

CADRANS SOLAIRES POUR TOUS

Magazine trimestriel - n° 11 - Printemps 2024 - 11€



CONTENTS

- [4](#) Credits
- [5](#) Editorial
- [6](#) News
- [8](#) **Polyhedral dials by ray tracing - Jean-Luc Astre**
Jean-Luc Astre had, in issue no. 5 of this magazine, announced that his Cadsol software was now available online and then described, in issue no. 9, the "ray tracing" tracing algorithm. From now on, this free software is open to polyhedral dials!
- [10](#) **Discovering the sundials of Calvados - Pascal Gastin**
Land of history and memory, Calvados is also a territory rich in sundials that Pascal Gastin invites you to discover through this article but also through "discovery walks" designed by his astronomy club, "La GIRAFE".
- [12](#) **A mysterious dial - Yvon Massé**
Are you convinced that the shadow of the style of a sundial, invariably, rotates regularly, in the same direction, on the table of the dial? This article will convince you that this is not always the case!
- [14](#) **A large protractor for finding true north - Yves Opizzo**
Accurately orienting a sundial relative to the north-south direction is essential for most sundials. Yves Opizzo invites us here to make and use a large protractor and guarantees you an accuracy of ten seconds of time for your dial, if it is precisely traced of course...
- [16](#) **Sundials with sidereal hours - Pierre-Louis Cambefort**
Do you know the "sidereal hours" and could you design a sidereal hour sundial? You will find the answers to your possible questions on these two pages.
- [18](#) **Astronomical navigation instruments (2/2) - Pierre-André Reymond**
Here is the continuation of the article published in the previous issue of the magazine, in which Pierre-André Reymond invited us to discover astronomical navigation instruments, whose history took place in parallel with that of sundials...
- [20](#) **The Phenomena of Aratus, an astonishing... publishing phenomenon (1/2) - Michèle Tillard**
You can certainly cite several publishing successes from memory, but do you know the one experienced by The Phenomena of Aratus at the end of the 3rd century BC, in which a poet uses astronomy to decipher the signs of Zeus? Michèle Tillard presents this work to us...
- [22](#) **Let's imagine... a horizontal height dial - Roger Torrenti**
What if you let your imagination run wild to design or even build a non-traditional sundial? This is an exercise that Roger Torrenti invites us to do in this article.
- [24](#) **An Apian universal dial to print - David Alberto**
David Alberto offers us here to reproduce a portable altitude-based sundial designed 500 years ago... The layout is provided, little material is needed and assembly is easy. Up to you !
- [26](#) **A brief history of Hungarian sundials - Géza Marton**
Do you know that Hungary is a country rich in sundials? Géza Marton gives you an overview of this heritage, which will perhaps encourage you to go and admire some of these dials during your next stay in his country...
- [28](#) **Sundials in schools in Togo - Doh Koffi Addor**
A West African country, close to the equator and extending over 550 km practically along the Greenwich meridian, Togo will soon have its first sundial and the author of the article, at the origin of this project, presents his efforts and preliminary actions to make it happen.
- [30](#) **Sundials, puzzles and video games - Alix Loiseleur des Longchamps**
Do you think the interest in sundials is reserved for a few enthusiasts and amateurs? Think again ! This magnificent object is seen and used by hundreds of millions of people, thanks to... video games.
- [32](#) **The Clea, an association that lives to the rhythm of the Sun - Frédéric Pitout**
Teachers play an important role in transmitting knowledge of astronomy. It is from this conviction that Clea was created and that it develops its actions, particularly concerning sundials.
- [34](#) **Games and puzzles**
- [36](#) **Solutions to games and puzzles**
- [38](#) **Manhattan - Claude Gahon**



SOMMAIRE

- [4](#) Crédits photos et illustrations
- [5](#) Éditorial
- [6](#) Actualités
- [8](#) Cadres polyédriques par tracé de rayon - Jean-Luc Astre
- [10](#) À la découverte des cadrans solaires du Calvados - Pascal Gastin
- [12](#) Un cadran mystérieux - Yvon Massé
- [14](#) Un grand rapporteur pour trouver le nord géographique - Yves Opizzo
- [16](#) Cadres solaires à heures sidérales - Pierre-Louis Cambefort
- [18](#) Instruments de navigation astronomique en mer (2/2) - Pierre-André Reymond
- [20](#) Les *Phénomènes d'Aratos*, un étonnant phénomène... d'édition (1/2) - Michèle Tillard
- [22](#) Imaginons... un cadran de hauteur horizontale - Roger Torrenti
- [24](#) Un cadran universel d'Apian à imprimer - David Alberto
- [26](#) Petite histoire des cadrans solaires hongrois - Géza Marton
- [28](#) Des cadrans solaires dans les écoles du Togo - Doh Koffi Addor
- [30](#) Cadres solaires, énigmes et jeux vidéo - Alix Loiseleur des Longchamps
- [32](#) Le Clea, une association qui vit au rythme du Soleil - Frédéric Pitout
- [34](#) Jeux et énigmes
- [36](#) Solutions des jeux et énigmes
- [38](#) Manhattan - Claude Gahon

Photo de couverture : à Lion-sur-Mer dans le Calvados (région très riche en cadrans solaires, voir p. 10-11), près d'une plage du débarquement du 6 juin 1944, un cadran horizontal monumental commémore l'événement : l'heure du débarquement est indiquée par une plaque que l'ombre du gnomon recouvre à l'heure dite.

Ci-dessus : le mercredi 20 mars est, cette année, la date de l'équinoxe de printemps. Équinoxe de printemps ou d'automne, journée si particulière dans l'année où, en tout point de notre planète, les jours et les nuits ont la même durée, de 12 h, ce que l'illustration permet de comprendre. En tout point ? Pas tout à fait bien sûr, car si vous avez la chance d'être ce jour-là au pôle Nord ou au pôle Sud, vous verrez le Soleil tourner autour de vous pendant 24 h, sans quitter la ligne d'horizon...

CRÉDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS



- Couverture : Photo Evelyne Tricot
- Page 2 : Photo Roger Torrenti
- Page 3 : Illustration Roger Torrenti
- Page 4 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Moussa Kalapo - Fichier : Femmes Photographes.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 6 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Jack Weir - Fichier : Land on the Moon 7 21 1969-repair.jpg - Domaine public) - Photo <https://fr.freepik.com/> - Photos extraites des sites mentionnés
- Page 7 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Sascha Kohlmann - Man Reading Newspaper (92181097).jpeg - Licence CC BY-SA 3.0) - Image extraite du site mentionné - Image extraite du site <https://cartecs.web-pages.fr> - Photos extraites des sites mentionnés
- Pages 8 et 9 : Illustrations Jean-Luc Astre
- Pages 10 et 11 : Illustration et photos mises à disposition par Pascal Gastin (photos personnelles et issues du site <http://michel.lalos.free.fr/>)
- Pages 12 et 13 : Photos Yvon Massé
- Pages 14 et 15 : Photos et illustration Yves Opizzo
- Pages 16 et 17 : Illustration Roger Torrenti - Photo Yves Opizzo - Photo extraite du site <http://michel.lalos.free.fr/> - Illustration David Alberto - Illustration Pierre-Louis Cambefort
- Pages 18 et 19 : Illustrations et photos mises à disposition par l'auteur
- Pages 20 et 21 : Document Wikimedia Commons (Fichier : Aratos von Soloi.jpg - Domaine public) - Document Wikimedia Commons (Auteur : Tfr000 - Fichier : Earth within celestial sphere.gif - Licence CC BY-SA 3.0)
- Pages 22 et 23 : Illustrations Roger Torrenti - Photo extraite du site http://michel.lalos.free.fr/cadrans_solaires/
- Pages 24 et 25 : Document Wikimedia Commons (Fichier : Peter Apian.jpg - Domaine public) - Illustrations David Alberto
- Pages 26 et 27 : Photos mises à disposition par l'auteur
- Pages 28 et 29 : Copie d'écran Google Maps - Photos Doh Koffi Addor
- Pages 30 et 31 : Copies d'écran des jeux vidéo cités
- Pages 32 et 33 : Photos mises à disposition par l'auteur
- Page 34 : Illustration David Alberto - Illustration Francis Reymann
- Page 35 : Photo Karin Rø extraite du site <https://www.visitnorway.com> - Document Wikimedia Commons (Auteur : Graham Curran - Fichier : Null Island 2017.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 36 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Francesco Villamena - Fichier : Christopher Clavius.jpg - Domaine public) - Illustration Francis Reymann
- Page 37 : Illustration Roger Torrenti
- Page 38 : Photos et illustration Claude Gahon
- Page 39 : Photo Roger Torrenti
- Page 40 : Photo Roger Torrenti - Gros plan : document Wikimedia Commons (Auteur : Kergeo - Fichier : Temple of Apollo (7238818732) détail.jpg - Licence CC BY-SA 2.0)



ÉDITORIAL

Cadrans solaires pour tous évolue... avec pour objectif d'être encore plus adapté aux attentes exprimées par ses lecteurs.

Tout d'abord, à l'attention de nos lecteurs anglophones de plus en plus nombreux, nous présenterons désormais en p. 2 un sommaire en anglais, accompagné des courtes présentations de chaque article (celles figurant en haut des articles en français). De même, l'éditorial du magazine sera désormais présenté en français et en anglais à cette page.

D'autre part, les pages *Zoom sur* ont été supprimées ainsi que les pages *Actualités* fondées sur des tweets sélectionnés du compte Twitter @MOOC_CS. À leur place, deux nouvelles pages *Actualités* (p. 6 et 7) présentent des actualités (voire des informations classées précédemment dans *Zoom sur*) de façon plus détaillée. On trouvera notamment dans les *Actualités* de ce numéro les annonces :

- du lancement de notre Concours 2024 : règlement (français / anglais) à télécharger depuis <https://bit.ly/4b8wxq3>.
- de la *Chronologie - Gnomonique et cadrans solaires*, opuscule développé au sein du comité éditorial de façon collaborative : à télécharger depuis <https://bit.ly/3u088b>.

Enfin, les pages *La parole à un cadranier* et *La parole à un gnomoniste* ont également été supprimées : elles feront désormais l'objet d'articles plus détaillés si nécessaire.

Ainsi, le magazine pourra compter (à nombre total de pages constant) jusqu'à 2 articles complets de plus : 13 au lieu de 11 dans les numéros précédents, outre les pages *Actualités* et *Jeux et énigmes*, ainsi que celle consacrée à une réalisation de *Claude Gahon*. Nous espérons que vous apprécierez ces quelques évolutions et recevrons toujours avec grand plaisir vos commentaires et suggestions.

Un dernier point important : la cadranrière suisse Elisabeth Regamey <http://www.cadransolaire.ch/> est venue élargir et renforcer notre comité éditorial.

Roger Torrenti
Responsable éditorial

contact@cadrans-solaires.info

EDITORIAL

Cadrans solaires pour tous is evolving... with the aim of being even more adapted to the expectations expressed by its readers.

First of all, taking into account the growing number of English-speaking readers, we will now present on p. 2 a summary in English, accompanied by short introductions to each article (those appearing at the top of the French articles). Likewise, the magazine's editorial will now be presented in French and English on this page.

Moreover, the *Zoom on* pages have been removed as well as the *News* pages based on selected tweets from the @MOOC_CS Twitter account. Replacing them, two new *News* pages (p. 6 and 7) present news (or information previously devoted to the *Zoom on* pages) in more detail. You will find in particular in the *News* of this issue the announcement of :

- the launch of our 2024 Sundial Contest : detailed contest rules (in French and English) downloadable from <https://bit.ly/4b8wxq3>.
- *Chronology - Gnomonics and sundials a booklet* developed collaboratively within the magazine's editorial committee : a document (in French) freely downloadable from <https://bit.ly/3u088b>.

Finally, the pages *The floor to a sundial maker* and *The floor to a gnomonicist* have also been put aside : they will now be the subject of more detailed articles whenever necessary.

With this development, the magazine will count (at a constant total number of pages) up to 2 more complete articles : 13 instead of 11 in previous issues, in addition to the *News* and *Games and puzzles* pages, as well as the one devoted to a sundial created by *Claude Gahon*. We hope you will appreciate this evolution and will always welcome your comments and suggestions.

A last important point : the Swiss dial maker Elisabeth Regamey <http://www.cadransolaire.ch/> has joined to expand and strengthen our editorial committee.

Roger Torrenti
Editorial manager

ACTUALITÉS



CONCOURS 2024

Le *Concours international Cadrans solaires pour tous 2024* est lancé ! Cette année, le thème sera... littéraire ! Pour concourir vous devrez soumettre une courte nouvelle (moins de 2 pages) ou un poème ayant pour thème un cadran solaire, voire simplement une devise de cadran solaire que vous aurez imaginée.

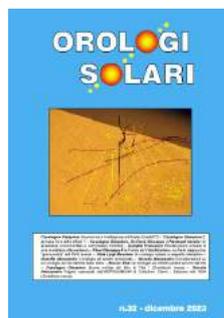
Les participants devront envoyer leur candidature par email avant le 1^{er} novembre 2024 à l'adresse concours@cadrans-solaires.info. Un jury, réunissant les membres du Comité éditorial du magazine, se réunira début novembre 2024 et sélectionnera les lauréats, qui seront dévoilés et mis en valeur dans le n°14 du magazine à paraître en décembre 2024.

Le règlement détaillé du Concours 2024 peut être téléchargé, en français ou en anglais, à l'adresse <https://bit.ly/4b8wxq3>.



OROLOGI SOLARI

Connaissez-vous la revue *Orologi Solari* préparée par un groupe de spécialistes et passionnés italiens ? Elle paraît trois fois par an, contient d'intéressants articles et peut être téléchargée gratuitement à l'adresse <https://www.orologisolari.eu>. Si vous ne maîtrisez pas l'italien, tentez de saisir, grâce aux images et illustrations, le sens des articles ou... utilisez les outils gratuits de traduction automatique en ligne !



LE GOÛT DU TEMPS

Alix Loiseleur des Longchamps, membre du comité éditorial du magazine, a repéré un petit livre indispensable à ceux qui, au-delà de la mesure du temps par la position du Soleil, s'intéressent également à la notion même de temps. L'ouvrage, intitulé *Le goût du temps*, se présente sous la forme de courts textes de philosophes, romanciers et poètes, brièvement (mais brillamment) introduits et commentés par Brigit Bontour. On passe d'Aristote à Zweig, de Kant à Léo Ferré, de Proust à Modiano, de Perec à Élisabeth de Fontenay, etc. Très agréable à lire et plein d'enseignements. Paru en mai 2023, édité par Mercure de France, il coûte moins de 10 € en format poche.



LE PLUS GRAND DU MONDE ?

Il y a déjà quelques mois était annoncé le projet (photo) de « L'arche du temps », développé à Houston (Texas), dont la réalisation intègrerait « le plus grand cadran solaire du monde ». Méritera-t-il ce titre une fois réalisé ? En tout cas, on ne peut que saluer cette initiative de Land Art Generator (<https://landartgenerator.org/>), une organisation encourageant la créativité aux croisements de l'engagement citoyen, de l'art public, de l'urbanisme soutenable, et des énergies renouvelables. Qu'elle puisse inspirer d'autres réalisations de cadrans solaires monumentaux dans l'espace public !

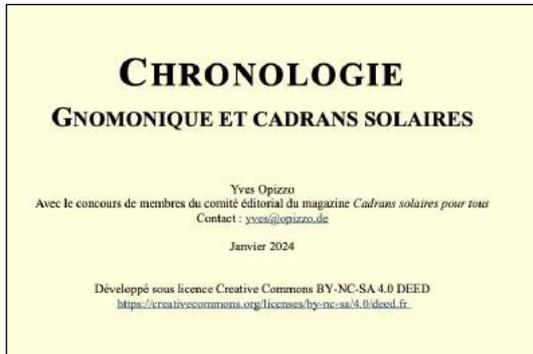




ACTUALITÉS

CHRONOLOGIE

C'est le titre d'un opuscule de 17 pages, fruit d'un nouveau travail collaboratif au sein du comité éditorial de ce magazine, après le *Glossaire* qui vous a été proposé dans le numéro précédent. Une version initiale de cette chronologie était incluse dans un ouvrage d'Yves Opizzo paru il y a une trentaine d'années. Le comité éditorial a, fin 2023, examiné en détail ce travail et suggéré modifications et compléments. La nouvelle version, qui peut être téléchargée via le lien <https://bit.ly/3u088bW>, n'est pas pour autant figée et chaque personne parcourant cet opuscule est invitée à suggérer modifications ou compléments à Yves Opizzo (yves@opizzo.de), voire à considérer ce travail comme une base et constituer une chronologie sensiblement différente, ce que la licence qui a été choisie (BY-NC-SA 4.0 DEED) permet de faire !



UN WORLD SUNDIAL DAY ?

Esteban Martínez relojandalusi@gmail.com vient de lancer une belle initiative : promouvoir l'instauration d'une *Journée mondiale des cadrans solaires* qui se tiendrait, chaque année, à l'équinoxe de printemps. Pour plus de détails et soutenir ce projet, voir www.relojandalusi.org.



UNE APPLICATION SIMPLE MAIS BIEN UTILE

L'application en ligne (gratuite) <https://heuresolaire.com/> vous donne l'heure solaire. Pratique pour notamment positionner un cadran solaire ou vérifier la précision d'un cadran existant, sans avoir recours à la formule de conversion heure légale - heure solaire. L'application reconnaît vos coordonnées géographiques mais vous pouvez également saisir ces valeurs.



ÉPHÉMÉRIDES 2024

Vous avez besoin des valeurs précises de l'équation du temps et de la déclinaison du Soleil pour chaque jour de l'année 2024 ? Pierre-Louis Cambefort, membre du comité éditorial du magazine, a préparé, comme il le fait chaque année, ce qu'il vous faut : le tableau ci-contre, téléchargeable en bonne qualité via <https://bit.ly/495JOEt>

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2024	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

34 000

Ou plus exactement 33 925... C'est le nombre de cadrans solaires répertoriés en France dans le dernier inventaire (données d'octobre 2022) de la Commission des cadrans solaires de la SAF, dans le cadre d'un travail long et minutieux piloté par Serge Gregori. Pour plus de détails, voir <https://ccs.saf-astronomie.fr/>



CADRANS POLYÉDRIQUES PAR TRACÉ DE RAYON

Jean-Luc Astre

Jean-Luc Astre avait, dans le n°5 de ce magazine, annoncé que son logiciel Cadsol était désormais disponible en ligne¹ et avait ensuite décrit, dans le n°9, l'algorithme de tracé par « lancer de rayons »² (ray tracing en anglais). Désormais, ce logiciel gratuit s'ouvre aux cadrans polyédriques !

Les cadrans solaires polyédriques présentent un cadran solaire sur chacune des faces d'un polyèdre (un article³, paru dans la revue Cadran-Info, donnera aux lecteurs une vision plus détaillée de l'histoire, des caractéristiques et de la construction de tels cadrans).

Les techniques de tracé par lancer de rayons permettent de tracer les lignes horaires et les arcs diurnes sans se préoccuper de formules mathématiques complexes. Il suffit de connaître les coordonnées 3D de chaque sommet, d'orienter le polyèdre, et de mettre en place un gnomon sur chaque face. Le menu de CadsolOnline⁴ contient toutes les commandes nécessaires. Il est complété par des vidéos de démonstration de l'auteur.

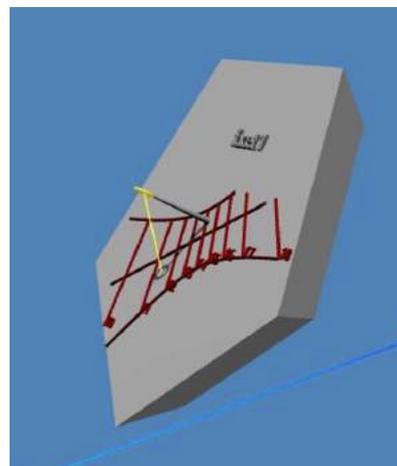
Les coordonnées 3D des polyèdres⁵ sont lues dans un fichier json contenant (actuellement) les données pour : les 5 solides de Platon, les 13 solides d'Archimède, les 8 prismes droits, les 8 anti-prismes, et les 92 solides de Johnson^{6,7}. À titre d'exemple, voici des données pour le tétraèdre régulier (4 sommets) :

```
Tetrahedron : {  
  "name": "Tetrahedron",  
  "category": ["Platonic Solid"],  
  "vertex": [[0,0,1.732051],[1.632993,0,-  
0.5773503],[-0.8164966,1.414214,-0.5773503],[-  
0.8164966,-1.414214,-0.5773503]], // 4 sommets  
  "edge": [[0,1],[0,2],[0,3],[1,2],[1,3],[2,3]], //  
6 arêtes  
  "face": [[0,1,2],[0,2,3],[0,3,1],[1,3,2]] //4  
faces
```

Ligne « vertex » : les coordonnées 3D des sommets
Ligne « face » : les index de chaque face. Par exemple, la deuxième face a pour sommets les vertex 0, 2 et 3 (la numérotation des tableaux commence à 0)

Cette base de données a été établie par le professeur Lee Stemkoski⁸ (Professor of Mathematics and Computer Science, Adelphi University, New York).

Pour modéliser d'autres polyèdres, il suffit d'ajouter les données des objets json correspondants.



Le logiciel doit pouvoir tracer un cadran solaire sur chaque face du polyèdre, sans déborder sur les autres faces. Chaque face est modélisée par une pyramide tronquée dont le sommet est le centre de symétrie du polyèdre.

Par exemple, pour un dodécaèdre (12 faces pentagonales) chaque face est représentée par un solide limité par 2 pentagones (un extérieur, un intérieur) et 5 trapèzes (voir la vue en perspective ci-dessus). Le maillage (mesh) de chaque face est généré par l'algorithme de l'enveloppe convexe⁹ (Quickhull algorithm).

Le polyèdre est donc subdivisé en autant de solides qu'il y a de faces. Les lignes horaires et les arcs diurnes sont obtenus par lancer de rayons sur chaque face.

¹ <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2022/09/mag-CSpour-tous-n5-astre.pdf>

² https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/09/mag-CSpour-tous-n9_JL-Astre.pdf

³ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2021/05/Cadran-Info_43-cadrans-polyedriques.pdf

⁴ <https://cadsolonline.web-pages.fr/>

⁵ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Poly%C3%A8dre>

⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Solide_de_Johnson

⁷ Norman W. Johnson, Convex Solids with Regular Faces, Canad.J.Math., vol. 18, 1966, p. 169-200 (DOI 10.4153/CJM-1966-021-8) Contient l'énumération originale des 92 solides.

⁸ <https://www.adelphi.edu/faculty/profiles/profile.php?PID=0372>

⁹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Enveloppe_convexe

Pour chaque face, on peut préciser :

- la hauteur, la position et la forme du gnomon,
- le texte, la position et la taille de la devise.

La vue 2D permet de visualiser et imprimer chacune des faces du polyèdre, avec ses lignes horaires et ses arcs diurnes.

Il est possible d'exporter :

- une feuille de calcul au format csv pour chaque face (coordonnées des points de tracé),
- un fichier au format svg pour chaque face (pour imprimante, fraiseuse, graveur laser etc...),
- des fichiers 3D (aux formats stl, ply, obj, gltf) pour imprimantes 3D.

Ces fichiers peuvent être lus par les logiciels correspondant à leur format respectif.

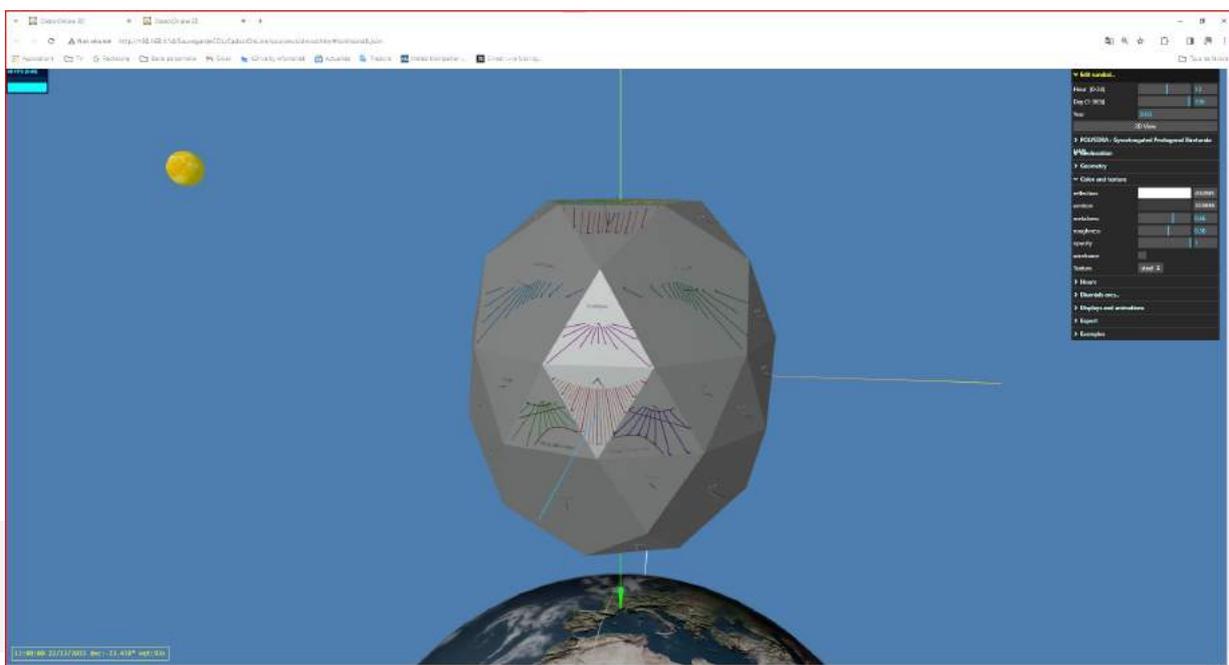
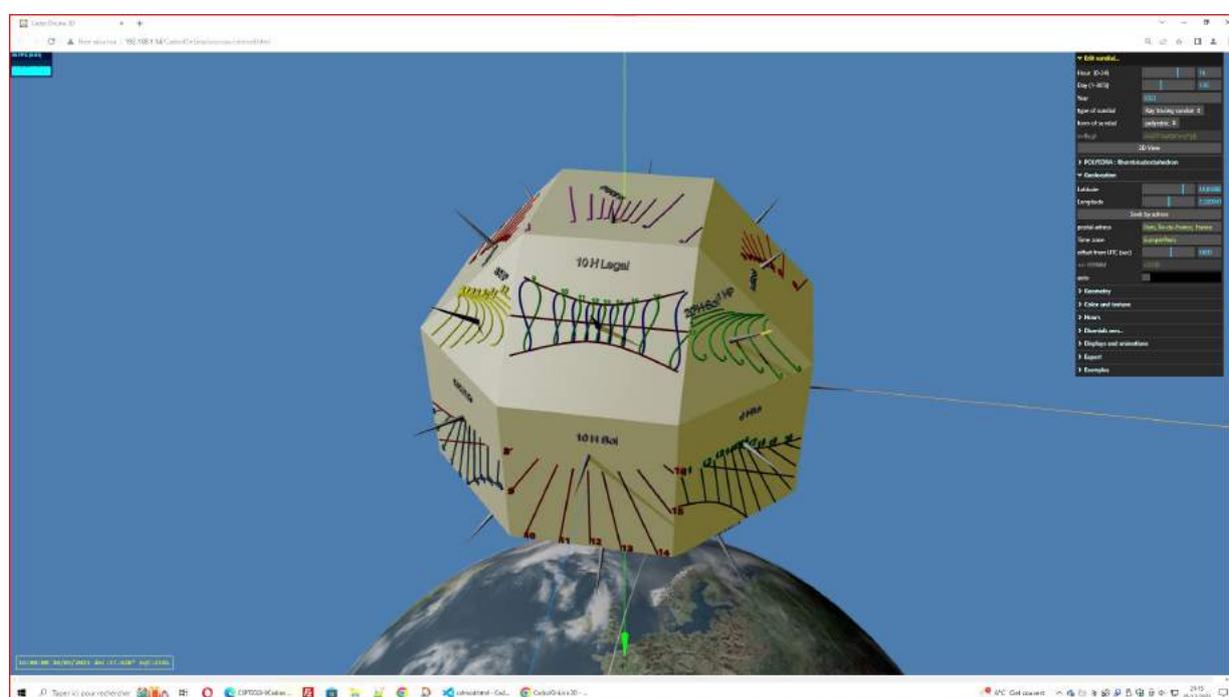
Le logiciel est libre et open source.

Site web : <https://cadsolonline.web-pages.fr>

Sources : <https://github.com/cadsol/CadsolOnLine>

Remerciements à Yvon Massé pour sa relecture attentive du code et les nombreux tests du logiciel.

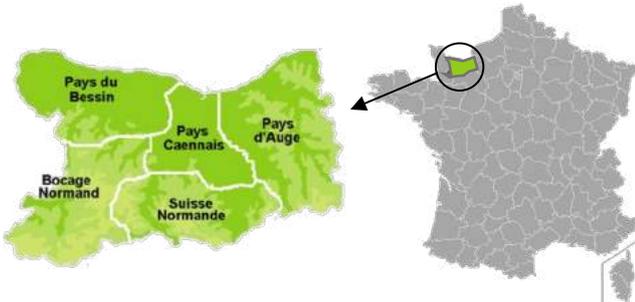
Jean-Luc Astre jeanluc.astre@gmail.com, membre du comité éditorial de ce magazine, a été un professeur de mathématiques (en lycée) s'intéressant à beaucoup d'autres domaines : astronomie, informatique, biologie moléculaire... Il a commencé le codage de Cadsol dans les années 90.



À LA DÉCOUVERTE DES CADRANS SOLAIRES DU CALVADOS

Pascal Gastin

Terre d'histoire et de mémoire, le Calvados est également un territoire riche en cadrans solaires que Pascal Gastin invite à découvrir par cet article mais aussi par des « balades - découverte » conçues par son club d'astronomie, « La GIRAFE ».



Le Calvados est l'un des 5 départements de la Normandie réunifiée et se divise en 5 territoires : le Bessin, la plaine de Caen, les côtes de Nacre et Fleurie, le Bocage virois, le pays d'Auge et la Suisse normande. Avec des paysages variés, ces territoires sont sillonnés par de nombreuses routes touristiques qu'il est très agréable d'arpenter, surtout aux belles saisons.

C'est depuis ses côtes qu'avait embarqué, il y a presque 1 000 ans, Guillaume « le Bâtard » pour aller conquérir le royaume d'Angleterre. Et c'est sur ces mêmes côtes que, presque 900 ans plus tard, a débarqué l'armada de la liberté, venue d'Angleterre pour libérer le vieux continent de la barbarie nazie.

Le Calvados est donc une terre d'histoire et de mémoire, mais regorge aussi de cadrans solaires. Malheureusement, les bombardements destinés à raser les principales villes lors du débarquement allié de 1944 ont détruit de nombreux cadrans, dont des joyaux de la gnomonique. Certains ont été reconstruits mais d'autres, hélas !, sont définitivement perdus.

Les cadrans solaires font partie de notre patrimoine au sens large et pourtant ils en sont un parent pauvre. Pas d'émission TV pour élire le plus beau cadran solaire de France, de lotto du patrimoine pour les sauvegarder et/ou les restaurer... Et pourtant lorsque l'on compare des photos de cadrans prises il y a 10, 15 ans ou plus avec leur état actuel, on ne peut que constater que certains sont en péril ou en train de s'effacer progressivement, et c'est bien dommage, car c'est un morceau de notre patrimoine qui se perd.

Il faut donc se réjouir du patrimoine existant et se féliciter que des cadraniers, notamment dans le Calvados, perpétuent l'art de la gnomonique,

réalisant de nouveaux cadrans et en rénovant d'autres. Mais il faut aller plus loin, vers plus de sauvegarde et de restauration, et pour cela il faut sensibiliser les propriétaires (particuliers, municipalités ou autres) de l'intérêt de ces objets qui ornent leur résidence ou les monuments qu'ils administrent.

À « La GIRAFE », nous pensons qu'il faut absolument mettre ce patrimoine en valeur et mieux le faire connaître et reconnaître auprès des personnes de notre département : les locaux, mais aussi les nombreux touristes venus découvrir et visiter ce territoire empreint d'histoire et de mémoire.

Notre club propose ainsi à ses adhérents, mais aussi à toutes les personnes intéressées, une sélection de cadrans solaires qui allie découverte du patrimoine gnomonique avec une belle balade touristique à faire à vélo, à scooter, à moto, en voiture, en minibus ou en camping-car, seul, en famille ou entre amis, mais de préférence lors d'une journée ensoleillée...

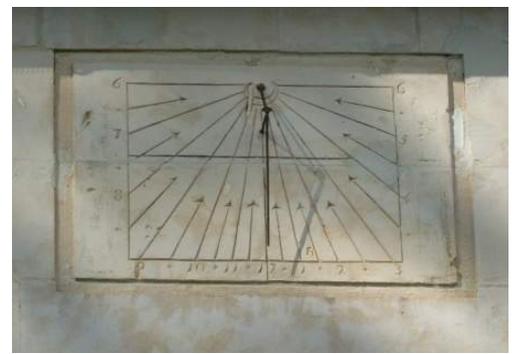
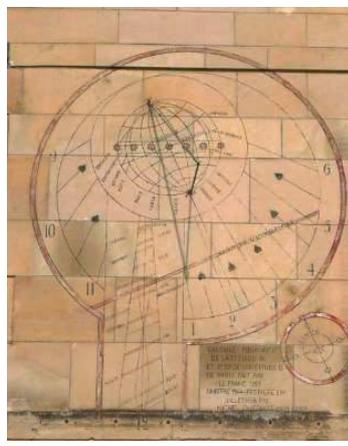
Après une première balade - découverte des cadrans solaires autour de Creully dans le Bessin, et deux balades autour de Caen les années précédentes, la GIRAFE proposera à nouveau une balade découverte autour de Thury-Harcourt, en Suisse normande, au printemps 2024. Alors n'hésitez pas à vous connecter sur le site Internet de La GIRAFE (<https://www.astroclubdelagirafe.fr/>) où vous pourrez consulter et télécharger ces « balades découvertes ». D'autres sont en cours de réalisation et vont enrichir progressivement le site pour le plus grand bonheur des amateurs de gnomonique et de belles balades touristiques...

En attendant, la couverture du magazine et les photos ci-contre vous permettront d'avoir un premier aperçu de ce que vous pourrez découvrir dans notre beau département.

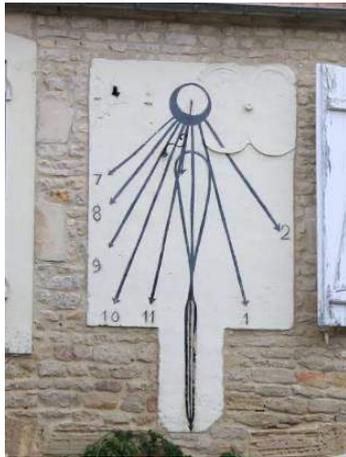
Pascal Gastin (pascal.gastin@wanadoo.fr) est cofondateur et président de l'Astro-club de la GIRAFE (ou « La GIRAFE ») à Caen, qui fêtera cette année ses 25 ans d'existence. Passionné d'astronomie, de moto et de bricolage, il conçoit et réalise télescopes et cadrans solaires.



Situé juste entre Caen et Bayeux, Bretteville l'Orgueilleuse recèle deux beaux cadrans dans sa rue principale (27 et 61 rue de Caen)



Escoville (15 rue de Troarn)



Lantheuil : 3 rue Fleurie
Cadran du matin (une bâtisse masque le Soleil l'après-midi)



Cagny : église
Daté de 1692, il donne l'équation du temps



Thury-Harcourt (église)



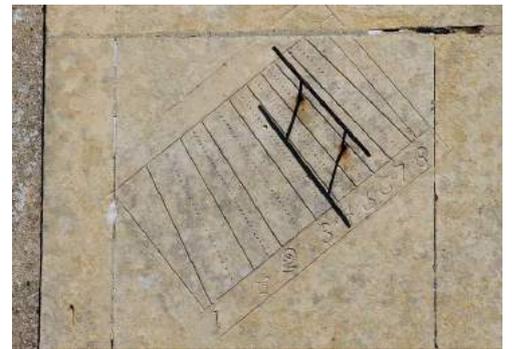
Caen : église du vieux Saint-Sauveur
8 cadrans sur la tour carrée



Le Mesnil Guillaume : RD 219 vers Lisieux
Daté de 2010, composé de 10 cadrans



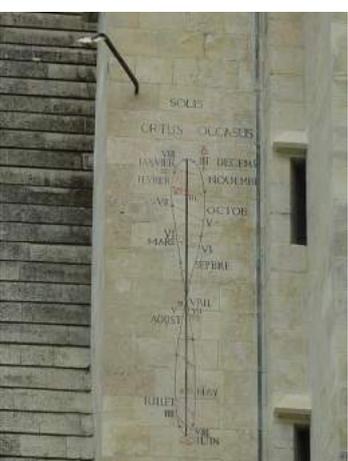
Plumetot : 18 rue Bout Basset
Daté de 1844



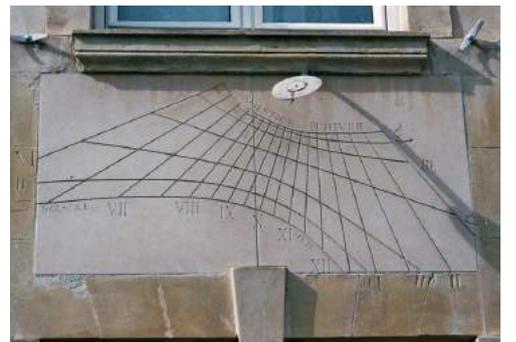
Mutrécy : église



Bayeux : 6 rue Saint-Martin



Caen : église rue Saint-Pierre
Médiannne redécouverte en 2019



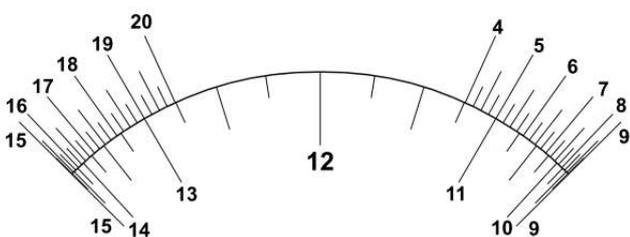
Dozulé : 137 Grande rue

UN CADRAN MYSTÉRIEUX

Yvon Massé

Vous êtes convaincu que l'ombre du style d'un cadran solaire, invariablement, tourne régulièrement sur la table du cadran, dans le même sens ? Cet article va vous prouver que ce n'est pas toujours le cas !

Ce cadran est particulièrement singulier car sa table est équatoriale, c'est-à-dire parallèle au plan de l'équateur. Dans ce cas, nous savons tous que les lignes horaires sont des plus simples à tracer avec un style polaire qui, en l'occurrence, est perpendiculaire à la table. Nous allons toutefois fortement incliner le style jusqu'à obtenir le tracé des lignes horaires suivant.



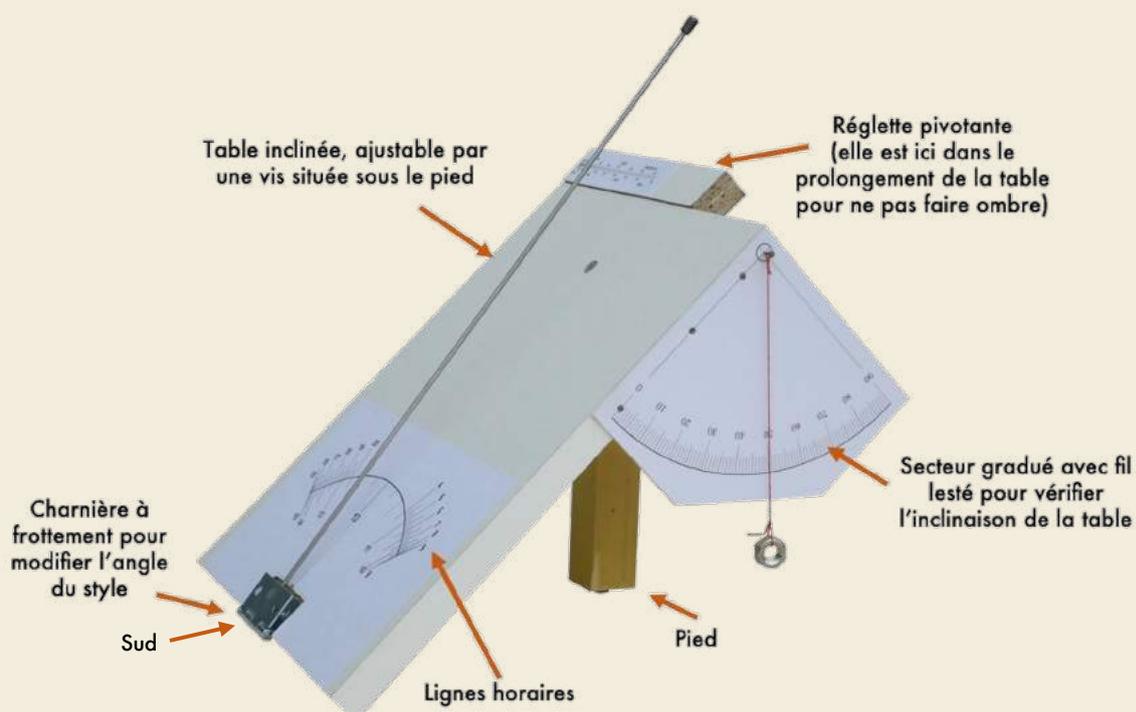
Oui, vous avez bien vu, l'ombre fera deux retours en arrière pendant la journée : ce cadran n'est pas qualifié de mystérieux pour rien ! La contrainte pour observer ce « balancement » de l'ombre sera de régler l'angle du style en fonction de la date, contrainte faible en regard du fait que ce cadran indique vraiment l'heure solaire suivant un principe parfaitement rigoureux.

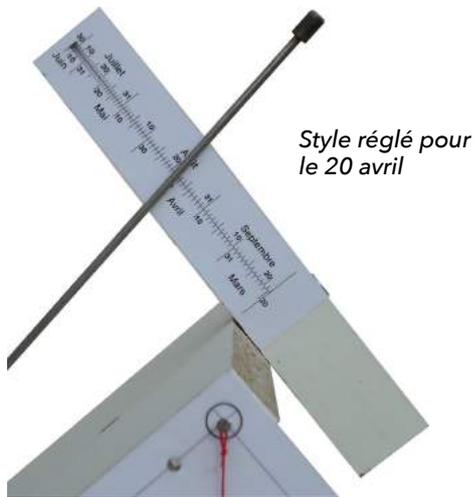
Sans plus attendre, voyons un exemple de réalisation pratique. C'est un cadran de table qu'il faut orienter pour que le style soit dans le plan du méridien local, la partie haute de la table en direction du sud (ce cadran est conçu pour l'hémisphère nord). Par simplification, seule une des faces est utilisée, aussi le cadran ne fonctionnera que pour les beaux jours à venir : printemps et été.

Pour régler l'angle du style, la réglette pivotante est relevée perpendiculairement à la table et il faut faire passer le style devant le jour d'utilisation sur l'échelle des dates, comme sur l'illustration page suivante. Celle-ci nous permet aussi de constater que l'angle du style varie comme la déclinaison du Soleil : il est (en principe) nul aux équinoxes et maximum au solstice d'été mais, à la différence de la déclinaison, cet angle maxi n'est que d'environ 17° .

Pour réaliser ce cadran il suffit donc de connaître les grandeurs suivantes dont vous trouverez les courbes et les équations correspondantes en annexes¹ :

- L'angle du style en fonction de la date.
- L'angle tabulaire en fonction de l'heure.





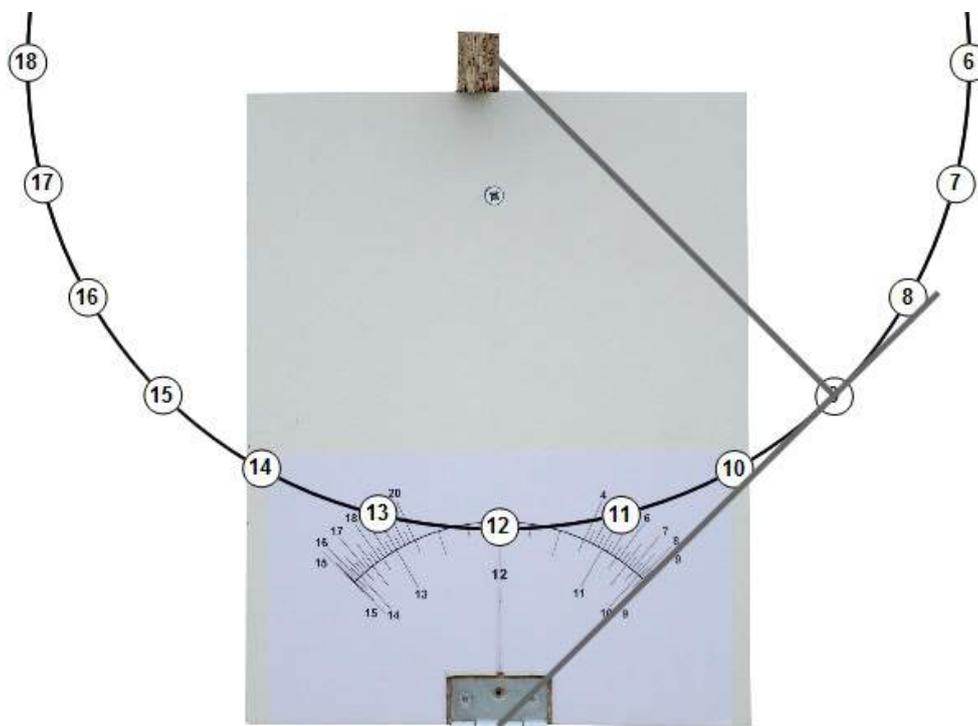
Style réglé pour le 20 avril

Voyons maintenant comment éclaircir le mystère des allers et retours de l'ombre. Imaginons que l'échelle des dates, quand elle est relevée pour régler l'angle du style, soit remplacée par un style standard, ou gnomon, suffisamment court pour que l'extrémité de son ombre ne dépasse pas de la table. Pendant une journée, cette extrémité parcourt une portion de cercle que l'on peut facilement graduer en heure par un découpage régulier du cercle. Le rayon de ce cercle dépend de la hauteur du gnomon et on peut même s'arranger, en faisant varier cette hauteur au fil des jours, pour que l'extrémité de l'ombre passe toujours par le même cercle.

Dans le cadre du cadran mystérieux, l'échelle des dates est conçue justement de façon que si l'extrémité du gnomon est en face du jour d'utilisation, l'extrémité de l'ombre parcourt tous les jours une unique portion de cercle qui est dessinée sur l'illustration suivante, en la prolongeant en dehors de la table et en la graduant en heure.

Quant au style, son réglage est tel qu'il passe justement par l'extrémité de ce gnomon. Il devient alors facile de dessiner l'ombre de l'ensemble style-gnomon pour une heure particulière (9 heures sur l'illustration) : l'ombre du style part de son intersection avec le plan de la table (c'est un point fixe) et passe par l'extrémité de l'ombre du gnomon qui parcourt le cercle. Il ne reste plus qu'à imaginer l'évolution de cette ombre et vous constaterez que celle du style change de sens deux fois dans la journée.

Ce phénomène d'aller-retour est appelé rétrogradation pour des raisons historiques. Nous verrons dans un prochain article dans quel contexte il a été mis en évidence et nous l'expliquerons par un autre cadran de type azimutal.



Le gnomoniste 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 l'intéressant forum gnomonique qui lui est associé.

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/03/Annexes_Y-Masse-n11.pdf

UN GRAND RAPPORTEUR POUR TROUVER LE NORD GÉOGRAPHIQUE

Yves Opizzo

Orienter précisément un cadran solaire par rapport à la direction nord-sud est essentiel pour la plupart des cadrans. Yves Opizzo nous invite ici à fabriquer et utiliser un grand rapporteur et vous garantit une précision de dix secondes d'heure pour votre cadran, s'il est précisément tracé bien entendu...

Imaginons : nous sommes à Nissa la Bella (Nice), sur la Prom' (promenade des Anglais), et nous voulons tracer un cadran, même provisoire, mais précis.

Aucun doute à ce sujet, une détermination rigoureuse du méridien du lieu, donc du nord géographique, est une condition essentielle pour obtenir un cadran solaire de bonne précision. Et il existe de nombreuses possibilités pour ce faire.



Le logiciel en ligne Google Earth¹ par exemple, permet cela aisément. Le trait rouge a été tracé avec l'outil banal du programme, mais entre deux points ayant la même longitude. C'est suffisant pour avoir le méridien du lieu très correctement, mais il faudra encore travailler un peu pour la réalisation. En effet, il faut maintenant à partir de l'une des extrémités de la droite

viser l'autre extrémité, par exemple avec une corde tendue. Je peux vraiment difficilement vous conseiller cela sur la Prom' !

Un téléobjectif posé sur pied aiderait bien. Mais la précision ne sera pas idéale, parce que les deux points sont très proches, ce qui entraîne des erreurs de mesure parfois très importantes.

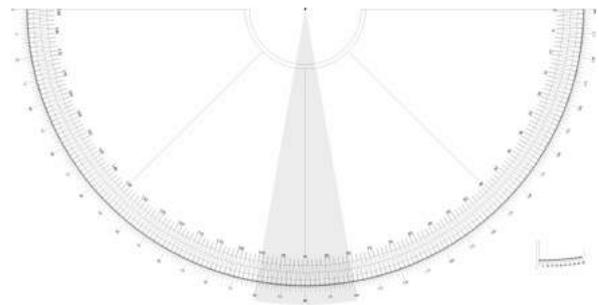
La méthode des géomètres, qui consiste à viser des points de coordonnées géographiques connues avec précision est bien plus précise, mais il faut un théodolite. Un autre article détaillera un usage de cet instrument magnifique.

La méthode des cercles indiens a déjà été exposée dans ce magazine². Elle est pratique et assez simple, quoiqu'il faille attendre plusieurs heures avant de pouvoir tracer le méridien. Par

ailleurs, il faudrait travailler fin juin ou fin décembre, aux solstices.

Oublions la boussole pour une bonne précision, puisque la déclinaison magnétique du lieu peut varier énormément en seulement quelques mètres, si une masse ferreuse est enfouie par là.

Une autre solution semble être idéale, à savoir l'utilisation d'un grand rapporteur. Grand signifie ici dans les 100 cm de large et cela ne se trouve pas dans le commerce. Il faut donc travailler soi-même. Et voici le plan (image ci-dessous), que vous pouvez télécharger en pdf³.



La précision donnée atteint les trois minutes d'arc (3'), soit une dizaine de secondes d'heures. Le vernier permet selon la taille d'obtenir quelques secondes d'arc.

Le triangle grisé pourrait suffire. Il faut imprimer ce fichier le plus grand possible sur papier fort, ou mieux encore le faire imprimer sur une feuille à coller sur un support rigide, comme sur l'image page suivante. Si seul le triangle est imprimé, il faudra travailler autour de midi vrai. Avec l'ensemble du rapporteur imprimé, il suffit qu'Hélios soit présent...

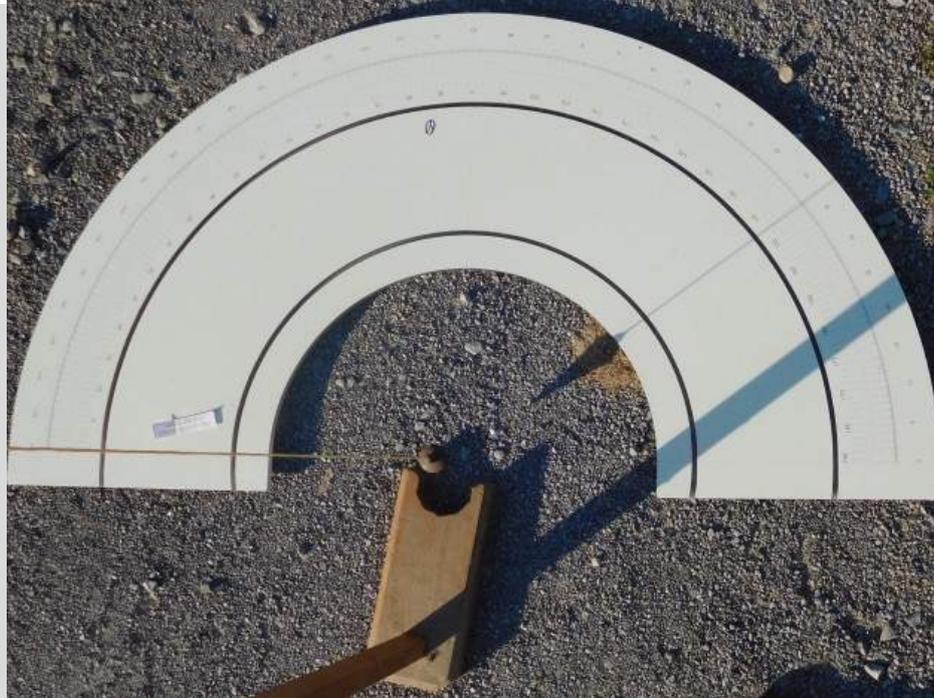
Mais comment faire ? Il y a quatre étapes simples et deux plus complexes.

1. Le rapporteur doit être posé bien à l'horizontale, à contrôler au niveau à bulle par exemple.
2. Placer le centre du rapporteur, matérialisé par un point sur le plan (pointe du triangle grisé), sous un fil à plomb bien stabilisé.

¹ <https://www.google.com/intl/fr/earth/about/>

² <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2022/09/mag-CSpour-tous-n5-YORT.pdf>

³ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/01/RapporteurA4_Yves-Opizzo.pdf



3. Dès que le fil à plomb donne une ombre nette, notez cette ombre sur le rapporteur, par un petit trait et lisez rapidement l'heure légale à votre montre.
4. Il vous faut maintenant calculer le TVL, Temps Vrai Local. Ce n'est pas évident, mais le programme Excel WozMez⁴ (macros garanties sans virus) vous donnera les réponses facilement. Rappelons ceci :

TVL = heure légale - heure d'été (le cas échéant)
- différence de longitude - équation du temps du jour

5. Il faut ensuite calculer l'azimut du Soleil en ce lieu, en ce jour, à cet instant TVL, avec la formule de l'azimut (WozMez fait tout pour vous !):

$Az = \arctan(\sin H / (\sin \varphi \cdot \cos H - \cos \varphi \cdot \tan \delta))$
Avec φ = latitude du lieu, δ = déclinaison solaire du jour, H = TVL noté (converti en angle horaire).

6. Vous avez maintenant la valeur théorique de l'azimut (la direction par rapport au sud géographique) du Soleil lorsque vous avez procédé à la mesure. Il serait bien surprenant que l'ombre du fil à plomb tombât sur la bonne valeur, mais c'est sans importance.

Supposons, avec des valeurs simples pour la compréhension, que vous ayez noté 60° sur le rapporteur, alors que la valeur théorique est de 80° (attention, mesuré depuis le nord. Avec ce rapporteur, il convient donc d'ajouter 90°. Le programme donnerait - 10°). Tourner le rapporteur de 20° vers la gauche n'est pas la meilleure idée, mais c'est ce que nous ferons avec le théodolite. Laissez-le donc en place et procédez ainsi : si le rapporteur était exactement bien placé,

alors la valeur 90° nous donnerait exactement le méridien. Comme dans l'exemple le rapporteur est décalé de 20° à gauche, le méridien se trouve à 20° à gauche (noté 70° ou 110° sur le rapporteur). Ce décalage sera aussi souvent à droite qu'à gauche, attention. Une boussole vous donnera malgré tout une approximation à vérifier, en notant la direction du nord magnétique en plusieurs endroits proches du lieu précis.

Il vous reste le plus facile, à savoir tendre une ficelle entre le pied du fil à plomb et le point noté sur le rapporteur pour marquer au sol le méridien.

Cette méthode est très sûre, pratique et peu chère. Vous pouvez imprimer vous-même le rapporteur sur plusieurs feuilles de papier fort et les coller correctement sur une planche. Le triangle grisé au format A4 mesure environ 15 sur 5 cm. Avec une planche de 75 sur 25 cm, vous atteindrez les 3' comme mentionné, voire mieux encore, ce qui vous donnera un cadran pouvant prétendre atteindre une précision de l'ordre de dix secondes d'heure, excellente !

Cette précision ne vous suffit pas ? J'ai réalisé de nombreux cadrans à l'aide d'un théodolite électronique, qu'il est heureusement possible de louer, parce que son achat pose quelques difficultés financières. Et là, il est envisageable d'atteindre 1'', oui, vraiment une seconde d'arc, avec beaucoup de doigté toutefois... Les 15'' ne sont pas un problème, ce qui donne une seconde d'heure ! Qui dit mieux ?

Le gnomoniste et cadranier Yves Opizzo yves@opizzo.de a publié 14 ouvrages et de très nombreux articles sur la gnomonique. Pour plus de détails : <http://opizzo.de/>

⁴ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/01/WozMez_2023.xls.zip

CADRANS SOLAIRES À HEURES SIDÉRALES

Pierre-Louis Cambefort

Connaissez-vous les « heures sidérales » et sauriez-vous réaliser un cadran solaire à heures sidérales ? Vous trouverez les réponses à vos questions éventuelles dans ces deux pages.

Les cadrans solaires indiquent généralement, cela est bien connu, le « temps solaire vrai », celui du lieu où nous nous trouvons.

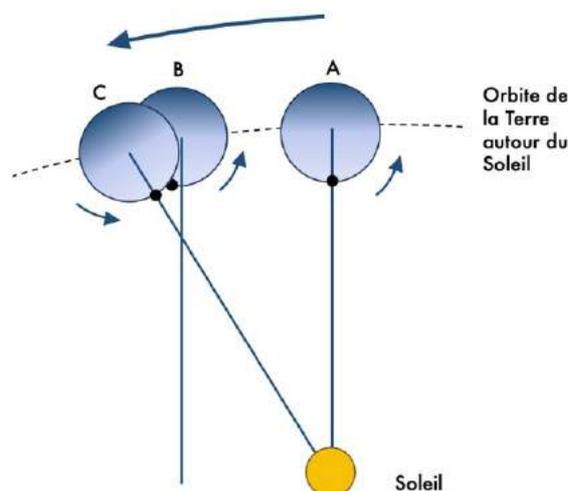
Ce temps solaire vrai est celui indiqué par le soleil ; l'intervalle de temps compris entre deux passages consécutifs du soleil au méridien supérieur du lieu est appelé jour solaire vrai ; cet intervalle de temps est variable, compte tenu des variations de l'équation du temps, d'où une différence avec le jour solaire moyen qui, lui, dure 24 heures exactement. Il faut donc certaines corrections et adjonctions pour retrouver l'heure de nos montres.

Au-delà du temps solaire vrai, de l'heure solaire indiquée par le cadran solaire, il existe une autre heure, qui correspond, elle, à des jours d'une durée égale à 23 h 56 m 4,09 s. Il s'agit de l'heure sidérale (et du jour sidéral correspondant).

D'où viennent ce jour sidéral et cette heure sidérale ?

Un jour sidéral est en fait, tout simplement, le temps que met la Terre à faire une rotation sur elle-même dans le repère des étoiles, la « sphère des fixes » des anciens, celle que nous voyons tous les soirs, quand la nuit est belle...

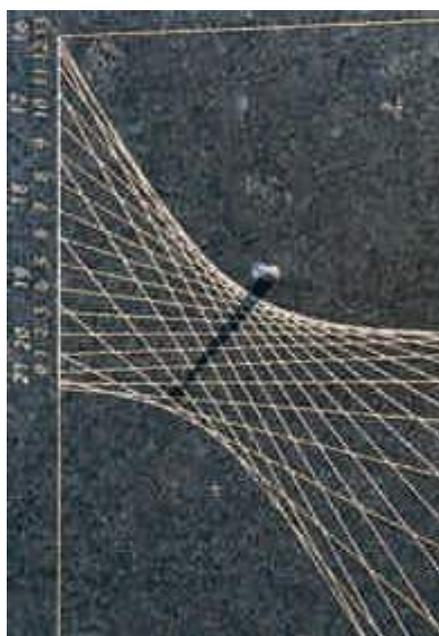
Ce jour-là est différent du jour solaire car au-delà de sa rotation sur elle-même, la Terre



Entre A et B, la Terre effectue une rotation sur elle-même, un jour sidéral s'est donc écoulé ; mais il faut attendre 3 min 56 s pour qu'un jour solaire, survenant lorsque la Terre est en C, se soit écoulé (la Terre faisant une révolution de 360° autour du Soleil en 365,2422 jours, on retrouve cette valeur par la division $360 / 365,2422$ égale à $0,9856^\circ$ par jour, soit environ 3 min 56 s).

effectue une révolution autour du Soleil, ce que l'illustration ci-dessus (dans laquelle la Terre et le Soleil ne sont bien entendu pas à l'échelle) permet de parfaitement concevoir.

À ce stade, vous vous demanderez peut-être si un cadran solaire peut indiquer les heures sidérales au lieu (ou en plus) des heures solaires.



Cadran à heures sidérales dans le jardin des cadrans solaires du Deutsches Museum de Munich

Dans la Cour d'Honneur du lycée Louis-le-Grand, l'un des 4 cadrans doubles (celui du bas) de la façade sud de la tour indique les heures sidérales

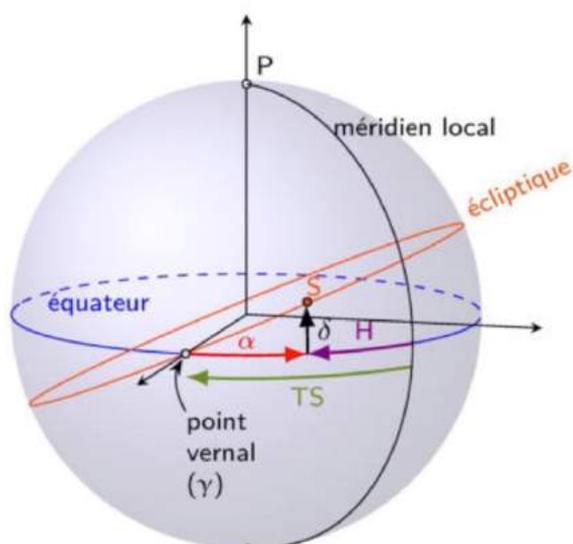


Et la réponse est oui et nous allons vous expliquer comment le faire.

Même si vous n'envisagez pas de réaliser de tels cadrans au tracé si particulier à court terme, au moins saurez-vous les reconnaître, car certains peuvent se rencontrer dans des lieux publics, comme le lycée Louis-le-Grand à Paris ou le Jardin des cadrans solaires du Deutsches Museum de Munich.

Dans tous les cas aurez-vous appris ou révisé quelques notions astronomiques intéressantes...

Dans un précédent article du magazine¹, dans lequel David Alberto et Yvon Massé proposaient la construction d'une « Horloge sidérale solaire » à partir d'éléments à télécharger et rappelaient (illustration ci-dessous) qu'une formule simple liait l'angle horaire du Soleil H et le temps sidéral local TS : $TS = H + \alpha$, avec α ascension droite du Soleil (équivalent, dans la sphère céleste, de notre longitude terrestre, le méridien origine choisi pour la sphère céleste passant par le point vernal, position du Soleil à l'équinoxe de printemps).



Quelques éléments de la sphère céleste, avec des coordonnées repérant la position du Soleil.
 α : ascension droite, δ : déclinaison
 H : angle horaire, TS : heure sidérale

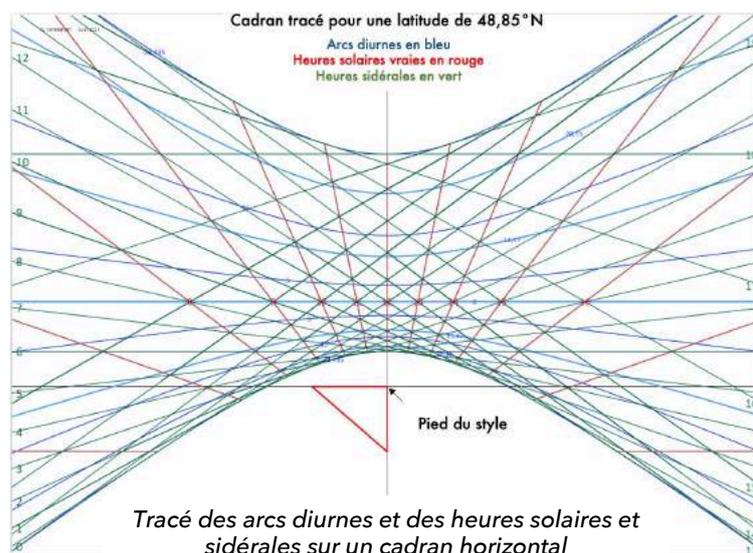
Sur un cadran solaire, quand l'ombre de l'extrémité du gnomon atteint un arc diurne donné correspondant à une déclinaison δ du Soleil, l'ascension droite du Soleil est donnée par $\sin \alpha = \tan \delta / \tan \epsilon$, ϵ étant l'obliquité apparente, c'est-à-dire l'angle entre les grands cercles de l'écliptique et de l'équateur.

On peut donc, sur un cadran solaire, obtenir α par l'arc diurne et H par la ligne horaire, et on peut donc en déduire l'heure sidérale par la formule $TS = H + \alpha$. Ainsi, tout cadran solaire peut indiquer le temps sidéral.

Il est relativement facile de démontrer que toute ligne horaire de temps sidéral est une droite ; en conséquence 2 points suffisent pour tracer les lignes horaires sidérales d'un cadran solaire.

Nous pouvons choisir par exemple un point sur l'équinoxiale ($\alpha = 0$) et un sur le solstice d'été ($\alpha = 6$ h) et tracer alors les droites correspondantes aux différentes heures sidérales ; nous pouvons également remplacer dans les équations qui définissent les coordonnées x et y d'un cadran solaire l'angle horaire H par $TS - \alpha$ en donnant deux valeurs à l'ascension droite α . En effet, la relation ci-dessus, donnant $\sin \alpha$ en fonction de $\tan \delta$, possède deux solutions : α et $12 - \alpha$ (les ascensions droites sont généralement exprimées en heures). Il y a donc deux réseaux de droites sidérales croisés.

Pour tenir compte de ces deux réseaux, il est quelquefois jugé préférable, pour faciliter la lecture, de tracer deux cadrans solaires de temps sidéral pour chacune des deux valeurs, c'est-à-dire l'un utilisable pendant la période allant du solstice d'hiver au solstice d'été, l'autre pour la période du solstice d'été au solstice d'hiver.



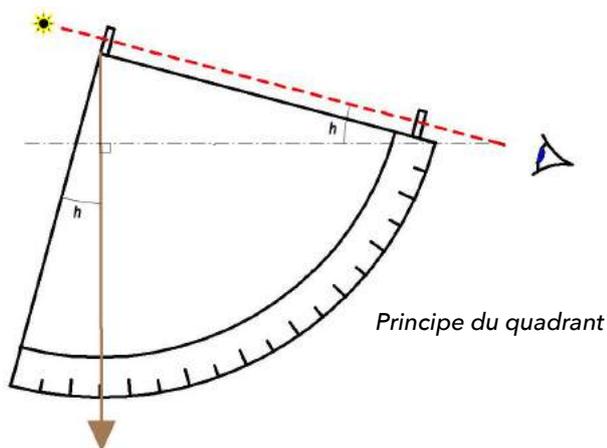
Pierre-Louis Cambefort pierre-louis.cambefort@orange.fr est ingénieur, artiste et gnomoniste. Un portrait détaillé lui a été consacré dans le numéro 1 du magazine.

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/09/mag-CSpour-tous-n9_D-Alberto_Y-Masse.pdf

Voici la suite de l'article paru dans le précédent numéro du magazine, dans lequel Pierre-André Reymond nous invitait à la découverte d'instruments de navigation astronomique, dont l'histoire s'est déroulée en parallèle de celle des cadrans solaires...

LE QUADRANT NAUTIQUE

C'est un des premiers instruments de mesure angulaire employé dans la marine pour faire le point en mer. Un quart de cercle gradué en degrés, deux pinnules de visée et un fil à plomb. Ce dernier marque la verticale (donc l'horizontale) et on peut ainsi mesurer la hauteur de l'astre observé au-dessus de l'horizon, par exemple l'étoile polaire. La précision atteinte est de l'ordre du degré.



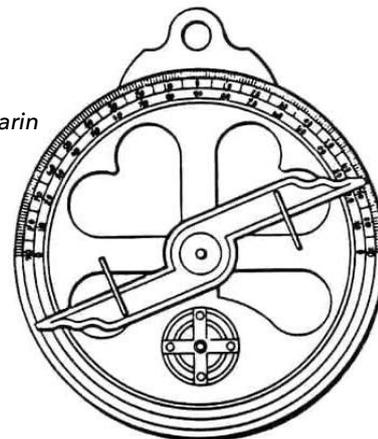
Observer le Soleil avec un tel quadrant est très difficile, du fait que l'on peut se brûler les yeux à regarder ses rayons directement. On pouvait cependant aussi se tenir à côté de l'instrument et observer le Soleil par ombre portée pour prendre la mesure, mais cela demandait la participation de deux personnes.

L'ASTROLABE MARIN

Cet instrument a été mis au point par les navigateurs portugais à la fin du XV^e siècle, remplaçant avantageusement le quadrant nautique. Il s'agit d'une version simplifiée de cet instrument complexe attribué à Hipparque, puis magnifiquement développé par les astronomes arabes.

L'astrolabe nautique ne garde que les deux pièces principales de l'instrument : l'astrolabe proprement dit et l'alidade, laissant de côté l'araignée ; ces deux pièces permettent de mesurer la hauteur d'un astre ou la hauteur méridienne du Soleil, ce qui, en langage maritime de l'époque, s'appelait « peser le Soleil ». L'astrolabe marin pouvait mesurer jusqu'à 1 pied de diamètre et devait être assez lourd pour donner de l'inertie et de la stabilité. En mer, il n'était guère pratique et sa précision n'excédait pas le degré d'angle.

Astrolabe marin



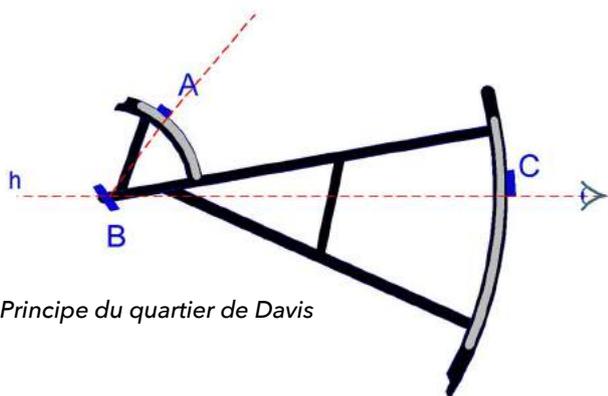
LE QUARTIER DE DAVIS

Également appelé quadrant à observation de dos (*backstaff* en anglais) il est apparu vers la fin du XVI^e siècle et ce fut un soulagement pour les yeux des observateurs. Construit en bois, l'instrument comporte deux arcs de cercle gradués ; le supérieur mesure 60° et l'inférieur 30°, soit 90° au total. La somme des deux angles relevés donne la hauteur de l'astre sur l'horizon. La flèche de cet instrument peut mesurer plus d'un mètre.

Les pinnules A et C coulissent sur leurs cercles respectifs ; elles restent délicates à réaliser et surtout peuvent tomber et se perdre : ne pas oublier que le pont d'un navire reste un endroit instable et parfois fort mouvementé !

Sources

- Évolution de la navigation astronomique au cours des siècles - Pierre-André Reymond - Editions Aldebarán, Cuenca, Espagne, 2012
- L'histoire de la navigation, de l'usage pratique de l'astrolabe, Hubert Michea (<http://hubertmichea.fr/pages/astrolabe.htm>)
- Wikipedia <https://fr.wikipedia.org/>



Principe du quartier de Davis



Reproduction de l'instrument

Ayant construit une réplique d'un tel instrument, je peux confirmer que l'exactitude des mesures de cette copie est de l'ordre du quart de degré, soit quelque 15 milles nautiques. Rappelons ici que le diamètre du Soleil est proche du demi-degré. Le quartier de Davis sera utilisé jusqu'à la fin du XVIII^e siècle.

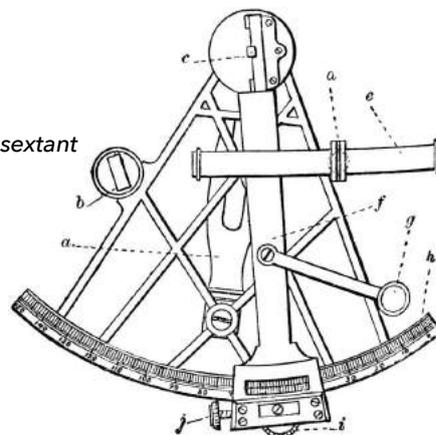
LE SEXTANT

L'évolution de la manufacture des verres et miroirs optiques, en particulier la découverte des lentilles achromatiques va enfin permettre la réalisation d'instruments de mesure de bonne précision. Il y eut tout d'abord le quadrant à réflexion, instrument attribuée au célèbre physicien Isaac Newton, en 1699. C'est un dispositif optique, utilisant le principe de la réflexion des rayons lumineux. Ledit instrument optique sera rapidement remplacé par l'octant, une réalisation intermédiaire qui va être fortement applaudie par les marins.

Quant au sextant, il est né d'une suggestion d'un capitaine de la Royal Navy, John Campbell, en 1757. Les promoteurs de l'utilisation des distances lunaires pour déterminer la longitude en mer à la fin du XVIII^e siècle ont largement stimulé la réalisation de cet instrument : l'octant ne pouvait en effet mesurer que des angles allant jusqu'à 90 degrés et la "méthode des distances lunaires" exigeait la possibilité de relever des angles allant jusqu'à 120 degrés.

Ainsi, tout comme l'octant, le sextant était utilisé pour mesurer la hauteur d'un astre (Soleil, Lune, étoiles, planètes) au-dessus de l'horizon, de même que la distance angulaire entre deux astres. Typiquement l'angle entre la Lune et le Soleil, soit sur des angles souvent plus importants.

Schéma d'un sextant



Depuis, l'instrument a certes été amélioré, passant d'une réalisation en bois à un instrument entièrement métallique, pourvu d'une optique de grande qualité.

Et il faut avouer qu'après 250 années de bons et loyaux services, il reste d'actualité.

En toute logique, si ce n'est un modèle nécessaire à des besoins pédagogiques, je n'ai pas cherché à réaliser une reproduction d'une telle machine de précision. Mon propre sextant m'a rendu de précieux services pendant de nombreuses années de navigation au long cours. Il existe aussi des sextants en plastique, peu onéreux et d'une précision remarquable.

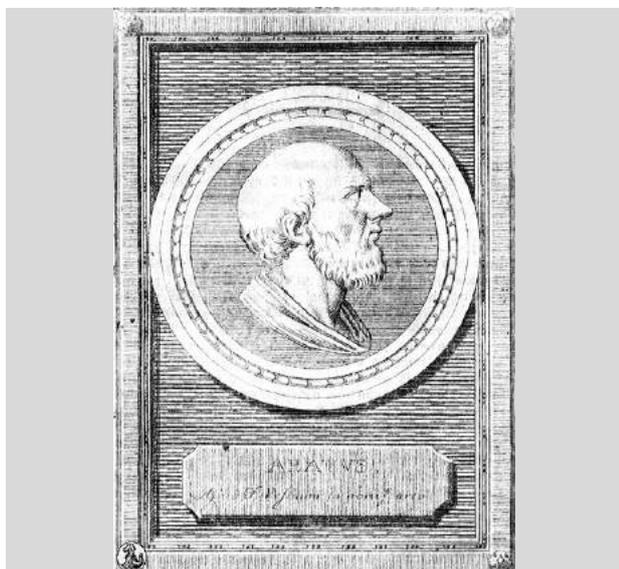
Un tel instrument de précision a toujours été coûteux et pour son utilisateur, c'était un bien des plus précieux du bord et tout le monde ne pouvait pas s'en offrir un. En 1771, un sextant pouvait coûter 3 000 livres. La livre contenait légalement 4,5 grammes d'argent pur. Au cours actuel de 0,69 €, la livre d'avant la révolution représente ainsi environ 3 €. On peut ainsi comprendre pourquoi lors d'un naufrage le capitaine faisait tout pour sauver son instrument, comme on a pu le voir dans certains fameux films de marine récents, tels *Le Bounty* ou *Master & Commander : de l'autre côté du monde*.

Pierre-André Reymond reymondsveys@gmail.com - <https://www.navigare-necesse-est.ch/> est né à Lausanne. Officier de marine marchande, puis expert en navigation de plaisance, il consacre parallèlement plusieurs décennies à l'enseignement, à la formation et à l'écriture. Il a enfin réalisé des reproductions fidèles d'un grand nombre d'instruments de navigation astronomique.

LES PHÉNOMÈNES D'ARATOS, UN ÉTONNANT PHÉNOMÈNE... D'ÉDITION (1/2)

Michèle Tillard

Vous pouvez certainement citer de mémoire plusieurs succès d'édition mais connaissez-vous celui qu'a connu Les phénomènes d'Aratos à la fin du III^e siècle avant notre ère, dans lequel un poète fait appel à l'astronomie pour décrypter les signes de Zeus ? Michèle Tillard nous présente cette œuvre...



Aratos de Soles

Tout commence à la fin du III^e siècle avant J.-C., à la cour du roi de Macédoine, Antigone Gonatas. Désireux d'assurer l'éclat intellectuel de sa cour, et probablement aussi d'honorer sa jeune épouse Phila, dont le poète était un proche, le souverain offrit à Aratos de Soles une œuvre de l'astronome Eudoxe de Cnide - un texte en prose, ou bien un objet, une sphère pleine reproduisant le mouvement des planètes, comme semble le suggérer Cicéron (*De republica*, I, XIV), à charge pour lui de rédiger un poème monumental dans la lignée d'Homère et d'Hésiode. Ce qui fut fait.

Né à Soles, en Cilicie au sud-est de l'actuelle Turquie, Aratos aurait suivi Phila, fille de Séleucos, à la cour de Pella - une cour qui se transportait très régulièrement à Athènes où le roi, fort cultivé, aimait à réunir son cercle intellectuel. Notre poète s'attela donc à la tâche.

Son ouvrage, qui compte 1154 vers - soit 329 de plus que les *Travaux et les Jours* d'Hésiode¹ - est rigoureusement construit. Il commence, dans la grande tradition poétique, par un hymne à Zeus (v. 1 à 18), qui, en même temps qu'il énonce le projet et le plan de l'ouvrage, indique clairement son objectif : il s'agit de décrypter les signes que Zeus adresse aux hommes, dans sa bienveillance, pour leur indiquer le « bon moment » pour tous les actes de la vie agricole.

On est bien dans la continuité d'Hésiode, et en même temps dans l'optique stoïcienne d'un dieu protecteur des hommes...

Ensuite, une première partie, des v. 19 à 739, décrit les astres ; d'abord les « fixes », c'est-à-dire les constellations, telles qu'elles se présentent les unes par rapport aux autres, hors de tout mouvement. La « sphère des fixes », sur laquelle sont accrochées les quelque 6 000 étoiles visibles à l'œil nu, constituait pour les Anciens la limite extrême du Cosmos - c'est-à-dire le monde ordonné, susceptible d'être connu et mesuré par des calculs mathématiques. Aratos reprend la liste des constellations d'Eudoxe de Cnide, peut-être complétée.

À partir du v. 451, Aratos aborde ensuite les cercles sur lesquels les fixes se tiennent ; pour lui, ils ne semblent pas être des constructions abstraites et conventionnelles, mais des réalités matérielles, que l'on peut voir en observant les étoiles et la voie lactée. Ils sont au nombre de 4 : l'équateur, les deux tropiques, du Cancer et du Capricorne, et le « Cercle des Figures », le zodiaque - qui se confond avec ce que nous appelons aujourd'hui l'écliptique, le plan dans lequel se fait la révolution de la Terre autour du Soleil.

Il « évacue » rapidement les 5 planètes (Jupiter, Mars, Saturne, Vénus et Mercure, qu'il ne nomme pas) se déclarant incompetent à leur sujet ; elles n'entrent pas dans son projet, car leur course est trop aléatoire pour qu'on puisse y déceler les messages de Zeus aux hommes (v. 454-460). Dans une perspective géocentrique, en effet, il n'était pas possible de calculer leur trajectoire...

Enfin, il complète sa description par la partie la plus difficile et la plus problématique de son œuvre : le mouvement des différents cercles, le synchronisme des levers et des couchers des constellations, et donc les coordonnées de celles-ci.

En effet, un phénomène encore inconnu à l'époque d'Aratos, mais probablement découvert par Hipparque, ou à l'époque de celui-ci, la précession des équinoxes, modifie d'environ 1,4° par siècle le « point vernal »,

c'est-à-dire le point où le Soleil paraît traverser l'équateur céleste du sud au nord.

Il faut ajouter le fait que les levers et couchers diffèrent selon la latitude : ils ne sont pas tout à fait les mêmes à Pella et à Athènes... Il en résulte que les données sur lesquelles s'appuyait Aratos étaient déjà fausses au IV^e s. av. J-C, et que sa description du ciel ne provenait pas d'une observation directe et personnelle, mais d'une compilation de ses sources.

Si l'on en croit Jean Martin (*Introduction aux Phénomènes d'Aratos*, p. XCII), les données d'Aratos correspondraient, si on les prend au pied de la lettre, « à une époque située entre 1040 et 960 avant notre ère, sous une latitude comprise entre 32° et 33° 40' (Babylone) ».

Mais il ajoute aussitôt que « le poète n'a pour objet ni de donner une hauteur précise du pôle [...] ni de dire exactement par quelles étoiles passent les cercles ».

La deuxième grande partie, des vers 740 à 1154, traite des « Pronostics » : les mouvements des astres permettent d'exprimer des signes de Zeus. L'inspiration est ici différente ; l'accent est mis sur les phénomènes météorologique, et la configuration des astres est complétée par l'observation des animaux et des végétaux...

Aratos était-il un véritable astronome, qui se fondait sur des observations personnelles, ou, comme le suggère Cicéron, s'est-il contenté de « mettre en vers » les découvertes d'autrui, en particulier Eudoxe, sans être lui-même complètement au fait des phénomènes qu'il décrivait ?

On peut avancer l'hypothèse suivante : sans doute, comme son protecteur le roi Antigone, était-il un humaniste avant l'heure, ayant « des lumières de tout » sans être vraiment un spécialiste. Et son ouvrage, destiné à la cour, était essentiellement destiné à être une œuvre de prestige, écrite dans le même mètre que ses illustres devanciers, Homère et Hésiode. Si l'astronomie permettait de se repérer dans l'espace et le temps, ce n'était pas ici la préoccupation première ; et il importait assez peu, par conséquent, que le ciel décrit ne soit pas tout à fait celui que l'on pouvait observer à Pella...

Le poème d'Aratos connut une fortune exceptionnelle ; il aurait été le plus lu dans l'Antiquité après l'*Illiade* et l'*Odyssée*.



Sphère céleste

Les noms d'étoiles utilisés de nos jours sont encore ceux qu'il a donnés - même s'il ne les a pas inventés.

Il fut très vite glosé, et commenté, voire critiqué : le célèbre astronome Hipparque² (190-120 av. J.-C.) ne nous était connu, jusqu'en 2022, que par son *Commentaire sur les Phénomènes d'Eudoxe et d'Aratos*, dans lequel il critiquait vertement notre poète, contribuant ainsi, sans le vouloir, à sa gloire.

D'autres auteurs, comme Geminus de Rhodes (I^{er} s. av. J.-C.) publièrent des commentaires, comme plus tard Achille Tatius.

Il fut traduit par Cicéron, puis par Germanicus (15 av. J.-C. - 19 apr. J.-C.) et enfin Aviénus (IV^e s. apr. J.-C.) ; il influença les poètes Manilius et Virgile... Lucien de Samosate le cite, tout comme Paul de Tarse.

Nous étudierons, dans un prochain article, ses plus illustres continuateurs...

(À suivre)

Michèle Tillard (michele.tillard@gmail.com) a été professeure de lettres classiques en classe préparatoire littéraire. Atrice de MOOC (cours en ligne) libres et gratuits de grammaire française, latin et grec ancien (accessibles via son site <https://philo-lettres.fr/>) elle a également publié de nombreux ouvrages, son dernier étant consacré aux Étrusques (*Les Étrusques* - Ellipses - 2023)

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/11/mag-CSpour-tous-n10_M-Tillard.pdf

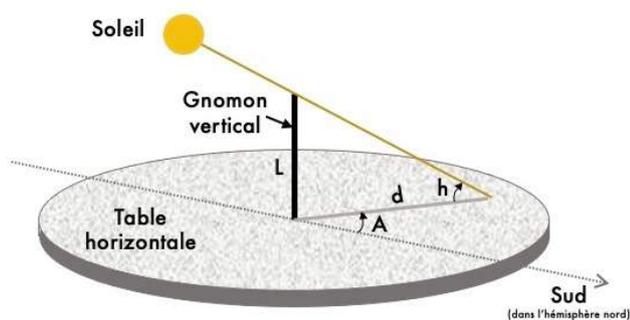
² https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/02/mag-CSpour-tous-n7_M-Tillard.pdf

IMAGINONS... UN CADRAN DE HAUTEUR HORIZONTAL

Roger Torrenti

Et si vous laissiez aller votre imagination, afin de concevoir, voire de réaliser un cadran solaire non traditionnel ? C'est un exercice auquel nous invite Roger Torrenti dans cet article.

Ce qui est passionnant, lorsque l'on commence à développer ses connaissances dans le domaine de la gnomonique et des cadrans solaires, c'est que l'on peut être tenté de sortir des sentiers battus, de concevoir, voire réaliser des cadrans différents des cadrans traditionnels, en deux mots de penser *outside the box* comme disent les anglo-saxons...

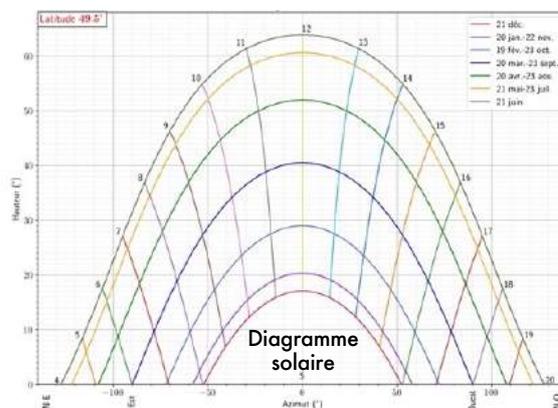


Par exemple, si vous considérez le schéma ci-dessus représentant un gnomon vertical placé au centre d'une table circulaire horizontale, vous penserez aussitôt à un traditionnel cadran d'azimut (voir notamment l'article¹ paru dans le n°7 de ce magazine), cadran qui se décline sous différentes formes bien connues : cadran-araignée ou compas solaire notamment.

Mais vous pourrez aussi vous poser la question : pourquoi ne pas utiliser la hauteur h du Soleil plutôt que son azimut A pour indiquer l'heure solaire, voire légale, et ainsi en faire un cadran de hauteur plutôt qu'un cadran d'azimut ?

Bien entendu des cadrans de hauteur existent, ayant pour nom cadran de berger, quadrant horaire, anneau astronomique, navicula, etc. Mais aucun de ces cadrans n'est horizontal et vous n'avez pas rencontré dans les ouvrages spécialisés de cadran de hauteur à table horizontale et gnomon vertical...

Alors vous vous dites que cela vaut peut-être le coup de creuser l'idée, de développer le concept, tout en gardant à l'esprit la variation de la hauteur (et de l'azimut) du Soleil au cours de l'année, représentée par le « diagramme solaire » ci-après, figurant dans l'article précité et tracé pour une latitude de $49,5^\circ$ N.

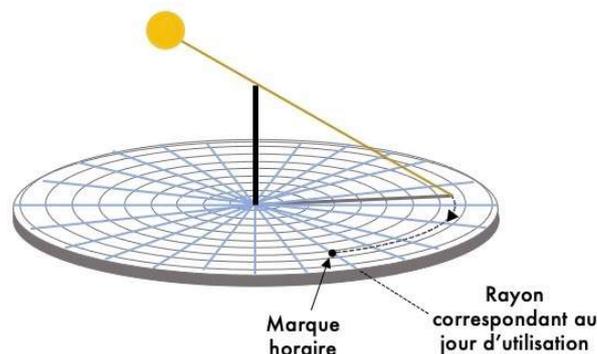


Imitant la conception d'un cadran d'azimut, vous aurez logiquement à tracer :

- des cercles concentriques autour du centre de la table, régulièrement espacés,
- des rayons, reliant le centre au bord de la table, espacés de 15° , les 24 rayons correspondant respectivement aux dates 01/01, 15/01, 01/02, etc. Vous indiquerez sur chaque rayon les différentes marques horaires (voire demi-horaires) correspondant à la hauteur du Soleil au jour considéré.

Vous auriez pu bien entendu vous contenter de tracer ces rayons pour la période solstice d'hiver - solstice d'été, sachant que pour la période solstice d'été - solstice d'hiver, la hauteur du Soleil, à une heure donnée, retrouve la même valeur à une autre date (voir le diagramme solaire) ; mais comme le cadran circulaire le permet, vous avez préféré utiliser toute la table...

Pour connaître à tout instant l'heure solaire, il suffira alors de placer la table du cadran (qu'il est inutile d'orienter) sur un plan horizontal, de repérer le cercle (ou l'intervalle entre deux cercles) où se situe l'ombre de l'extrémité du gnomon, et de poursuivre ce cercle jusqu'au rayon correspondant à la date du jour de la mesure. On lit l'heure solaire sur ce rayon.



Bien entendu il suffit de tracer les heures de la demi-journée car la hauteur du Soleil (se référer au diagramme solaire) est la même pour deux instants symétriques par rapport à midi solaire.

Une fois toutes les marques horaires calculées (pour une latitude donnée, car tout cadran de hauteur ou d'azimut se trace pour une latitude donnée) et placées sur le cadran, vous pourrez bien entendu relier toutes les marques correspondant à une même heure solaire et vous obtiendrez de belles courbes (si vous maîtrisez bien la programmation, un ordinateur pourra tracer ces courbes en moins de temps !).

Considérant cette perspective, vous vous dites qu'un autre mode de lecture plus confortable serait d'avoir une table tournant autour de son axe : il suffira alors de faire tourner la table, afin d'amener, au niveau de l'ombre du gnomon, le rayon correspondant au jour d'utilisation !

Mais avant d'aller plus loin et de passer de cette vision conceptuelle à la réalisation du cadran, vous ferez peut-être quelques remarques...

Tout d'abord ce cadran, comme tout cadran de hauteur ne sera pas bien précis autour de midi solaire.

En outre ce type de cadran de hauteur a la particularité que le rapport L / R (L étant la hauteur du gnomon et R le rayon de la table), doit être petit, afin que les heures du matin et de l'après-midi, surtout en hiver, puissent être réellement mesurées. En effet, h^{\min} étant la hauteur minimale mesurable du Soleil (lorsque l'ombre de l'extrémité du gnomon atteint le bord de la table), puisque $L / R = \tan h$, alors, pour un rapport de $1/10$ ($L = 3$ cm et $R = 30$ cm par exemple), h^{\min} est égale à $5,7^\circ$, ce qui peut paraître satisfaisant. Cependant la lecture de l'extrémité de l'ombre d'un gnomon de 3 cm à une distance de 30 cm risque de poser des difficultés.... On pourrait cependant, pour pallier cette difficulté, imaginer un disque à bords relevés, bords sur lesquels seraient prolongés les marques horaires...

Allez-vous réaliser ce cadran ? Vous vous dites sans doute que sous cette forme c'est un cadran moins intéressant qu'un cadran d'azimut qui nécessite, lui, une table plus réduite et qui est plus précis... Tout compte fait, vous vous demandez si tout cela est vraiment digne d'être breveté... d'autant plus qu'une recherche sur Internet vous permet de découvrir qu'un cadran



Cadran horizontal de hauteur installé devant le musée d'histoire des sciences à Genève

horizontal de hauteur, circulaire, a déjà été réalisé et installé à Genève...

Allez-vous abandonner ?

Non, car il vous vient à l'esprit de tenter quelque chose : un cadran de hauteur horizontal mais portable et à heure légale ! Et vous imaginez un rectangle tenu horizontalement (équipé si nécessaire d'un niveau à bulle) avec gnomon et table repliables (fig. ci-dessous).

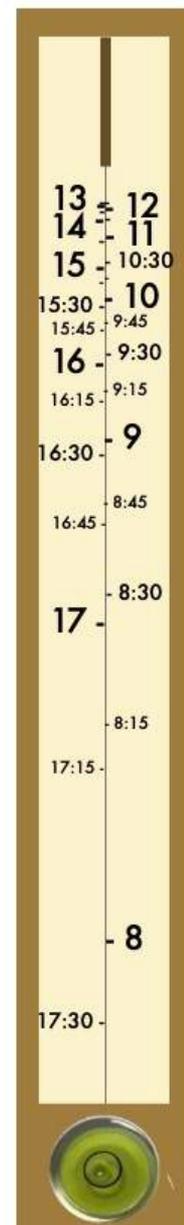


Il suffit alors de tracer sur une feuille, pour chaque jour d'utilisation (ou chaque période de quelques jours), les marques horaires, puis d'insérer cette feuille dans le cadran !

Ci-contre : cadran de hauteur horizontal portable à heures légales, tracé pour une latitude de 45° N, une longitude de 3° E et la date du 01/03/2024. La hauteur du gnomon est de 2 cm et la dimension de la feuille 2 cm x 16,5 cm

Mais ce cadran-là est-il préférable (en particulier au niveau de la plage et de la précision de lecture) à un cadran de hauteur semblable mais tenu verticalement avec une ficelle par exemple, une sorte de portion de cadran de berger ?

Bon, vous cessez à ce stade de laisser aller votre imagination... Réaliserez-vous ce cadran qui semble original ? Au moins l'exercice aura été intéressant, voire amusant, et aura permis de réviser certains concepts et formules gnomoniques !



Roger Torrenti (roger@torrenti.net) est le responsable éditorial de ce magazine

¹ Un cadran solaire avec un clou vertical - David Alberto
https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/02/mag-CSpour-tous-n7_D-Alberto.pdf

² Un cadran de berger transformé en compas solaire - Bernard Trevisan
https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2022/04/mag-CSPT-n1-B_Trevisan.pdf

UN CADRAN UNIVERSEL D'APIAN À IMPRIMER

David Alberto

David Alberto nous propose ici de reproduire un cadran solaire portatif de hauteur conçu il y a 500 ans... Le tracé est fourni, peu de matériel est nécessaire et le montage est facile. À vous de jouer !



Ce cadran a été décrit par l'astronome - mathématicien allemand Peter Bennewitz dit Petrus Apianus ou Pierre Apian, dans son ouvrage *Instrument Buch* publié en 1533.

La réalisation proposée utilise un tracé reproduit page suivante (à télécharger depuis <https://bit.ly/47uOu5F>) et nécessite un matériel limité : feuille A4 bristol - feuille de transparent - fil de 20 cm environ - ciseaux - punaise ou pin's - cutter - perle - règle - trombone.

Le montage suit les étapes suivantes :

1. Imprimer le tracé du cadran en format A4, de préférence sur papier bristol, ou sur papier standard à coller sur du carton.
2. Percer un petit trou sur la croix entre les dates 20 mar et 20 avr.
3. En haut à droite, découper au cutter les 3 côtés rouges du rectangle hachuré, et plier ce dernier pour le relever à angle droit.
4. Découper au cutter l'entaille horizontale (trait rouge), qui servira à glisser le disque transparent pour le maintenir en place.
5. Tracer sur un transparent un disque de 8 cm de rayon environ. Son rayon dépend de la latitude maximale d'utilisation du cadran solaire. Pour aller jusqu'à la latitude 60°, il faut un disque transparent de rayon 8 cm. Pour la latitude 50°, 6 cm suffiront. Percer au centre.
6. Dans ce disque, découper au cutter une entaille partant d'environ 5 mm du centre et suivant un rayon du disque jusqu'à 5 mm du bord.
7. Enfiler la feuille bristol sur une punaise, puis superposer le disque transparent.
8. Insérer le haut du disque dans l'entaille horizontale découpée dans le bristol.
9. Attacher un petit lest (trombones, rondelle...) à une extrémité du fil. Enfiler la perle (elle doit frotter suffisamment pour ne pas glisser seule vers le bas). Attacher le trombone à l'autre extrémité du fil.

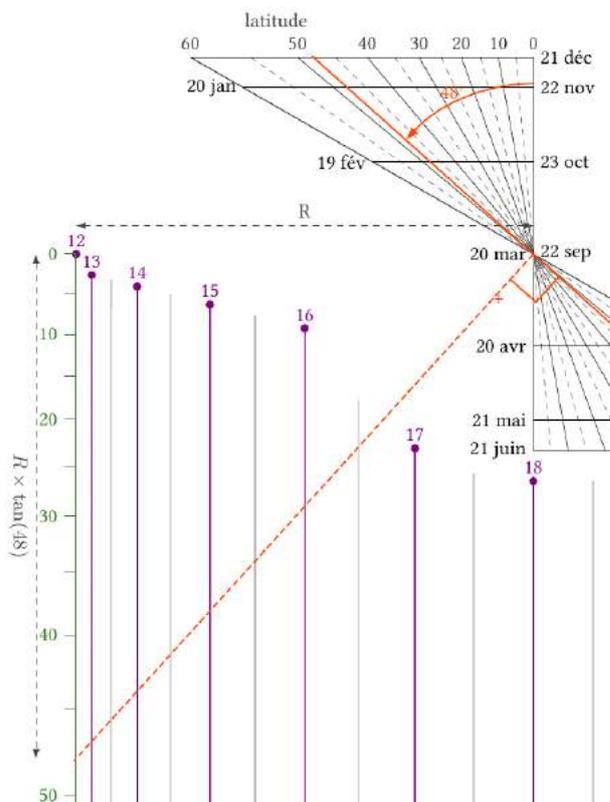
10. Glisser le trombone dans la fente radiale découpée dans le disque transparent.

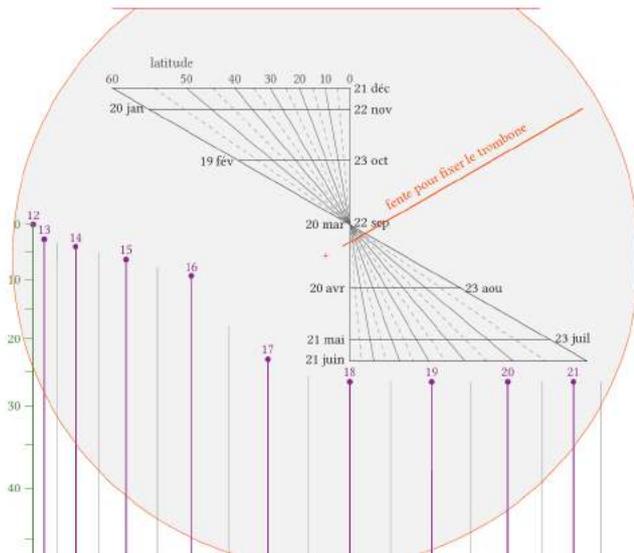
En faisant tourner le disque transparent, et en déplaçant le trombone, on doit pouvoir amener le point de suspension du fil sur n'importe quel point du tracé en forme de nœud papillon.

Si votre latitude ne correspond pas à une ligne existante, vous pouvez ajouter une ligne avec un rapporteur et une équerre : pour une latitude de 48° par exemple, tracer une ligne passant par le point des équinoxes (20 mar - 22 sep), et formant un angle de 48° avec la verticale.

Pour ajouter la graduation correspondante sur l'échelle des latitudes il faut tracer une perpendiculaire à la ligne de latitude, passant par le point des équinoxes, et coupant l'échelle de latitude à gauche.

Sur l'échelle de latitude, on peut également placer la nouvelle graduation ainsi : mesurer la distance R entre le point midi et le point '20 mars' ; ajouter la graduation à la distance $R \times \tan 48^\circ$ depuis le 0 de latitude.





Le disque transparent, fixé sur le bristol au niveau de la croix. Le haut du disque est glissé sous la fente horizontale du bristol, pour le maintenir.

Avant de le fixer, une fente radiale est pratiquée sur le disque. On y accrochera le trombone, de façon qu'on puisse le glisser le long de cette fente.

Utilisation

Ce cadran nécessite un double réglage préalable :

- réglage en latitude : repérer la ligne oblique de la latitude d'utilisation.
- réglage selon la date : repérer la position verticale s'approchant le plus de la date d'utilisation.

Amener le point de suspension du fil au croisement des lignes repérées.

Laisser pendre le fil en le faisant passer par la graduation de la latitude choisie, sur l'échelle latérale de latitudes.

Amener la perle sur la graduation.

Le réglage préalable est fait. Si la perle n'est pas déplacée, ce réglage reste valable pour le même jour et le même lieu.

- Tenir la feuille verticalement au soleil, de façon que la lumière arrive depuis la droite.
- Faire tourner la feuille dans le plan vertical, pour que l'ombre de la languette s'étende le long de la bande « ombre ».
- Repérer la ligne horaire indiquée par la perle : elle correspond à l'heure solaire.

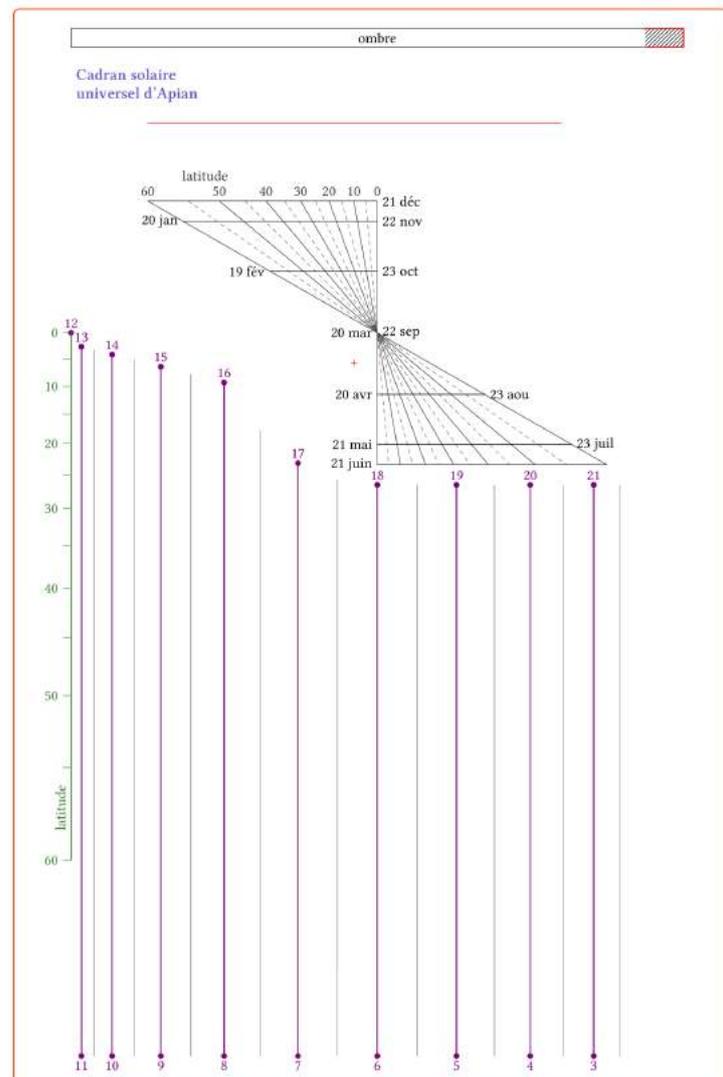
Les cadrans solaires de hauteur déterminent l'heure solaire d'après la hauteur du Soleil, c'est-à-dire l'angle formé par le Soleil et l'horizon.

Étant donné que la hauteur du Soleil augmente le matin puis diminue l'après-midi, le Soleil passe deux fois par la même hauteur au cours d'une journée (sauf à midi).

C'est pourquoi les lignes horaires verticales (violette) correspondent à deux heures différentes pour une même hauteur. Il faut donc savoir si l'on est le matin ou l'après-midi.

D'autre part, les cadrans de hauteur sont nettement moins précis autour de midi solaire, période où la hauteur du Soleil varie peu.

Pour une utilisation à des latitudes négatives, décaler toutes les dates indiquées de 6 mois.



Tracé du cadran d'Apian

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

PETITE HISTOIRE DES CADRANS SOLAIRES HONGROIS

Géza Marton

Savez-vous que la Hongrie est un pays riche en cadrans solaires ? Géza Marton vous donne un aperçu de ce patrimoine, qui vous incitera peut-être à aller admirer quelques-uns de ces cadrans lors d'un prochain séjour dans son pays...



Voici une brève histoire des cadrans solaires en Hongrie, nous référant pour les illustrations au *Catalogue des cadrans solaires de Hongrie* que nous avons constitué et mis en ligne : le *Magyarországi Napórák Katalógusa* (en hongrois et bientôt en anglais). <https://manapka.mcse.hu>

Alors que les Grecs avaient déjà construit des cadrans solaires de types très différents (Vitruve, architecte romain du 1^{er} siècle en identifiait treize), les scaphés constituaient l'essentiel des cadrans que l'on pouvait trouver dans l'Empire romain dont de nombreux, plus ou moins bien conservés, peuvent encore être admirés de nos jours. On n'a pourtant découvert aucun scaphé en Hongrie, même si la région hongroise de Transdanubie a été une province romaine.

Un fragment intéressant de marbre plat, gravé sur ses 2 faces (photo 1), a cependant été mis au jour dans la cité antique d'Aquincum (sur le territoire de Budapest). Il a été étudié en détail par les archéologues Orsolya Madarassy et Ferenc Noeh ; il s'avère que l'un des côtés, sur lequel apparaissent un arc de cercle et des rayons, suggère une approche astronomique et qu'il aurait pu comporter un gnomon (aujourd'hui disparu) dont l'ombre permettait d'indiquer l'heure.

Il ne reste qu'un document écrit concernant un autre cadran solaire datant de l'époque romaine et retrouvé sur le territoire de la commune de Velence (Hongrie centrale). Il s'agit, selon la description, « d'un très beau cadran solaire romain, en pierre de taille, avec de nombreuses inscriptions, et comportant des représentations d'animaux ».

Pour les siècles suivants, et jusqu'au Moyen Âge, nous n'avons également que peu de traces....

Le cadran solaire le plus ancien que l'on puisse admirer aujourd'hui en Hongrie est en fait celui (photo 2) de l'église paroissiale Saint-Michel (*Szent Mihály plébániatemplom*) à Sopron (en allemand Ödenburg) à l'ouest de la Hongrie. Un autre cadran solaire en relativement bon état est celui de l'église réformée de Rudabánya (N.-E. de la Hongrie), datant du milieu du XIV^e siècle. (photo 3). À Szentendre, près de Budapest, rue Várdomb, sur une culée de l'église réformée Saint-André (*Szent András református templom*), se trouve également un cadran datant probablement du XIII^e ou XIV^e siècle (photo 4).

En définitive, nous avons répertorié sur le territoire actuel de la Hongrie 2 cadrans solaires datant de l'Antiquité et 17 du Moyen Âge (XIII^e au XVI^e siècle).

Mais à partir du XVII^e siècle un grand nombre de cadrans solaires sont apparus, notamment sur les façades des bâtiments religieux et fort heureusement beaucoup subsistent aujourd'hui.

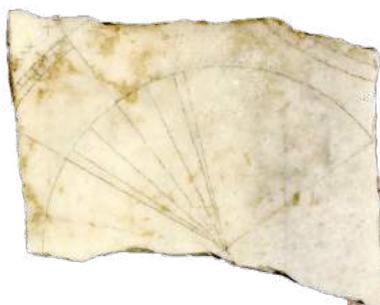


Photo 1



Photo 3



Photo 4



Photo 2

Parmi nos cadrans du XVIII^e siècle, à noter la très belle méridienne (*Linea Meridionalis*), installée au sixième étage de la tour de l'observatoire du *Lyceum*, aujourd'hui au sein de l'École supérieure *Eszterházy Károly*, à Eger (au nord de la Hongrie). Cette méridienne a été conçue en 1778 par l'astronome Miksa Hell. Elle utilise un oculus placé à une hauteur de 5 m, et s'étend sur le sol sur une largeur de 30,5 cm et une longueur de 15 m (photo 5).

Quant aux cadrans portatifs (diptyques ou coffrets) apparus au milieu du XVII^e siècle et devenus de plus en plus populaires en Europe, ils étaient fabriqués en série dans les ateliers des maîtres de Nuremberg, Augsbourg, Prague, etc. et sont arrivés chez nous grâce aux voyageurs et commerçants. Ainsi, quelques exemplaires remarquables peuvent être admirés dans les collections des musées du pays, entre autres au Musée d'Art appliqué (*Iparművészeti Múzeum*) de Budapest.

Dans les années 1700, où l'embourgeoisement démarrait, les cadrans solaires apparaissaient aussi dans les établissements non religieux. Un bel exemple est celui du double cadran d'angle d'un moulin à eau (photo 6).

De nombreux cadrans solaires des années 1800 ont malheureusement disparu mais ceux qui ont résisté à l'épreuve du temps et des guerres sont bien représentatifs des cadrans de cette époque (photo 7).

Au-delà des cadrans verticaux, notre patrimoine comporte bien entendu d'autres types de cadrans, comme le beau cadran horizontal gravé sur ardoise du lycée réformé de la ville de Debrecen (*Debreceni Református Kollégium*) à l'est de la Hongrie.

À la fin du siècle dernier de plus en plus de cadrans solaires furent installés et cette tendance s'est accélérée depuis l'an 2000 : nous avons répertorié 377 cadrans solaires datant du XX^e siècle et 310 du XXI^e siècle !

Des cadrans solaires originaux sont ainsi apparus récemment en Hongrie, comme le bloc gnomonique (photo 8) d'Óbuda, un quartier de Budapest, le cadran sphérique de Miskolc (photo 9), au nord-est du pays, le cadran analemmatique de Kecel au centre du pays, ou encore le cadran-vitrail extérieur de Kecskemét en Hongrie centrale.

Des astronomes, des artistes et de simples passionnés ont contribué à cet essor récent et je voudrais citer Aurél Ponori Thewrewk (voir une de ses réalisations : photo 10) et Lajos Bertha (photo 11), qui ont largement contribué à la diffusion des connaissances sur ces instruments astronomiques d'origine ancestrale. Enfin un hommage doit être rendu à Sándor Keszthelyi qui a initié le précieux travail d'inventaire des cadrans solaires de Hongrie, ce qui a conduit au catalogue en ligne mentionné en début d'article.

Géza Marton idomester@mcse.hu est maître orfèvre et modéliste de formation. Il a réalisé de très nombreux cadrans solaires de tous types et à partir de différents matériaux (80 de ses réalisations figurent dans le catalogue <https://manapka.mcse.hu>). Il contribue également très souvent, par ses cours et conférences, à la diffusion des connaissances dans le domaine.



DES CADRANS SOLAIRES DANS LES ÉCOLES DU TOGO

Doh Koffi Addor

Pays d'Afrique de l'Ouest, proche de l'équateur et s'étendant sur 550 km pratiquement le long du méridien de Greenwich, le Togo aura bientôt son premier cadran solaire et l'auteur de l'article, à l'origine de ce projet, nous présente ses efforts et ses actions préliminaires à cette réalisation.



J'ai découvert les cadrans solaires en 2020 et rejoint le Comité éditorial du magazine *Cadrans Solaires Pour Tous* en 2021. Et chaque jour qui passe, je suis séduit et fasciné par les cadrans solaires, bien que mes obligations professionnelles ne me permettent pas encore de leur consacrer beaucoup de temps.

Je me suis cependant fixé comme objectif de concevoir et ériger le tout premier cadran solaire (de type équatorial) du Togo.

Cette idée a été annoncée lors de la première édition des *Journées de Découverte de l'Astronomie au Togo (JDA-TOGO)* en 2021, organisées par l'Association togolaise d'astronomie et présentée dans un article¹ paru dans le n°1 du présent magazine.

Après cette présentation, des démarches ont été entreprises auprès des responsables de l'éducation togolaise pour non seulement faire construire le tout premier cadran solaire dans une école, mais aussi et surtout pour organiser des séances de formation des enseignants et des élèves sur les principes de réalisation des cadrans solaires (leur conception), leur positionnement et la lecture des heures, en suivant le mouvement apparent du Soleil.

Le but de ces démarches est d'arriver à introduire à long terme l'enseignement sur les cadrans solaires dans le programme d'enseignement d'astronomie qui est, à petits pas, en train de prendre corps dans le programme d'enseignement au Togo.

Ces démarches ont eu une issue favorable (bien qu'ayant pris beaucoup de temps) et les tout premiers ateliers de formation sur les cadrans solaires ont eu lieu aussi bien pour les

enseignants (en novembre 2023) que pour les élèves (en décembre 2023).

Et nous sommes heureux de vous présenter les temps forts de ces deux ateliers à travers cet article.

ATELIER POUR LES ENSEIGNANTS

Cet atelier s'est déroulé les 22 et 23 novembre 2023 à Tsévié, une localité située à près de 45 km au nord de la capitale Lomé, dans le cadre d'un programme de formation des enseignants du primaire et du secondaire en astronomie. Le cadran solaire équatorial était au centre de cette formation. Il était donc question de leur parler :

- des positions du lever et du coucher du Soleil, différentes de ce qui était toujours enseigné au Togo à savoir : « Le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest », comme si cette position du lever et du coucher du Soleil était figée,
- du mouvement apparent du Soleil,
- de la notion d'ombre selon la hauteur du Soleil,
- de la notion de temps...

Ces points étaient essentiels à connaître par les enseignants afin qu'ils puissent comprendre :

- l'utilité du cadran solaire à double face que nous leur proposons (photos 3 et 4 page suivante),
- pourquoi ce type de cadran solaire n'est pas fonctionnel aux deux équinoxes, les deux jours de l'année où le Soleil se lève exactement à l'est et se couche exactement à l'ouest,
- aussi et surtout, savoir désormais enseigner à leurs élèves la notion d'orientation, de latitude, de mesure du temps à partir du Soleil.

À la fin de l'atelier, chaque enseignant a pu fabriquer et utiliser son propre cadran solaire équatorial (photo 1 page suivante).

¹ Des cadrans solaires au Togo - Doh Koffi Addor
https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2022/04/mag-CSPT-n1-DK_Addor.pdf

ATELIER POUR LES ÉLÈVES DU SECONDAIRE

L'atelier pour les élèves s'est déroulé à Lomé le 2 décembre 2023 avec la participation d'une cinquantaine d'élèves du secondaire deuxième cycle (lycée). Il s'inscrivait dans le cadre d'une formation en astronomie pour les élèves « Détectives des étoiles et planètes dans les écoles ». Le cadran solaire, au centre de cette formation, permettait d'amener les élèves à se familiariser avec la notion d'ombre, d'orientation (en utilisant une boussole), du lever et du coucher du Soleil selon les latitudes, du méridien local, et in fine de mieux comprendre le mouvement apparent du Soleil selon la rotation de la Terre, de pouvoir avoir une idée de la position de l'axe de rotation de la Terre et de faire un lien entre l'heure solaire et l'heure « réelle » (d'une montre). À la fin de cet atelier de formation, les élèves ont pu fabriquer leur propre cadran solaire et ont appris comment s'en servir (photo 2 ci-contre)

POURQUOI UN CADRAN SOLAIRE ÉQUATORIAL ?

Bien qu'un cadran solaire équatorial soit un peu difficile à réaliser à la latitude du Togo (surtout à Lomé) à cause de la basse latitude (6°N environ) proche de l'équateur, le cadran solaire équatorial permet facilement selon moi d'introduire latitude, méridien local, axe de rotation de la Terre (qui coïncide avec la tige du cadran), mouvement de rotation de la Terre, lever et coucher du Soleil selon les trois positions (NE-NO, E-O et SE-SO), utilisation d'une boussole pour déterminer les quatre points cardinaux...

Ces notions, abstraites a priori, peuvent donc être illustrées lors de l'enseignement utilisant le cadran solaire équatorial, permettant aux élèves et aux enseignants de mieux comprendre leur fonctionnement.

ET LA SUITE...

Dans les mois à venir, outre l'organisation d'autres ateliers sur les cadrans solaires, nous érigerons le tout premier cadran solaire du Togo. Il s'agira d'un cadran solaire équatorial d'au moins un mètre de diamètre. Nous vous présenterons ce cadran solaire dans l'un des numéros à venir de ce magazine.

Continuez donc à nous suivre !



Photo 1 : Cadrans solaires réalisés par les enseignants



Photo 2 : Cadrans solaires réalisés par les élèves



Photo 3 : Cadran solaire équatorial à double face : face fonctionnelle en hiver



Photo 4 : Cadran solaire équatorial à double face : face non fonctionnelle en hiver

Doh Koffi ADDOR medardkoffi48@gmail.com est président fondateur de l'ONG "Science Géologique pour un Développement Durable" (SG2D), membre du Conseil de International Geoscience Education Organisation (IGEO), président Fondateur de l'Association Togolaise d'Astronomie (ATA), IAU National Outreach Coordinator (NOC TOGO), IAU National Astronomy Education Coordinator (NAEC TOGO), président de l'équipe NASE (Network for Astronomy School Education) Togo, membre du comité éditorial du magazine *Cadrans Solaires pour tous*.



CADRANS SOLAIRES, ÉNIGMES ET JEUX VIDÉO

Alix Loiseleur des Longchamps

Vous pensiez l'intérêt porté aux cadrans solaires réservé à quelques passionnés/passionnées et amateurs/amatrices ? Détrompez-vous ! Cet objet magnifique est vu et utilisé par des centaines de millions de personnes, grâce... aux jeux vidéo.

Entrer dans un jeu vidéo, c'est s'immerger dans la simulation d'un monde vivant, en perpétuelle création, et le plus souvent inspiré de la réalité. Et dans le décor d'un certain nombre d'entre eux, figurent des cadrans solaires, présents pour leur valeur architecturale, esthétique ou artistique, mais pas seulement... Éléments actifs du jeu, en plus de mesurer les heures, ils aident également le joueur à résoudre les énigmes qui le feront progresser pas à pas dans son univers virtuel.

De l'Antiquité jusqu'à des mondes futuristes, fictifs, fantastiques voire post-apocalyptiques, en passant par les Vikings ou le XIX^e siècle, les jeux se déroulent dans des paysages qui évoquent indifféremment certaines régions de France, d'Angleterre ou des États-Unis. Ce qui implique, pour les cadrans solaires qu'on y croise, des esthétiques de représentations variées, de la plus minimaliste à la plus monumentale.

Dans certains jeux - ou parties de jeu - cet objet reste purement décoratif :

- **Assassin's Creed Unity** se situe pendant la Révolution française, à Paris. Parmi les éléments architecturaux mis en scène, figurent des cadrans solaires installés sur les façades des bâtiments. Bien que non interactifs, ceux-ci ajoutent une touche de réalité à l'environnement du jeu, renforçant par là même l'immersion du joueur dans une époque révolue.
- Dans la 7^e arène de **Pokemon X et Y**, le joueur se retrouve à parler au professeur Platane devant le cadran solaire de Flusselles, une ville de la région de Kalos. Cette ville représente Strasbourg, et ce cadran fait référence à sa cathédrale Notre-Dame, par sa taille monumentale, mais aussi par son horloge astronomique. En effet, le cadran solaire réinterprète la forme du chef-d'œuvre de la Renaissance et scintille dans la lumière du couchant. Une référence assumée et explicite au mystère du rayon vert issu du même monument alsacien.
- **Red Dead Redemption** propose une représentation fictive d'un mytique Far West et de son époque. Les cadrans solaires,

présents sur divers bâtiments et objets, visent à renforcer l'authenticité historique du jeu.

- Dans **Genshin Impact**, le personnage tombe sur un ancien cadran, dont l'existence est mentionnée dans un livre, mais hélas inutilisable. Son commentaire est intéressant en ce qu'il évoque sa signification : « Ce cadran semble avoir vieilli, mais ses gravures encore très claires font qu'il peut toujours être utilisé aujourd'hui. Le soleil est rarement visible dans le Gouffre, il est donc facile de perdre la notion du temps. Mais un jour viendra où ce cadran solaire pourra à nouveau mesurer le passage des années ». « Il paraît que le cadran solaire des âges serait gravé dans la mémoire des gens, si bien qu'il ne perdrait pas son éclat, même dans les moments de solitude éphémère... Peut-être qu'il n'a jamais été perdu, en fin de compte ? »

Passer d'un instrument de mesure du temps à un objet interactif... Il n'y a qu'un pas à faire dans ces univers virtuels. Remonter le temps, l'accélérer, reproduire le cycle jour/nuit : autant de défis à relever pour les joueurs, pour qui ce cadran devient un indice à part entière pour la résolution des énigmes qui feront progresser dans le jeu.

Ce que confirment des gamers interrogés. Dans les jeux évoqués plus haut, les cadrans ne sont pas « utiles », en revanche « ils apportent quelque chose à l'histoire » dans les jeux suivants. Dans les jeux d'action-aventure, les cadrans sont déjà insérés et doivent être trouvés dans l'environnement. Le jeu **Minecraft** fait exception, car le joueur dispose des blocs pour faire avancer son aventure, et c'est lui qui crée son propre cadran solaire.

Tout comme les jeux de survie dans lesquels l'utilisateur peut créer, inventer ou détruire, pour lutter à travers les saisons en construisant une base. Dans **Subsistence Et Valheim**, type de jeu dit « bac à sable », les joueurs doivent construire, avec les matériaux trouvés sur place, de quoi mesurer précisément le temps, en tenant compte de la durée du jour et de la venue de la nuit.

Mais la majorité des jeux ont déjà intégré un ou des cadrans que le joueur doit retrouver et manipuler pour avancer dans son action. De petites tailles ou monumentaux, uniques ou multiples, en plus ou moins bon état, ils sont faits de bois, de pierre ou de métal.

Dans *The Legend of Zelda*, où le passage du temps est indispensable pour résoudre des énigmes, les concepteurs ont même proposé une version améliorée, remplaçant le cadran solaire par un affichage numérique, « plus précis ». Certains cadrans gardent dans le jeu leur rôle dynamique montrant l'ombre en mouvement influant sur la résolution d'énigmes. C'est le cas dans *Assassin's Creed Origin's*, l'alignement permettant d'ouvrir un tombeau sous la pyramide, ou *Sable*, jeu particulièrement esthétique à la Moebius (Jean Giraud), dans lequel le joueur doit attendre le lever du Soleil pour ouvrir des portes.

D'autres conservent la notion de passage du temps comme *Destiny 2*, dans lequel le joueur traverse les époques grâce à des manipulations de l'espace-temps. Il doit pour cela récupérer les composants d'un cadran solaire. Dans *The Elder Scrolls V*, un univers de *fantasy*, on suit Serena qui inspecte un cadran solaire pour tenter d'y retrouver les symboles manquants en fouillant la zone proche. Pour d'autres, il faut aux joueurs retrouver un cadran et aligner certains éléments pour qu'ils puissent poursuivre leur quête. La notion de temps n'apparaît plus. Restent une ombre ou un style à aligner sur un symbole pour déclencher une action. *Diamond in the Rough* fait ainsi apparaître un cadran devant le joueur qui doit alors positionner l'aiguille sur un symbole représentant un homme.

Avec Lara Croft, la célèbre héroïne aventurière britannique de *Tomb Raider*, on doit briser une vitrine pour prendre un cadran solaire, se rendre

près d'une sculpture en forme de globe et y placer le gnomon. Le globe est ensuite tourné de manière à placer l'aiguille sur certains chiffres et, par cet alignement, faire s'ouvrir une grille.

Dans la série « puzzles », se trouve le défi du jeu *L'Héritage de Poudlard*, ou comment résoudre le puzzle d'un cadran solaire pour rentrer dans les ruines de Poudlard. Et dans un univers bien plus impitoyable, la mission à effectuer dans *Biomutant* : il s'agit là de la quête de quatre cadrans solaires, dispersés dans la nature, et formant un puzzle comme un casse-tête ; une quête possible qu'au lever du Soleil... La série d'épreuves de *The Room Three* amène le joueur à récupérer un petit cadran solaire qu'il va aller placer au centre d'un plus grand placé au sol et qui, une fois retourné, ouvre une trappe.

Parmi ces 18 jeux vidéo évoqués, deux se démarquent : *Skipper & Skeeto*, jeu danois d'aventure et de vulgarisation scientifique, qui propose un cadran solaire parlant ! Et avec *Horizon Zero Dawn*, les joueurs se retrouvent dans un univers futuriste post-apocalyptique, un monde sauvage dominé par les machines. Les cadrans solaires aident alors le joueur dans sa quête en proposant des repères.

On le voit, tous ces univers, dont le choix est loin d'être exhaustif, n'incluent pas stricto sensu des cadrans solaires traditionnels, destinés à mesurer le temps et marquer les heures. Ils sont présents bien davantage pour leur portée symbolique, supports d'indices et de signes qui aideront le joueur dans la résolution des énigmes qui jalonnent sa quête. Ils apparaissent en cela davantage comme des dispositifs dynamiques, destinés à relancer le jeu pour progresser dans l'aventure.

Merci à Pauline, Gaylord, Grégory et Hugo qui ont bien voulu apporter leur expérience de gamer à la documentation de cet article.

Après des études de lettres modernes et un diplôme de l'INTD-CNAM, Alix Loiseleur des Longchamps est « assez occupée par le merveilleux métier de libraire depuis plus de 30 ans ». Elle est amatrice d'expositions, de broderies, de cuisine, parfois de photos, et de "curiosités" tels que les cadrans solaires, des objets qui la captivent.



LE CLEA, UNE ASSOCIATION QUI VIT AU RYTHME DU SOLEIL

Frédéric Pitout

Les enseignants jouent un rôle important dans la transmission des connaissances en matière d'astronomie. C'est à partir de cette conviction que le Clea a été créé et qu'il développe ses actions, concernant en particulier les cadrans solaires.

OBJECTIFS ET ACTIONS DU CLEA

Le Comité de liaison enseignants et astronomes (Clea) est une association de type loi 1901 qui a pour double objectif de promouvoir l'enseignement de l'astronomie (et plus généralement l'utilisation de l'astronomie dans l'éducation) et d'aider les enseignants en leur apportant aide et ressources pédagogiques. Les motivations premières sont : susciter la curiosité des élèves ; inculquer la méthode scientifique au travers de l'astronomie ; plus largement diffuser une culture scientifique autant interdisciplinaire que possible - au travers de l'astronomie, ce sont l'histoire, la géographie, la philosophie, etc. qui peuvent être abordées. Et puis, la société évoluant et les préoccupations aussi, d'autres objectifs sont apparus comme éduquer aux médias et à l'esprit critique, illustrer les retombées technologiques et sociétales d'une science dite fondamentale comme l'astronomie, utiliser l'astronomie comme prise de conscience environnementale ou encore comme vecteur de diversité, d'équité et d'inclusion.



Image 1. Affiche de présentation du Clea

Pour atteindre ses objectifs, le Clea mène ses actions sur quatre fronts. Historiquement, le premier a été l'organisation des formations pour les enseignants. Dès 1977, des universités ou

écoles d'été d'astronomie sont organisées avec, selon les années, de quelques dizaines à plus de cent participants. Des stages plus courts sont aussi inscrits aux programmes académiques de formations. Le deuxième est la production des ressources pédagogiques pour les enseignants. Ces ressources, coconstruites par des enseignants et des astronomes, prennent la forme d'une revue trimestrielle, *Les Cahiers Clairaut*, qui à partir de 1978 paraît aux équinoxes et aux solstices (en cela, le Soleil rythme une bonne partie des activités du Clea). Tous les deux ou trois ans, le Clea publie des ouvrages thématiques, sous la forme de hors-séries des Cahiers Clairaut. Le troisième vise à créer du lien entre les enseignants : l'animation d'un réseau de correspondants académiques ou régionaux répartis dans les différents territoires. Les correspondants représentent aussi l'association auprès des rectorats et établissements scolaires. Enfin, quatrième front, la technologie et l'ère du numérique aidant, un site Web (<http://clea-astro.eu>) vient faciliter la mise à disposition de ressources et dynamise la vie de l'association. Ce site héberge notamment *L'Univers à portée de main* ou Lunap, (voir <http://clea-astro.eu/lunap/>), une encyclopédie astronomique numérique mise en place à l'occasion de l'Année internationale de l'astronomie en 2009. Une liste de diffusion et, plus récemment, les réseaux sociaux viennent compléter l'« offre » numérique.

ET LES CADRANS SOLAIRES ?

En classe, une idée préconçue à laquelle nous sommes souvent confrontés de la part des enseignants voudrait que l'astronomie se pratique uniquement de nuit avec du matériel coûteux et compliqué à manipuler. Je suis certain que les lecteurs de *Cadrans solaires pour tous* sont, tout comme nous, convaincus du contraire. En fait, un simple bâton planté dans le sol constitue un très simple et pourtant puissant instrument de travail - encore faut-il que la météo y mette du sien !

Du reste, la gnomonique et l'observation solaire représentent une bonne partie des activités et ressources proposées par le Clea. Le numéro

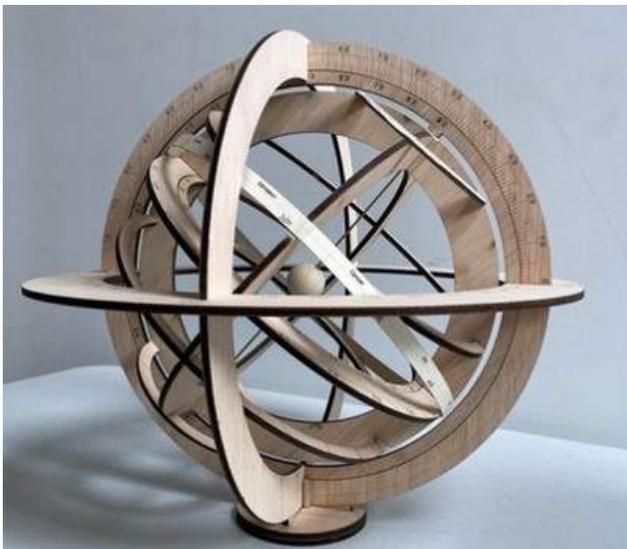
134 des Cahiers Clairaut était consacré aux cadrans solaires (on peut le trouver en accès libre sur l'archive <http://clea-astro.eu/archives/> comme tous les Cahiers Clairaut de plus de 3 ans) et le hors-série 14 paru en 2018 traite du Soleil en faisant la part belle aux cadrans.

Depuis de nombreuses années, l'école d'été d'astronomie du Clea est organisée au centre d'oxygénation du col Bayard, sur les hauteurs de Gap (Hautes-Alpes). En 2014, à l'occasion d'un atelier, une petite équipe y avait construit un cadran analemmatique avec, lieu obligeant, des balles de golf pour repérer les heures et deux planches en forme de skis qui indiquent la position où se tenir selon l'époque de l'année (image 2).



Image 2. Cadran analemmatique construit par le Clea au centre d'oxygénation du Col Bayard, près de Gap. Sur le panneau surplombant les rochers est inscrit « Astronome, Golfeur, Skieur, par ton ombre indique mon heure »

En 2023, le Clea, en partenariat avec l'Association sciences en Seine et patrimoine (ASSP) et la Commission des cadrans solaires de la Société astronomique de France, a réalisé une sphère armillaire en bois à monter soi-même (voir <http://clea-astro.eu/lunap/maquettes> et image 3). Voilà un instrument, presque un objet



d'art, qui propose un nombre impressionnant d'applications et qui est redoutable d'efficacité pour faire comprendre le mouvement apparent du Soleil, les effets des saisons, etc. Et une sphère armillaire fait aussi un très beau cadran solaire !

Beaucoup plus simplement, si vous avez de vieux CD, vous pouvez utiliser leurs boîtiers et les recycler en cadran solaire (image 4) ; en double cadran solaire même : équatorial et horizontal ! Toutes les informations et plans sont disponibles sur le site Web du Clea, dans la section consacrée aux cadrans solaires de Lunap (<http://clea-astro.eu/lunap/cadrans-solaires/>), les parties à imprimer sont disponibles pour quatre villes (latitudes différentes) de France métropolitaine.

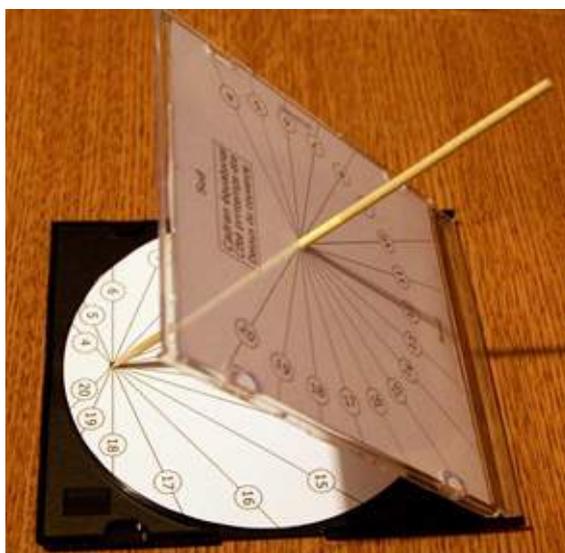


Image 4. Cadran solaire équatorial et horizontal dans un boîtier de CD

Alors que le Clea s'approche lentement mais sûrement de son demi-siècle d'existence, le Soleil et les cadrans jouent un rôle essentiel dans son approche pédagogique et ses activités. Et ce n'est pas près de s'arrêter.

Chaleureux remerciements à Francis Berthomieu, Pierre Causeret et Véronique Hauguel pour les photos, suggestions et relectures.

Frédéric Pitout presidence@clea-astro.eu est astronome adjoint à l'Observatoire Midi-Pyrénées (Université de Toulouse III - Paul Sabatier) et président du Comité de liaison enseignants et astronomes (Clea)

Image 3. Sphère armillaire en bois montée

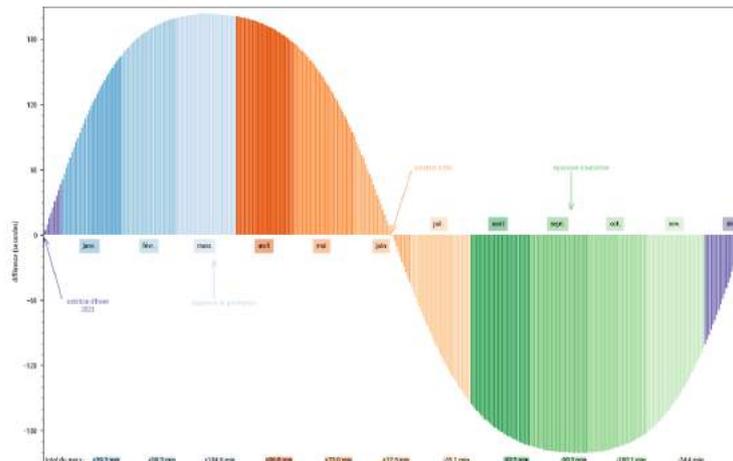
JEUX ET ÉNIGMES

UNE DEVINETTE

QUI S'EST TROMPÉ ?

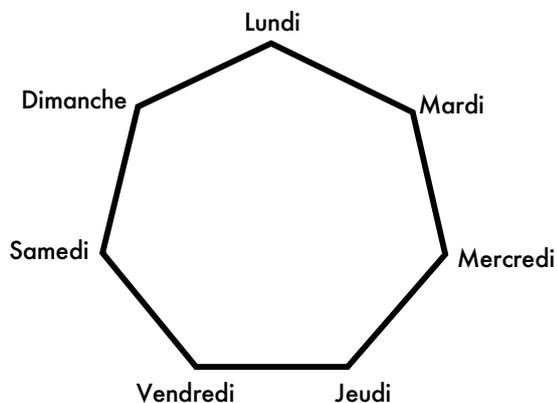
David Alberto, membre du comité éditorial de ce magazine, a publié récemment sur son site <https://www.astrolabe-science.fr/> l'intéressant schéma ci-dessous. Il permet de visualiser, jour par jour à partir du solstice d'hiver la variation de la durée du jour par rapport à celle du jour précédent (et cela pour l'année 2024 et une latitude de 47°N correspondant au centre de la France métropolitaine). Sur ce schéma où les mois sont représentés par des couleurs différentes, on peut constater que dans les premières semaines suivant le solstice d'hiver, la variation est d'environ +5 secondes par jour et qu'elle atteint environ +3 minutes par jour autour de l'équinoxe de printemps (à partir du solstice d'été, au centre de l'axe des abscisses, la variation est similaire mais négative). Ce point est bien en accord avec le dicton « À Noël les jours rallongent d'un pas de coq, à l'an neuf d'un pas de bœuf » mais pas avec le dicton « À la Sainte-Luce, les jours croissent du saut d'une puce » car la Sainte-Luce survient le 13 décembre et le schéma montre (à son extrémité droite) que les jours raccourcissent !

Qui s'est trompé? David Alberto ou l'auteur du dicton relatif à la Sainte-Luce?



UNE ÉNIGME

DES JOURS DE LA SEMAINE À L'ORDRE DES PLANÈTES...



Francis Reymann (reymann.francis@wanadoo.fr) nous suggère l'énigme suivante, que vous avez peut-être déjà rencontrée dans vos lectures...

Sur chacun des 7 sommets du polygone à 7 côtés (heptagone) ci-contre, ont été indiqués, dans le sens des aiguilles d'une montre, les jours de la semaine.

Comment retrouver, à l'aide de cette représentation, l'ordre des planètes (éloignements croissants à partir du Soleil) ?

UN PROBLÈME GNOMONIQUE

ÉCLAIRER UNE PLACE DE VILLAGE...

Le village de Viganella au nord de l'Italie, niché au fond d'une vallée étroite près de la frontière suisse, n'était pas éclairé par le Soleil au cœur de l'hiver, plus précisément pendant 83 jours de l'année...

Mais en 2006, le village renaît : un large miroir est installé sur un mont proche du village et, commandé par ordinateur, il dirige à chaque moment de la journée, en hiver, la lumière solaire vers la place du village ! Ce projet a séduit d'autres villages encaissés : il a notamment été reproduit quelques années plus tard à Rjukan en Norvège.

Vous maîtrisez la gnomonique, et avez donc une parfaite connaissance de la position du Soleil dans le ciel, à chaque instant de chaque journée. Supposons qu'une municipalité fasse appel à vous pour écrire les équations qui serviront à l'automatisation du miroir c'est-à-dire à concevoir « un cadran solaire à réflexion indiquant la même heure toute l'année »...

Sauriez-vous les écrire ?

La place du village de Rjukan éclairée par les rayons de soleil réfléchis par un miroir



UN TEST RAPIDE

VOTRE MISSION, SI VOUS L'ACCEPTÉZ...

Connaissez-vous Null Island, cette île imaginaire constituée d'un carré d'un mètre de côté, et qui a pour caractéristique que son centre ait des coordonnées géographiques nulles ?

À cet emplacement, à l'intersection donc de l'équateur terrestre et du méridien de Greenwich, dans le golfe de Guinée, flotte fièrement une bouée surmontée d'une petite station météorologique (photo ci-contre).

Supposons que la « république de Null Island » (si, si, elle a été créée !) vous confie la mission d'y installer un cadran solaire, mission que vous acceptez car un voyage vers ce lieu si particulier vous tente...

Quel type de cadran allez-vous donc concevoir ?



SOLUTIONS DES JEUX ET ÉNIGMES

UNE DEVINETTE

Personne ne s'est trompé car le dicton « À la Sainte-Luce, les jours croissent du saut d'une puce » date d'avant 1582, lorsque, dans le calendrier julien, le 13 décembre coïncidait avec la date du solstice d'hiver.

En 1582, le calendrier grégorien (établi à la demande du pape Grégoire XIII) entre en vigueur dans les États catholiques, et ramène le solstice d'hiver au 21/22 décembre...

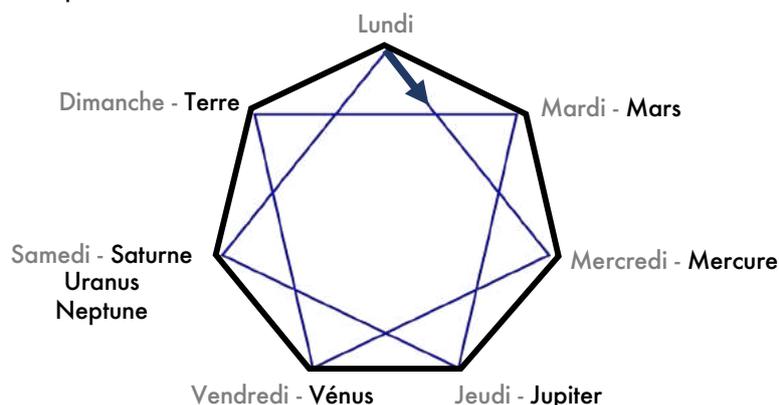


C'est sur la base des travaux du mathématicien et astronome allemand Christophorus Clavius que le calendrier grégorien est établi en 1582 (notez les magnifiques instruments qui entourent le savant sur cette représentation)

UNE ÉNIGME

Il suffit d'ajouter au schéma un polygone régulier étoilé, plus connu dans les traditions religieuses et cabalistiques sous le nom d'heptagramme. Partant du sommet (lundi) on suit l'heptagramme dans le sens des aiguilles d'une montre (on saute donc un jour sur deux), jusqu'à samedi, la première lettre (ou les premières lettres) de chaque jour indiquant alors le nom de la planète : **M**ercredi - Mercure, **V**endredi - Vénus, **D**imanche - Terre (jour de repos à la fin de la création de la Terre selon le *Livre de la Genèse*), **M**ardi - Mars, **J**eudi - Jupiter, **S**amedi - Saturne, les planètes suivantes étant dérivées des dernières lettres de **S**aturne : Uranus et Neptune.

Mais si vous préférez des moyens mnémotechniques plus traditionnels comme l'utilisation des premières lettres de chaque terme de la phrase « Mercredi, viendras-tu manger, Jean, sur une nappe ? », vous en avez pleinement le droit !



UN PROBLÈME GNOMONIQUE

Yvon Massé, membre du comité éditorial du magazine, vous propose la solution suivante.

DIRECTION DU VILLAGE EN AZIMUT (A') ET HAUTEUR (h')

En donnant à H , L et D des valeurs algébriques suivant le repère x , y et z (H est négatif, L et D sont positifs) on en déduit que :

$$A' = \text{Atg}\left(\frac{L}{D}\right) \text{ à } 180^\circ \text{ près} \quad \text{et} \quad h' = \text{Atg}\left(\frac{H}{\sqrt{L^2 + D^2}}\right)$$

DIRECTION DE LA NORMALE N AU MIROIR EN AZIMUT (A'') ET HAUTEUR (h'')

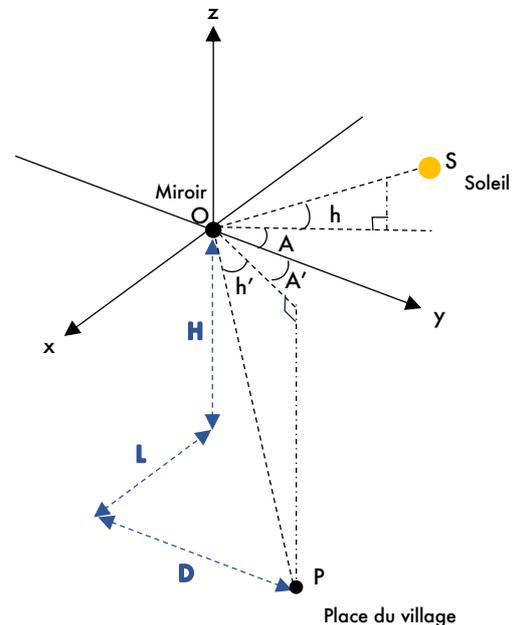
Soit N la bissectrice à la direction du Soleil et à celle du village ; son vecteur directeur est directement obtenue par addition des vecteurs unitaires « direction du Soleil » et « direction du village » (c'est bien entendu la normale au miroir puisque l'angle d'incidence des rayons lumineux est égal à leur angle de réflexion).

$$N \begin{cases} x = \sin A \cdot \cos h + \sin A' \cdot \cos h' \\ y = \cos A \cdot \cos h + \cos A' \cdot \cos h' \\ z = \sin h + \sin h' \end{cases}$$

A'' et h'' (servant à l'orientation du miroir) sont alors donnés par les équations :

$$A'' = \text{Atg}\left(\frac{x}{y}\right) = \text{Atg}\left(\frac{\sin A \cdot \cos h + \sin A' \cdot \cos h'}{\cos A \cdot \cos h + \cos A' \cdot \cos h'}\right) \text{ à } 180^\circ \text{ près}$$

$$h'' = \text{Atg}\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \quad \text{d'où} \quad h'' = \text{Atg}\left(\frac{\sin h + \sin h'}{\sqrt{\cos^2 h + 2 \cdot \cos(A - A') \cdot \cos h \cdot \cos h' + \cos^2 h'}}\right)$$



UN TEST RAPIDE

La réponse est que l'on peut, en tout lieu, tracer a priori n'importe quel type de cadran mais qu'ils ne ressembleront cependant pas nécessairement, selon le lieu considéré, aux cadrans (du type choisi) que vous avez coutume d'observer. Ainsi à l'équateur, où se situe Null Island, vous pouvez par exemple envisager de tracer :

- Un cadran horizontal (caractérisé par une table horizontale et un style orienté selon l'axe des pôles) qui apparaîtra donc comme... un cadran polaire (aux lignes horaires parallèles) !
- Un cadran vertical (une table verticale et un style orienté selon l'axe des pôles) qui apparaîtra donc comme... un cadran équatorial à double face (aux lignes horaires régulièrement espacées de 15°) !

Oui mais... ces deux types de cadrans nécessitent d'avoir une orientation constante, avec le style dans la direction nord-sud. Or la bouée n'a pas une orientation constante : elle peut tourner sur elle-même ! Je vais donc, vous dites-vous, penser à un cadran de hauteur, qui ne nécessite pas de connaître la direction nord-sud. Oui, mais outre que la bouée tourne sur elle-même, elle tangue ! À ce stade, vous répondez aux responsables de Null Island que leur beau projet d'installer un cadran solaire sur leur île peut conduire à des cadrans de type varié, mais qu'il ne verra le jour que si la bouée est munie d'un système de stabilisation afin qu'elle conserve (au moins sur une partie) une verticalité, voire également une orientation fixes !

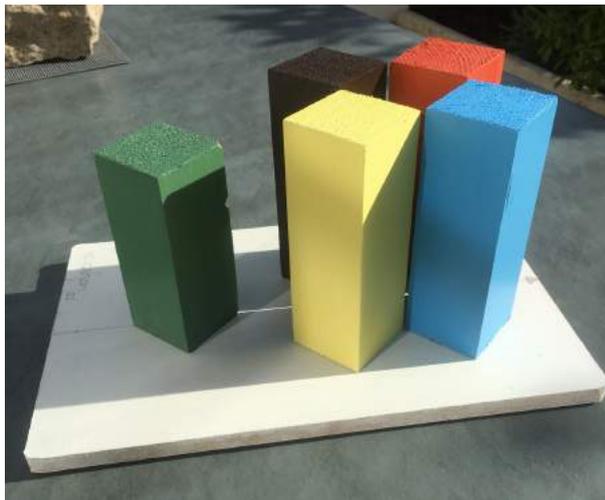
Pourquoi pas, suggère Yves Opizzo, membre du comité éditorial du magazine, un gyroscope à trois axes (l'énergie nécessaire étant fournie par la houle), ou un système suspendu à un fil solide et fin, supportant une plaque horizontale de poids élevé, permettant de garder en (presque) toute occasion une bonne horizontalité ?

MANHATTAN

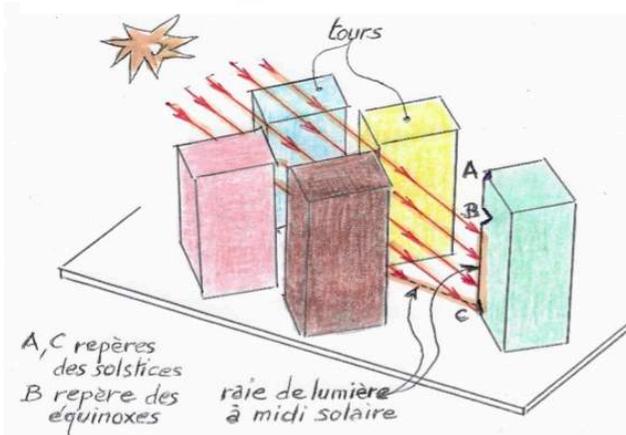
Cette page du magazine est traditionnellement consacrée à l'une des créations originales du prolifique gnomoniste-cadranier Claude Gahon claudegahon@yahoo.fr, membre du comité éditorial de ce magazine.

Pour ce numéro a été choisie « Manhattan », une méridienne (cadran solaire qui indique le midi solaire) inspirée par les gratte-ciel de New York. Elle est très rapide et très facile à construire (notamment à partir de ces parallélépipèdes de bois avec lesquels jouent les enfants). Les 4 parallélépipèdes les plus hauts sont suffisants pour créer sur le sol une raie lumineuse qui indiquera midi solaire, mais Claude Gahon a ajouté une « tour verte » dont une arête recevra cette raie lumineuse et servira également à repérer sur son arête les solstices et les équinoxes, grâce à l'ombre des arêtes supérieures des tours jaune et noire.

Il reste à correctement orienter cet ensemble pour que la raie lumineuse apparaisse à midi solaire et soit donc dans la direction nord-sud. Pour déterminer cette direction vous pourrez avoir recours à une boussole (tenez-vous éloignés de masses métalliques et corrigez la lecture par la valeur de la déclinaison magnétique !) ou, plus simplement (et avec plus de précision !), utiliser l'application en ligne mentionnée en p. 7 : <https://heuresolaire.com/>



A midi solaire, les rayons solaires "traversent" toutes les tours et se projettent en une seule raie lumineuse sur le "sol" et la tour "verte". L'extrémité du rayon lumineux atteint les repères aux solstices et équinoxes.



c.gahon

« Cadrans solaires pour tous » est un magazine trimestriel dont le contenu est disponible sous licence CC BY-NC-SA (sauf mention contraire).

Tous les numéros ainsi que, séparément, chaque article de chaque numéro, peuvent être téléchargés gratuitement depuis

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

La version papier de chaque numéro peut également être commandée depuis

<https://bit.ly/3d4RwY9>

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

Comité éditorial : Doh Koffi Addor, David Alberto, Jean-Luc Astre, Pierre-Louis Cambefort, Claude Gahon, Jasmin Gauthier, Alix Loiseleur des Longchamps, Yvon Massé, Yves Opizzo, Elisabeth Regamey, Michèle Tillard et Roger Torrenti.

Dépôt légal : mars 2024 - ISSN 2824-057X

Contact : contact@cadran-solaires.info



Doh Koffi Addor



David Alberto



Jean-Luc Astre



Pierre-Louis Cambefort



Claude Gahon



Jasmin Gauthier



Alix Loiseleur
des Longchamps



Yvon Massé



Yves Opizzo



Elisabeth Regamey

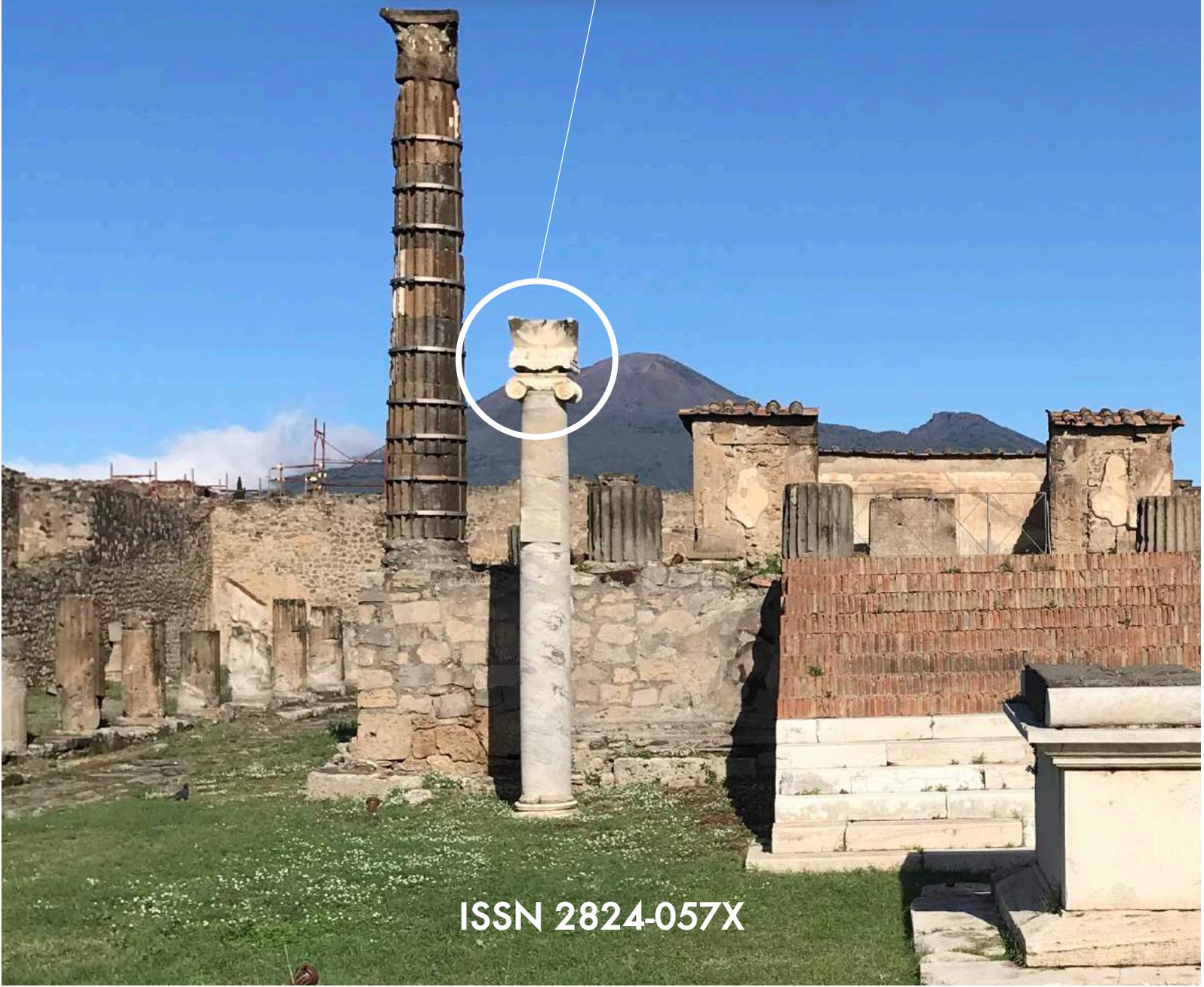


Michèle Tillard



Roger Torrenti

Photo page suivante : si vous avez la chance de visiter ou de revisiter Pompéi, prenez soin de vous arrêter devant le temple d'Apollon, dès avoir franchi la porte d'entrée principale du site : vous pourrez apercevoir notamment, trônant au sommet d'une colonne, un beau cadran solaire de type scaphé, indiquant toujours fièrement l'heure romaine (à une époque où la durée de chaque jour était divisée en 12 parties égales).



ISSN 2824-057X