also be ordered from

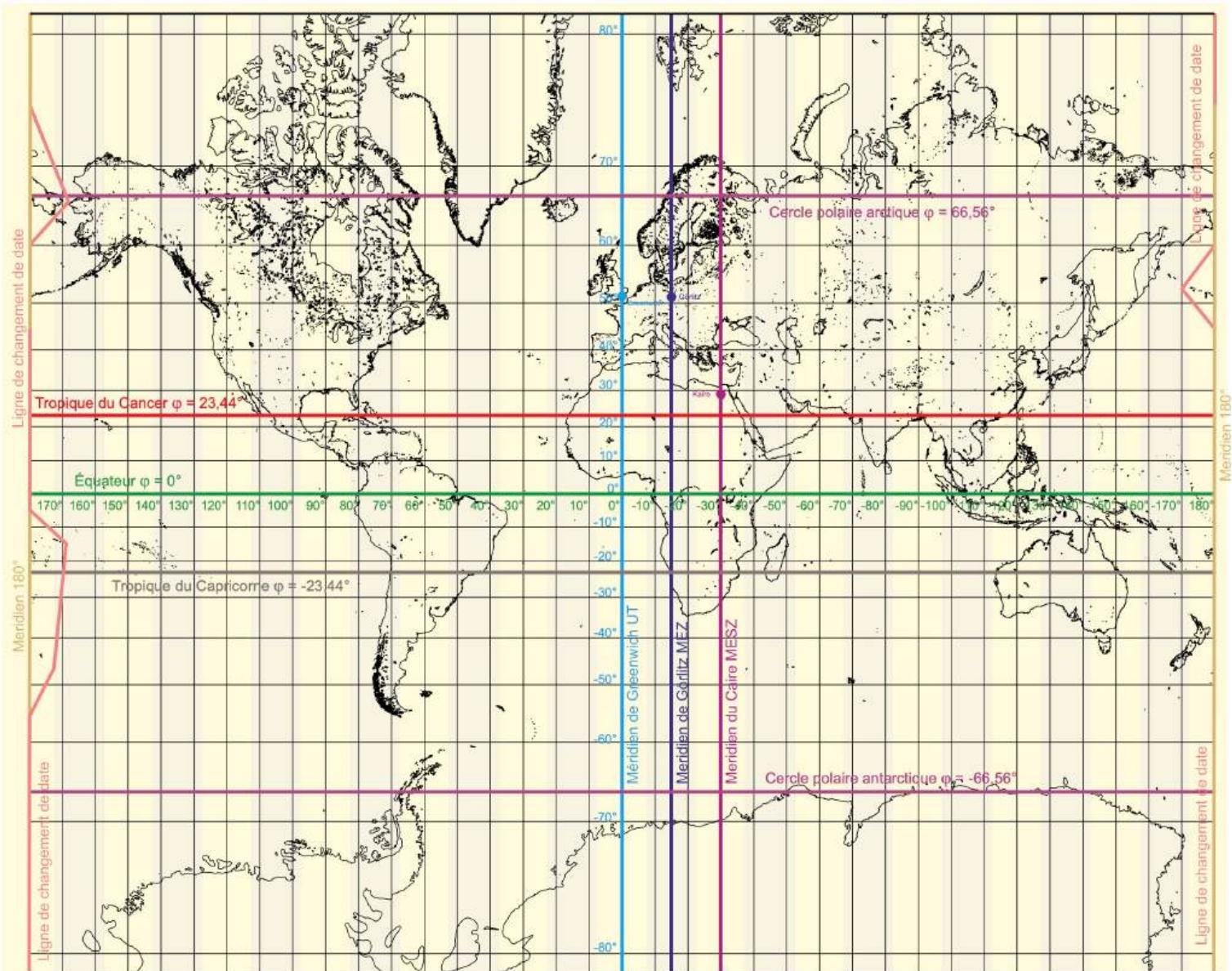
<https://www.lulu.com/search?adult audience rating=00&page=1&pageSize=10&q=roger+torrenti>

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

BNF Legal deposit: December 2025

ISSN 2824-057X

Contact : contact@cadrans-solaires.info



ANAT	NT	HST	AKST	PST	MST	CST	EST	AST	WGT	GST	AT	GMT	MEZ	EET	BT	SAMST	PKT	LKT	WIT	CST	JST	GST	MAGT
Anadyr Time	Norme Time	Hawai Standard Time	Alaska Standard Time	Pacific Standard Time	Mountain Standard Time	Central Standard Time	Eastern Standard Time	Atlantic Standard Time	Western Greenland Time	South Georgia Time	Azores Time	Greenwich Mean Time	Weltzeit/Ortsliche Zeit	Eastern European Time	Beograd Time	Samara Standard Time	Pakistan Time	Shri Lanka Time	West Indonesian Time	China Standard Time	Japan Standard Time	Guam Standard Time	Magadan Standard Time

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. Ce poster représente une très précise carte du monde selon une « projection Mercator », projection cylindrique tangente à l'équateur terrestre. Ces cartes sont d'un grand intérêt pour la navigation car une telle projection conserve les angles (mais elle entraîne des déformations sur les distances et les aires au fur et à mesure de l'éloignement de l'équateur vers les pôles). Les fuseaux horaires théoriques sont légèrement teintés en beige et en jaune pour la clarté de la vision. Les véritables fuseaux sont parfois très irréguliers et connaissent fréquemment des changements, ce qui exclut la possibilité d'une carte permanente...

PAGE SUIVANTE - Photo arrivée en seconde position de notre concours 2025. Elle est signée Vicente Javier Fernandez Gallego (vifphoto@gmail.com) et a été prise le 15 juillet 2024 Via Cesare Battisti à Monclassico en Italie. Le cadran solaire (vertical déclinant) a été conçu par Alberto Cintio et dessiné par Elio Roberti.



ISSN 2824-057X