

CADRANS SOLAIRES POUR TOUS

Magazine trimestriel - n°15 - Printemps 2025 - 12€



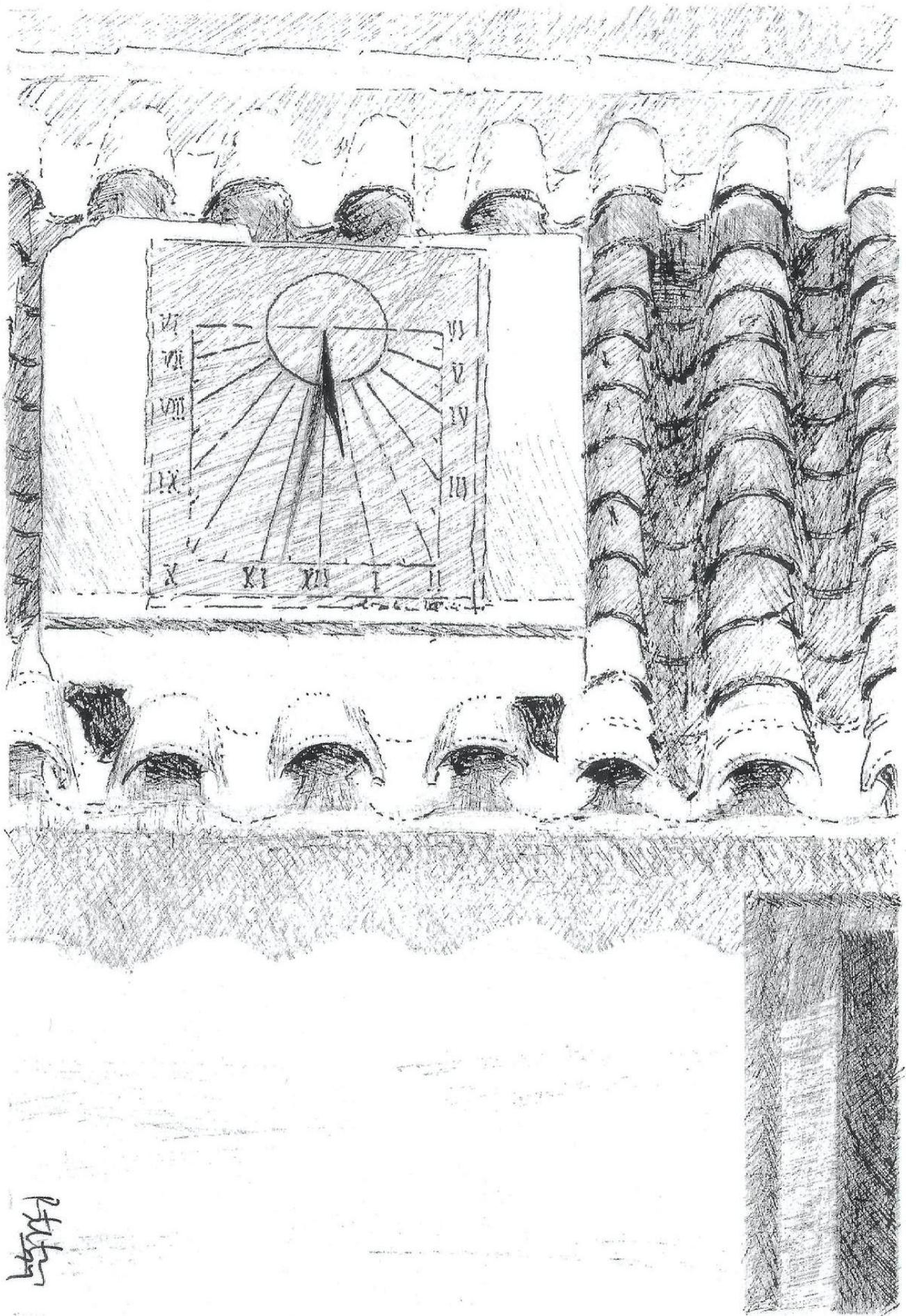
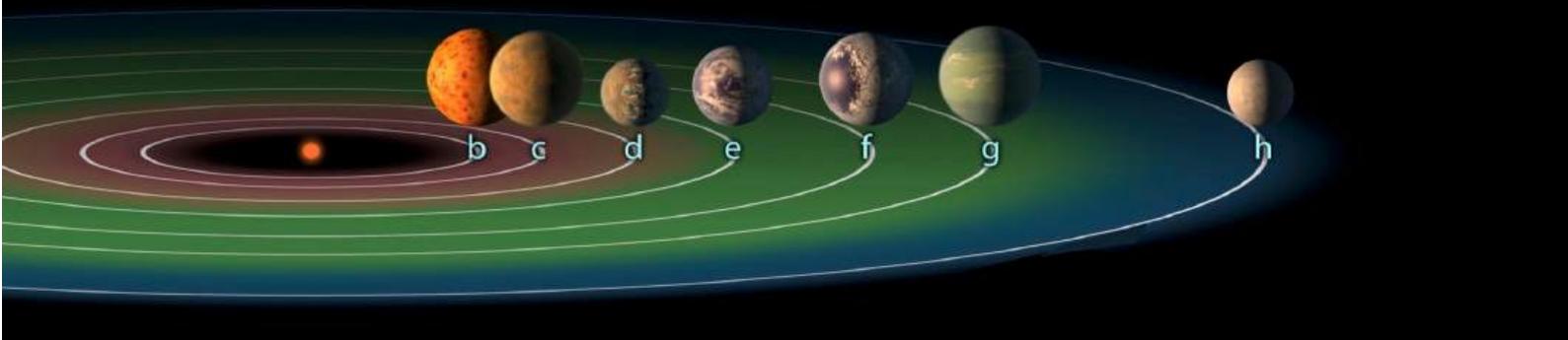


Photo de couverture : un des très nombreux cadrans solaires du beau village de Saint-Véran dans les Hautes-Alpes, orné d'une sage devise à méditer

Ci-dessus : dessin d'Esteban Martínez extrait de son dernier ouvrage « Cadrans solaires historiques - Trésors andalous oubliés » (voir article p. 10-11)



SOMMAIRE

4	Contents
5	Éditorial
6	Actualités
8	Archimède et l'astronomie - Michèle Tillard
10	Cadrans solaires historiques d'Andalousie - Esteban Martinez Almirón
12	Une curiosité sur les heures italiques et babyloniennes - Ferdinando Roveda
14	Matérialiser la lumière solaire et son passage, le temps et son écoulement... - Alexandre Le Bourgeois
16	Les cadrans solaires sont des fleurs paradisiaques du temps - Roland Müller
18	Réalisation d'un héliochronomètre - Michel Brialix
20	Les jours juliens - Pierre-Louis Cambefort
22	Sur les chemins de Compostelle... - François Bocqueraz
24	La joie de transmettre son savoir - Jean-Claude Reita
26	Le cadran Fantoni - Henri Gagnaire
28	Une histoire du temps et des horloges - Marie-Christine de La Souchère
30	Maquette « limite jour/nuit » - David Alberto
32	Les araignées magnétiques, poésie scientifique - Yves Opizzo
36	Jeux et énigmes
38	Solutions des jeux et énigmes
40	Or Oc - Claude Gahon
41	Crédits photos et illustrations

Ci-dessus : Ce n'est bien entendu pas une représentation du système solaire mais le système planétaire de la naine rouge Trappist-1 située à environ 40 années-lumière de la Terre... Plusieurs de ces planètes sont dans une « zone habitable » et vont être scrutées de près par le Télescope géant européen (ELT-ESO), en cours d'achèvement au Chili. Un pas de plus vers la preuve tant attendue de l'existence d'une vie sur une exoplanète ?

CONTENTS

- [5](#) **Editorial**
- [6](#) **News**
- [8](#) **Archimedes and astronomy - Michèle Tillard**
After Aratus, Eratosthenes of Cyrene, Hipparchus of Nicaea, Anaximander, the author invites us in this issue to learn more about the great Archimedes of Syracuse, to whom we owe more than just his work on immersed bodies (leading to the famous "Archimedes' principle").
- [10](#) **Historical sundials of Andalusia - Esteban Martinez Almirón**
You have certainly taken photos of sundials, attracted by their design or environment. What if you moved on to drawing them, which offers even more possibilities for interpretation? This is what the author has done...
- [12](#) **A curiosity about Italian and Babylonian hours - Ferdinando Roveda**
In issue 13 of this magazine, Ferdinando Roveda had invited us to a long gnomonic stroll on the theme of the Egyptian L-shaped sundial. Today, he invites us to discover a curious phenomenon, and to explain it by using Italian and Babylonian hours...
- [14](#) **Materializing sunlight and its course, time and its flow... - Alexandre Le Bourgeois**
Materializing sunlight and its course, time and its flow, is of course the objective of the gnomonist. But it is also the concern of an artist who lives and works in Le Havre, and works with sunlight on, in and in relation to, architecture...
- [16](#) **Sundials are heavenly flowers of time - Roland Müller**
We asked Roland Müller (familie.mueller@t-online.de), a well-known figure in gnomonics and sundials in Germany, and one of the 5 winners of our 2024 Contest (see issue 14 of the magazine), to share with us his vision of gnomonics...
- [18](#) **Realization of a heliochronometer - Michel Brialix**
What if you made a heliochronometer, this sundial giving legal time with an accuracy of the order of the minute, still used a hundred years ago? It is not that complicated and Michel Brialix took up the challenge! He shares his experience here.
- [20](#) **Julian Days - Pierre-Louis Cambefort**
How many days have passed since the birth of Julius Caesar (July 12, 100 BC) until the date you are reading this article? Not so easy because different calendars with different rules have followed one another? Not so hard indeed, when referring to "Julian Days" (JD) as suggests the author below!
- [22](#) **On the Way of St. James... - François Bocqueraz**
The Way of St. James attracts walkers, whether they are pilgrims, simple hikers or... sundial enthusiasts since there are nearly 600 on the "Camino de Santiago"! The author, who knows the different paths of the Camino very well, invites us to learn more about them.
- [24](#) **The joy of passing on knowledge - Jean-Claude Reita**
The author, assisted by his wife, both driven by a real "joy of passing on our knowledge", carry out a large number of conferences and workshops in schools (or associations) on the theme of sundials. In this article they share their experience and the happiness they get from it. An example to follow...
- [26](#) **The Fantoni sundial - Henri Gagnaire**
Henri Gagnaire had, in issue 5 of the magazine, proposed us to look at an interesting polar sundial equipped with a cylindrical gnomon. Today he invites us to discover a somewhat unusual sundial using the Sun's altitude, quite easy to design and build...
- [28](#) **A history of time and clocks - Marie-Christine de La Souchère**
"A history of time and clocks" ("Une histoire du temps et des horloges") is the title of the book by Marie-Christine de La Souchère, published by Ellipses in early November 2024, and available online (through FNAC, Amazon, etc.). The author has prepared for us a summary of this book.
- [30](#) **"Twilight zone" model - David Alberto**
The author has already offered us in this magazine different sundials to print and assemble. He invites us today to make a model representing the twilight zone on our planet. To print the elements of this model, see: <https://www.astrolobe-science.fr/maquette-limite-jour-nuit/>
- [32](#) **Magnetic spiders, scientific poetry - Yves Opizzo**
Do you know "spider sundials", these sundials using the azimuth of the Sun, with equal hours looking like the legs of a spider? Yves Opizzo, a great specialist in this type of sundial, leads us to their discovery in an article mixing gnomonics and poetry...
- [36](#) **Games and puzzles**
- [38](#) **Solutions to games and puzzles**
- [40](#) **Or Oc - Claude Gahon**

ÉDITORIAL

Nous sommes heureux de vous informer que, compte tenu du nombre croissant d'articles de qualité que nous recevons de contributeurs externes au comité éditorial, nous avons décidé d'ajouter deux articles par numéro, ce qui, nous l'espérons, vous apportera, tous les trimestres, un contenu encore plus riche et varié.

Nous avons également le plaisir d'accueillir au sein du comité éditorial un nouveau gnomoniste passionné par la transmission du savoir : Henri Gagnaire (voir son article et sa courte biographie en pages 26-27).

Enfin, vous savez que vous pouvez déjà télécharger¹ librement chaque numéro de ce magazine et, indépendamment, chaque article de chaque numéro (les articles étant classés par catégorie). Désormais, vous pourrez également, à la sortie de chaque numéro, télécharger une compilation de l'ensemble des numéros², ce qui constituera, pour ceux qui le souhaitent, une base d'informations mise à jour périodiquement sur la gnomonique et les cadrans solaires, de plus de 600 pages, base dans laquelle il leur sera possible de faire des recherches par auteur, thème, mots-clés, etc.

Roger Torrenti
Responsable éditorial

EDITORIAL

We are pleased to inform you that, given the growing number of quality articles we receive from contributors outside the editorial board, we have decided to add two articles per issue, which we hope will bring you even richer and more varied content every quarter.

We are also pleased to welcome to the editorial board a new gnomonist, sharing the passion of each member of the board for the transmission of knowledge: Henri Gagnaire (see his article and short biography on pages 26-27).

Finally, you know that you can already freely download¹ each issue of this magazine and, independently, each article in each issue (the articles being classified by category).

From now on, you will also be able, when each issue is released, to download a compilation of all the issues², which will constitute, for those who wish, a periodically updated information base on gnomonics and sundials, of more than 600 pages, in which they will be able to search by author, theme, keywords, etc.

Roger Torrenti
Editorial manager

- ¹ <https://www.cadrans-solaires.info/le-magazine/>
² <https://gnomonique.fr/divers/mag-CSpour-tous-compil.pdf>

COMITÉ ÉDITORIAL



David Alberto



Jean-Luc Astre



Pierre-Louis Cambefort



Henri Gagnaire



Claude Gahon



Alix Loiseleur
des Longchamps



Yvon Massé



Yves Opizzo



Elisabeth Regamey



Francis Reymann



Michèle Tillard



Roger Torrenti

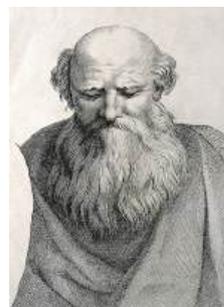
contact@cadran-solaires.info

ACTUALITÉS



BONNE ANNÉE !

Nous souhaitons une très bonne année à tous, en espérant que l'environnement international ne l'assombrisse pas trop et que l'environnement devienne enfin un sujet prioritaire pour les dirigeants de notre planète... Un clin d'œil mathématique pour fêter néanmoins 2025 dans la légèreté : savez-vous que 2025 est le carré de 45 et qu'il faudra attendre 2116 pour la prochaine « année carrée » ($46 * 46$) ? De plus, 45 est la somme des 9 premiers nombres entiers ($1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9$) ce qui d'après le théorème auquel l'érudite grec du début de notre ère Nicomaque (de Gérase) a donné son nom (ci-contre son portrait par D. Cunego, 1785), permet d'affirmer que 2025 est aussi égal à $1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + 5^3 + 6^3 + 7^3 + 8^3 + 9^3$.



À VOTRE SANTÉ !

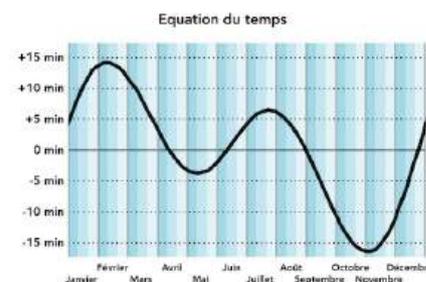
Peut-être avez-vous débouché une bouteille de vin de Toscane à l'occasion de la nouvelle année, sans savoir que, dans cette belle région d'Italie, vient d'être inauguré un cadran solaire équatorial bien original ? Il a la forme d'une bouteille de vin creuse et le style est constitué d'un verre percé d'une goutte produisant une tache lumineuse permettant de lire l'heure solaire. Pour plus de détails, lire l'article de Nicola Ulivieri dans le dernier numéro de la revue italienne *Orologi Solari* (3 numéros par an), qui peut être téléchargée gratuitement depuis <https://www.orelogisolari.eu>



ÉPHÉMÉRIDES 2025

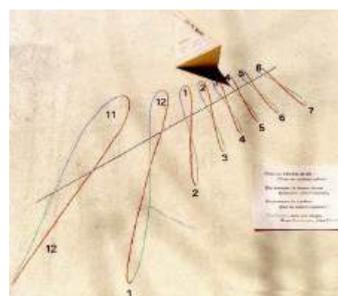
Comme toutes les années, Pierre-Louis Cambefort, membre du comité éditorial de ce magazine, a préparé, pour les gnomonistes amateurs et professionnels, des éphémérides précises pour l'année en cours. Vous trouverez notamment les valeurs de la déclinaison du Soleil et de l'équation du temps pour 2025 dans un fichier pdf à télécharger à l'adresse <http://bit.ly/4gP4Qvk>.

Pour toute information complémentaire, vous pouvez contacter l'auteur pierre-louis.cambefort@orange.fr



SOLEILHEURS

Nous vous avons, dans le n°13 de ce magazine présenté le parcours atypique d'une gnomoniste et cadranière, Nicole Aebischer, qui, sans connaissance préalable mais sur la base d'observations et d'expérimentations, a réussi avec courage, détermination et enthousiasme, à maîtriser le domaine et à réaliser de nombreux « soleilheurs ». Elle tient aujourd'hui à partager avec vous d'autres documents sur ses réalisations, que l'on peut télécharger depuis <https://bit.ly/4gSTNRU> et <https://bit.ly/3PwexTq>.





ACTUALITÉS

SUIVEZ-NOUS SUR MASTODON ET BLUESKY !



Au-delà de ces deux pages trimestrielles, nous sommes heureux de vous proposer sur les réseaux sociaux, en temps réel, des actualités nationales et internationales sur la gnomonique et les cadrans solaires. Vous étiez nombreux à nous suivre sur X (ex-Twitter). Mais nous avons décidé de quitter ce réseau, compte tenu de l'évolution de ses contenus et de sa gouvernance, et d'utiliser dorénavant deux réseaux sociaux alternatifs : Mastodon, service auto-hébergé et libre, créé en 2016 par le jeune Allemand Eugen Rochko et géré par une association à but non-lucratif, et Bluesky, créé à l'origine par Twitter mais géré aujourd'hui par une *benefit corporation* (« entreprise d'intérêt pour la société »). Suivez-nous sur ces réseaux @gnomonique@mastodon.social et @gnomonique.bsky.social pour ne rien perdre de l'actualité !

UNE COMPILATION UTILE...



À l'initiative d'Yvon Massé, membre du comité éditorial de ce magazine, une compilation de l'ensemble des numéros de « Cadrans solaires pour tous » (du n°1 au numéro en cours) vous est désormais proposée, à télécharger depuis <https://gnomonique.fr/divers/mag-CSpour-tous-compil.pdf>

Cette compilation (avec un accès aux articles par catégorie, par auteur, par mot-clé, etc.) complètera utilement les différents téléchargements déjà proposés (chaque numéro et chaque article de chaque numéro) à l'adresse <https://www.cadrans-solaires.info/le-magazine/>

WORLD SUNDIAL DAY 2025



Esteban Martinez avait, en 2024, lancé l'idée d'organiser tous les ans, à l'équinoxe de printemps, une « Journée internationale des cadrans solaires » (WSD), ce qui avait conduit l'année dernière à de premières manifestations en Espagne et dans d'autres pays. Il nous invite cette année à poursuivre encore plus activement dans cette voie : plus de détails sur son site <https://relojandalusi.org/> qui

LE COIN DES DÉBUTANTS



Vous débutez en gnomonique et vous posez peut-être des questions que vous jugez trop simples ? « Il n'y a pas de question idiote. Seules les réponses peuvent l'être » vous répond « Le coin des débutants » du forum (gratuit et sans publicité) d'Yvon Massé. Alors, n'hésitez pas ! <https://gnomonique.fr/forum/>

ARCHIMÈDE ET L'ASTRONOMIE

Michèle Tillard

Après Aratos, Ératosthène de Cyrène, Hipparque de Nicée, Anaximandre, l'autrice nous invite dans ce magazine à mieux connaître le grand Archimède de Syracuse, à qui l'on ne doit pas que ses travaux relatifs aux corps immergés (mettant en valeur la fameuse « poussée d'Archimède »).



Archimède, par Domenico Fetti (1620)

Archimède de Syracuse (en grec ancien : Ἀρχιμήδης), serait né à Syracuse en 287 av. J.-C. On sait peu de choses sur lui, car nos sources (Polybe, Plutarque ou Tite-Live) sont toutes largement postérieures à lui.

Il aurait fait ses études à l'Université d'Alexandrie. Mathématicien et ingénieur, il entre au service d'Hiéron II, et participe à la défense de la ville pendant la seconde guerre punique. Il meurt en 212, lors de la prise de la ville par le Romain Marcellus.

Archimède nous est connu essentiellement dans deux domaines :

- les mathématiques : approximation du nombre π , calcul des surfaces et volumes (notamment de la sphère et du cylindre), étude des grands nombres.
- la mécanique : il est le concepteur de nombreuses machines, de traction, de guerre...

Tout cela semble assez éloigné des préoccupations astronomiques, et pourtant ! Il fut aussi le continuateur d'Eudoxe de Cnide, et l'ami d'Ératosthène de Cyrène, directeur de la bibliothèque d'Alexandrie¹, tous deux grands astronomes : il est donc très improbable qu'il se soit désintéressé de cette science.

Tout le prédisposait à se passionner pour l'astronomie : son intérêt pour les grands nombres (l'*Arénaire*, dans lequel il montre comment compter les grains de sable d'une plage), pour le calcul du volume et de la superficie de la sphère, si essentielle dans les théories astronomiques, et en particulier dans le système d'Eudoxe, et pour l'optique (*La Catoptrique*).

Mais plus encore qu'un théoricien de génie, Archimède se distingua particulièrement dans les sciences appliquées : il fut un infatigable créateur de machines en tous genres, un peu à la manière de Léonard de Vinci.

On lui doit en effet des machines de traction et des leviers, des machines de guerre comme la catapulte ou la meurtrière. En revanche, l'invention de miroirs pour enflammer à distance les navires ennemis est improbable : on ne pouvait disposer de miroirs suffisamment réfléchissants pour cela avant le XVII^e siècle de notre ère. Outre la vis sans fin et la roue dentée, il fabriqua un « odomètre », instrument capable de mesurer les distances...

C'est donc tout naturellement qu'il se voit attribuer l'invention de la « machine d'Anticythère ». Comment n'aurait-il pas eu l'idée, en effet, de mettre ses immenses talents techniques au service de la science la plus prestigieuse de son époque ?

ARCHIMÈDE ET LA « MACHINE D'ANTICYTHÈRE »

Rappelons ce qu'est la fameuse machine. Durant le deuxième quart du I^{er} siècle av. J.-C., un navire, sans doute destiné à livrer à Rome des produits et des œuvres d'art grecs, fit naufrage près de la petite île d'Anticythère, entre la Crète et le Péloponnèse.

L'épave fut retrouvée par hasard, grâce à des chasseurs d'éponges, en novembre 1900, et donna lieu à une fructueuse campagne de fouilles archéologiques, qui permit de mettre au jour des statues (dont le fameux « éphèbe d'Anticythère »), des bijoux, de la monnaie... et divers objets, parmi lesquels la fameuse et mystérieuse machine.

¹ Voir mon article sur Ératosthène : https://www.cadrams-solaires.info/wp-content/uploads/2024/08/maq-CSpour-tous-n13_M-Tillard.pdf



Fragment principal de la « machine d'Anticythère »

Celle-ci est le plus ancien mécanisme à engrenage connu. Sa datation est importante, et controversée : selon les chercheurs, elle aurait été construite entre 150 et 100 avant J.-C. - c'est-à-dire à peu près 60 ans après la mort d'Archimède.

Des chercheurs de l'Université Cornell, dans l'État de New York, pensent pouvoir être encore plus précis : se fondant sur une spirale incrustée à l'arrière du mécanisme et représentant un « saros », c'est-à-dire un cycle de 223 mois utilisé pour prédire les éclipses de Lune ou de Soleil, ils estiment que le mécanisme a été mis en marche pour la première fois le 22 ou 23 décembre 178 av. J.-C., date d'une éclipse solaire annulaire, et 34 ans seulement après la disparition d'Archimède.

Cependant, elle repose sur une conception qui pourrait bien, elle, remonter à notre scientifique sicilien, ou à l'un de ses disciples. C'est ce que nous dit Cicéron dans son *De Republica* (I, XIV, 22). L'objet aurait été récupéré par le général romain M. Claudius Marcellus lors de la prise de Syracuse, après la mort du savant ; il resta longtemps dans sa famille et fut examiné, un siècle plus tard, par Gallus.

Fabriquée en bronze, le mécanisme est formé d'une trentaine de roues dentées, sans doute actionnées par une manivelle ; il se fonde sur la modélisation mathématique de la course des astres d'Eudoxe de Cnide. Il permettait d'indiquer la position des astres à un moment précis, de prédire les éclipses de Lune et de Soleil.

Le savant et philosophe grec Posidonius, ami de Cicéron, en fabriqua lui-même un exemplaire, contemporain du naufrage d'Anticythère.

Il s'agissait donc d'un objet rare - trois exemplaires connus - et précieux, dont on comprend la présence dans une cargaison destinée à un riche collectionneur romain. La machine d'Anticythère est un saisissant témoignage des connaissances techniques et théoriques des Grecs.



Reconstitution de la machine d'Anticythère par Mogi Vincentini

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

CADRANS SOLAIRES HISTORIQUES D'ANDALOUSIE

Esteban Martínez Almirón

Il vous est certainement arrivé de prendre des photos de cadrans solaires dont la conception ou l'environnement vous avait particulièrement attiré. Et si vous passiez au dessin, qui offre encore plus de possibilités d'interprétation ? C'est ce qu'a fait l'auteur...

Les cadrans solaires, nous le savons tous, sont liés à l'histoire, la science, l'art et la culture.

Reflets de notre union avec le cosmos, avec les mouvements du Soleil et de la Terre comme éléments principaux, ils ont été analysés sous des angles très différents, fondamentalement mathématiques, mais aussi géographiques, philosophiques ou ethnographiques.

Ils font également partie de l'architecture en tant qu'éléments différenciés, ils sont réalisés dans des matériaux très variés et dessinés également sur différents supports avec diverses techniques.

Mais pour leur connaissance et leur diffusion, il est habituel de reproduire leurs images à travers des photographies ou d'autres techniques, comme les anaglyphes¹.

C'est dans ce contexte, afin d'utiliser d'autres techniques pour montrer des images de cadrans solaire, que j'avais l'intention depuis quelques années d'en reproduire certaines sous forme de dessins.

Pour cette raison, et pour célébrer la 25^e année d'existence du site <https://relojandalusi.org> que j'avais créé comme un lieu de rencontre des fans et amateurs de cadrans solaires du monde entier, j'ai décidé au cours de l'été 2024 de réaliser des dessins avec un marqueur ou un stylo à bille de certains des cadrans solaires historiques d'Andalousie. L'idée était de les offrir aux visiteurs de ma page, accompagnés de quelques brèves notes explicatives sur leur emplacement et leurs caractéristiques.

Mais au cours du processus créatif, la possibilité est apparue de compléter les dessins avec des textes qui replaceraient les cadrans dans l'environnement ou la zone géographique dans laquelle ils se trouvent et qui pourraient ensuite être complétés par une série de notes et de textes qui constitueraient un document plus vaste.

Enfin, dans la partie artistique, le résultat a été la création de plus de soixante dessins² dans lesquels sont montrés des cadrans solaires historiques que l'on peut admirer aujourd'hui

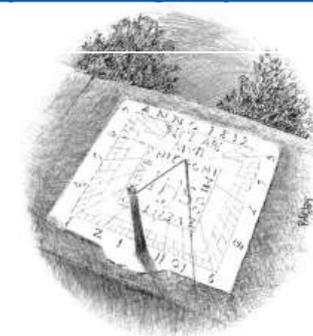
ou, dans certains cas, des cadrans recréés dans l'environnement dans lequel ils auraient dû se trouver.

Le résultat final de tout ce processus a été la création d'un livre que j'ai intitulé *Relojos de sol históricos. Tesoros andaluces olvidados* [Cadrans solaires historiques. Trésors andalous oubliés] dans lequel est analysé un ensemble de plus de 400 cadrans solaires historiques d'Andalousie.

Un accent particulier est mis sur la protection juridique existante, et une référence faite aux cadrans solaires qui ont malheureusement disparu ou ont été pillés, comme exemple de ce qui n'aurait jamais dû se produire, proposant une politique de conservation et de mise en valeur des cadrans solaires. Enfin sont mis à l'honneur des cadrans heureusement restaurés.

La formule choisie pour la publication du livre a été l'autoédition, en s'occupant également de la mise en page, de la promotion, de la distribution et de la vente. Le livre a un format de 21x21 cm et compte 124 pages en noir et blanc.

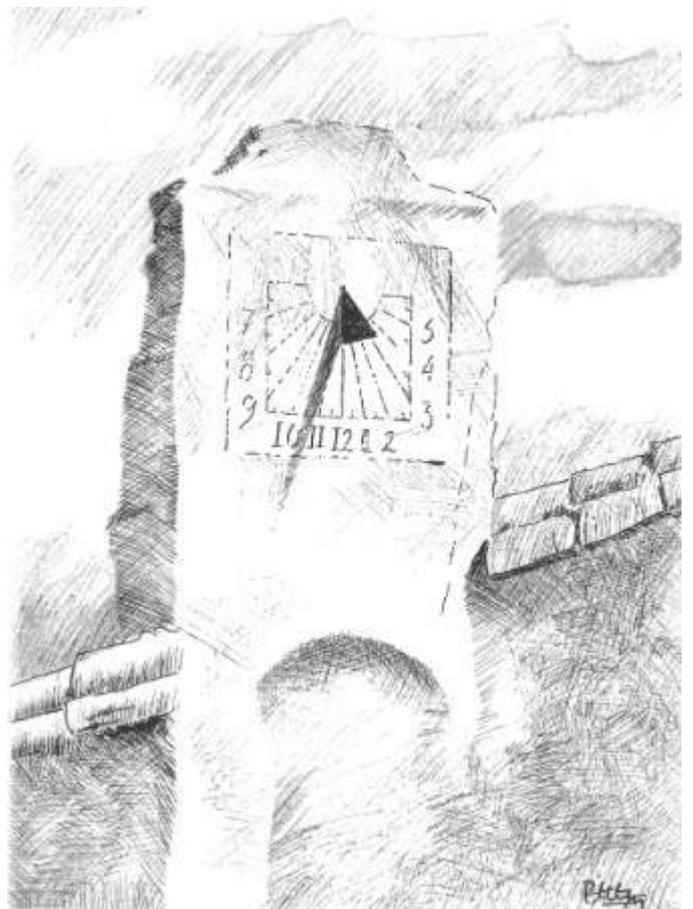
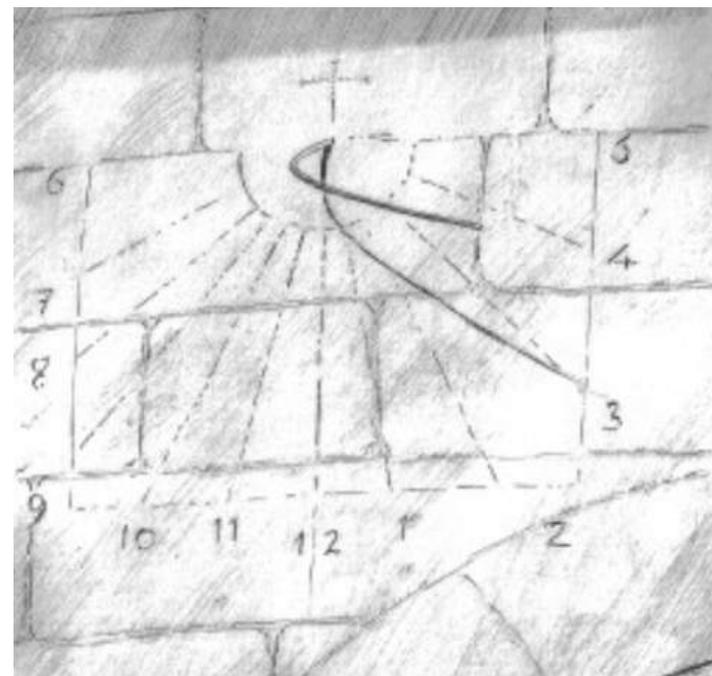
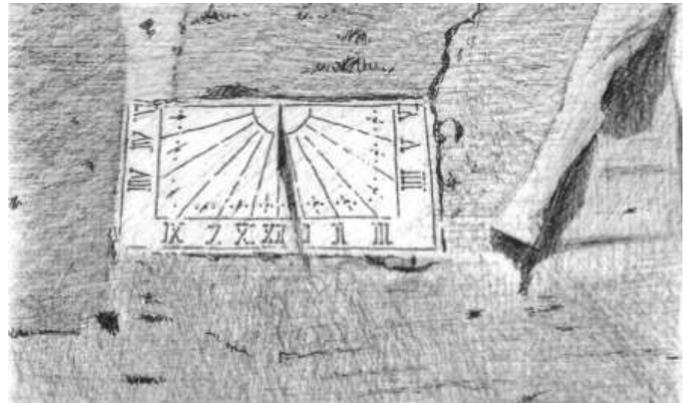
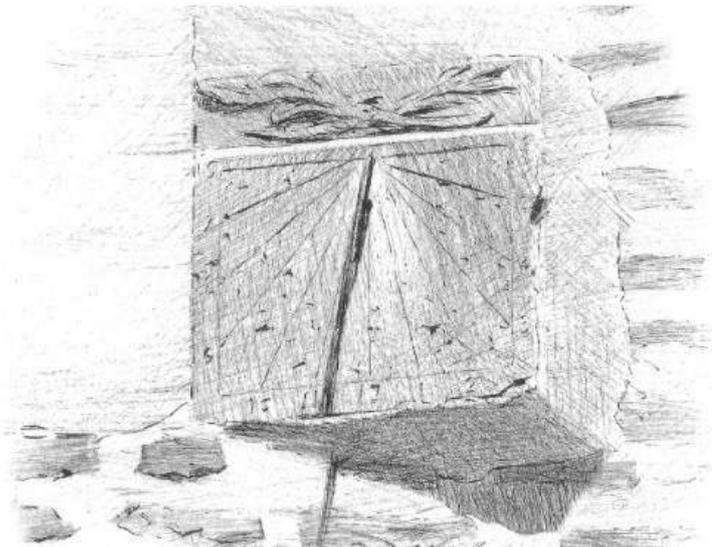
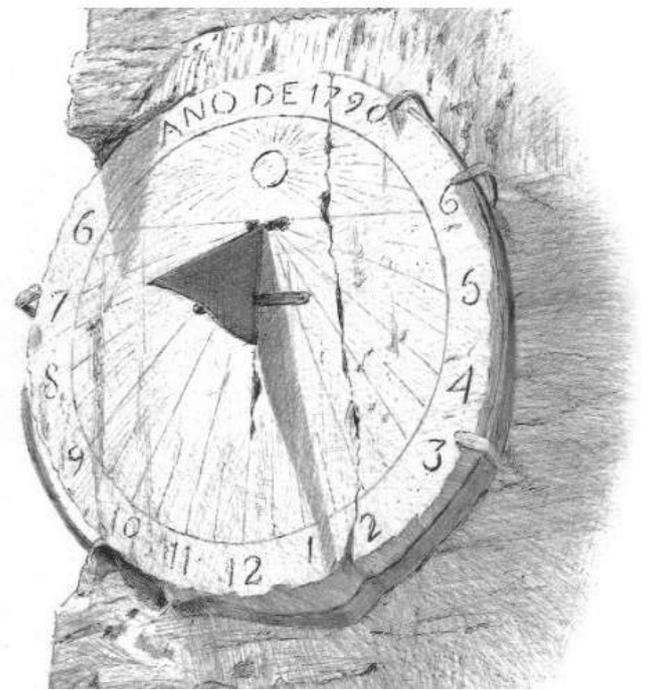
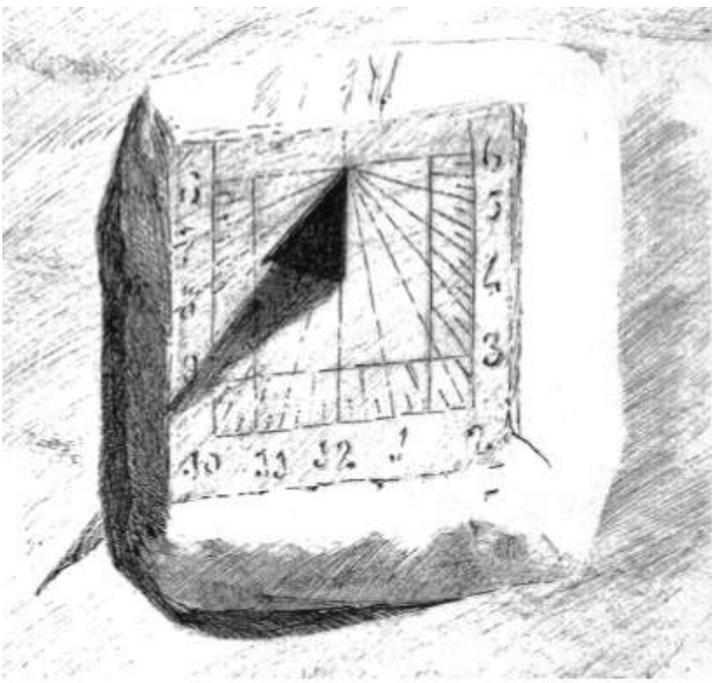
Je vous invite à lire le livre, dont plus de détails peuvent être trouvés à l'adresse suivante : <https://relojandalusi.org/relojes-de-sol-historicos/>



Esteban Martínez Almirón (relojandalusi@gmail.com), aujourd'hui retraité, a occupé des fonctions de direction à la Sécurité sociale. Il a créé en 2000 le site <https://relojandalusi.org> et a publié des articles sur la gnomonique dans de nombreuses revues spécialisées. Il est également l'auteur de plusieurs cadrans solaires.

¹ De nombreux anaglyphes gnomoniques ont été rassemblés à l'adresse <https://relojandalusi.org/imagenes/gnomoglifos/>

² Certains des dessins inclus dans le livre sont publiés sur le compte Instagram [@stbnart](https://www.instagram.com/stbnart)



UNE CURIOSITÉ SUR LES HEURES ITALIQUES ET BABYLONIQUES

Ferdinando Roveda

Dans le n°13 de ce magazine, Ferdinando Roveda nous avait déjà invité à une longue balade gnomonique ayant pour thème le cadran en L des Égyptiens. Ici, il nous invite à découvrir un phénomène curieux, et à l'expliquer en recourant aux heures italiques et babyloniennes...

NOTATIONS UTILISÉES

h : hauteur du Soleil δ : déclinaison solaire/saison
 θ : angle horaire φ : latitude
 Az : azimut du Soleil α : demi-arc diurne

La perception générale que nous avons lorsque nous abordons l'analyse du mouvement du Soleil est qu'au solstice d'été, et à une heure donnée (par exemple 16 h), le Soleil est toujours plus haut qu'à la même heure en d'autres saisons. Et cette perception, puisque nous sommes habitués à penser en termes d'heures modernes ou équinoxiales, est correcte : un diagramme d'éclairement normal (fig. 1), que tous ceux d'entre nous qui s'intéressent aux cadrans solaires ont vu de nombreuses fois, confirme également visuellement notre perception.

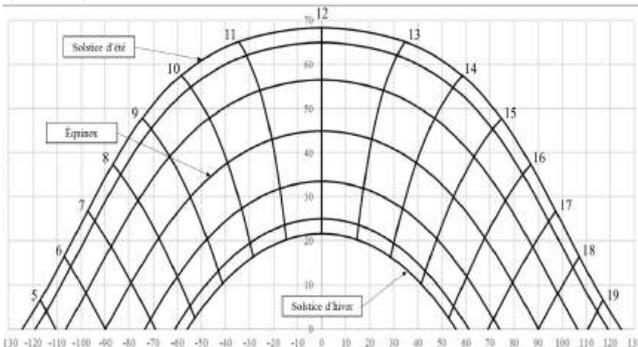


Figure 1 : Diagramme montrant, pour une latitude donnée, la valeur de l'azimut (abscisse) et de la hauteur (ordonnée) du Soleil en fonction de l'heure solaire, tout au long de l'année

Un fait a cependant éveillé ma curiosité en analysant d'anciens cadrans solaires : la hauteur du Soleil, pour un temps donné (par exemple la XI^{ème} heure), ne diminue pas toujours avec le passage des jours, mais dans certains cas augmente...

Cela est le cas pour des cadrans à heures anciennes, tels que le dénommé « Prosciutto di Portici »¹.

C'est la même chose lorsqu'il s'agit des cadrans à heures italiques (en usage en Italie jusqu'à la fin du XVIII^{ème} siècle, décomptant le temps d'une journée en 24 heures égales à partir du coucher du Soleil) ou babyloniennes (utilisées par la plupart des nations orientales de l'Antiquité, décomptant le temps d'une journée en 24 heures égales à partir du lever du Soleil).

Cela m'a amené à faire une petite analyse approfondie : j'ai choisi de prendre en considération les heures italiques et babyloniennes car, avec ces heures, le « phénomène » est plus évident qu'avec les heures anciennes.

Abordons l'analyse en partant de la formule bien connue du « demi-arc diurne » α (moitié de la durée du jour) :

$$\cos \alpha = -\tan \delta * \tan \varphi$$

La valeur de α trouvée correspondra évidemment à l'angle horaire de la XXIV^{ème} heure italiq (heure du coucher du Soleil). Pour les heures précédentes, il suffira de soustraire 15°, 30°,... à partir de cette valeur. Le tableau ci-après (tableau 1) récapitule les résultats pour certaines déclinaisons solaires δ à la latitude 45° 4' N (Turin).

δ	Demi-arc (coucher) XXIV	Heures italiques						
		1	2	3	4	5	6	7
		XXIII	XXII	XXI	XX	XIX	XVIII	XVII
	α	α - 15°	α - 30°	α - 45°	α - 60°	α - 75°	α - 90°	α - 105°
23,44	115,69	100,69	85,69	70,69	55,69	40,69	25,69	10,69
20,00	111,34	96,34	81,34	66,34	51,34	36,34	21,34	6,34
11,48	101,72	86,72	71,72	56,72	41,72	26,72	11,72	-3,28
0,00	90,00	75,00	60,00	45,00	30,00	15,00	0,00	-15,00
-11,48	78,28	63,28	48,28	33,28	18,28	3,28	-11,72	-26,72
-20,00	68,66	53,66	38,66	23,66	8,66	-6,34	-21,34	-36,34
-23,44	64,31	49,31	34,31	19,31	4,31	-10,69	-25,69	-40,69

Tableau 1

En s'éloignant du coucher du Soleil, dans certains cas, l'angle horaire devient négatif : cela signifie que nous sommes à un moment précédant le véritable midi solaire local.

Calculons maintenant la hauteur du Soleil h en fonction des angles horaires θ que nous venons de trouver, avec la formule bien connue :

$$\sin h = \sin \delta * \sin \varphi + \cos \delta * \cos \varphi * \cos \theta$$

et les valeurs d'azimut correspondantes, avec la formule tout aussi connue :

$$\tan Az = \sin \theta / (\cos \theta * \sin \varphi - \tan \delta * \cos \varphi)$$

Nous ne nous attarderons pas sur le calcul des heures babyloniennes : il suffira de suivre, *mutatis mutandis*, la même procédure illustrée jusqu'à présent : la valeur du demi-arc (cette fois négatif) correspondra au lever du Soleil, et en ajoutant 15°, 30°,... nous obtiendrons les angles horaires des heures suivantes.

¹ Le mystère du jambon italien - Roger Torrenti - Cadrans Solaires pour Tous n° 4 - <https://bit.ly/4hyEz4u>

Nous avons maintenant tous les paramètres dont nous avons besoin pour construire le diagramme d'éclairement (fig. 2), c'est-à-dire le graphique qui relie la hauteur du Soleil à son azimut en fonction des différentes heures de la journée : la différence par rapport au diagramme de la fig. 1 n'est que le type d'heures : ici nous avons inséré les heures babyloniennes - en rouge - le matin, et les heures italiennes - en bleu - l'après-midi, et laissé en noir, seulement pour une comparaison immédiate, les heures modernes ou équinoxiales.

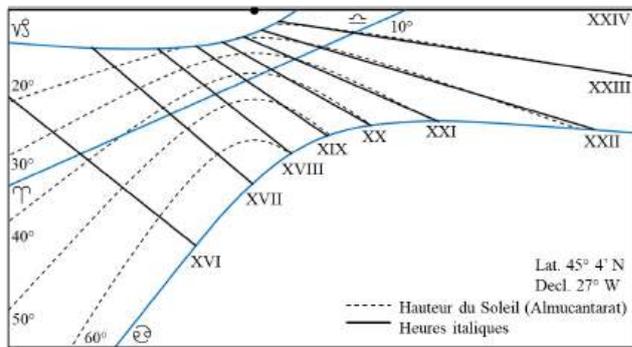
L'autre nouveauté est que nous avons étendu le calcul, afin de représenter également graphiquement les heures de la nuit, lorsque le Soleil est sous l'horizon : 1 heure après le coucher du Soleil, 2 heures après, etc.

En analysant la figure, il est facile d'observer que la grande majorité des lignes horaires n'ont pas leur maximum en correspondance avec la courbe du solstice d'été, et qu'à partir de l'heure italienne XIX (5 heures avant le coucher du Soleil) et de l'heure babylonienne V (5 heures après le lever), le point maximum se déplace progressivement vers la ligne d'équinoxe.

Au moment du coucher du Soleil (et du lever du Soleil), cela n'a évidemment aucun sens de parler de maximum car la ligne horaire est horizontale.

La ligne verte met en évidence l'emplacement des points maximum (jour) et minimum (nuit) ainsi trouvés.

Enfin, si nous fabriquons un cadran solaire avec des heures italiennes, en y superposant les lignes de hauteur, nous obtiendrons la confirmation de ce que nous avons trouvé (figure ci-dessous).

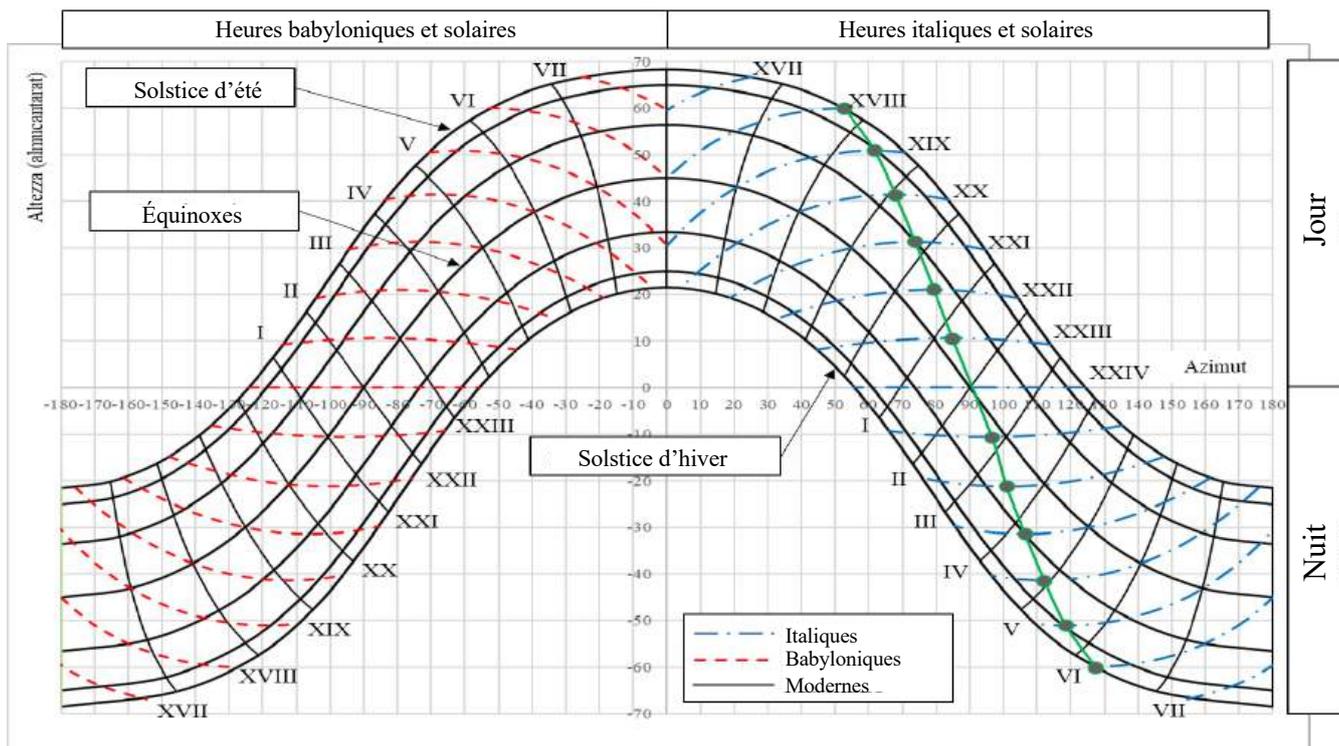


Cette propriété des heures italiennes et babyloniennes est probablement déjà connue de beaucoup, mais je ne l'ai jamais trouvée explicitée.

L'analyser était un pur plaisir pour moi, une façon de me débarrasser d'une curiosité. Le bon côté des choses, c'est (du moins à mon goût esthétique) le schéma final, qui montre une belle symétrie.

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

Figure 2



MATÉRIALISER LA LUMIÈRE SOLAIRE ET SON PASSAGE, LE TEMPS ET SON ÉCOULEMENT...

Alexandre Le Bourgeois

Matérialiser la lumière solaire et son passage, le temps et son écoulement, c'est bien entendu l'objectif du gnomoniste. Mais c'est aussi la préoccupation d'un artiste plasticien qui vit au Havre et y travaille avec la lumière du Soleil...

« Artiste implanté au Havre, diplômé de l'École Supérieure d'Art et Design du Havre en 2018, je travaille avec la lumière du Soleil sur, dans et par rapport à l'architecture. Je cherche à matérialiser la lumière solaire et son passage, le temps et son écoulement. Garder des traces par le déplacement de la lumière qui décline ces formes géométriques sur certaines surfaces. Le temps est mon sujet car nous sommes tous égaux face au Soleil et son passage, toutes les nations ont façonné nos outils de mesure du temps au fur et à mesure des époques, c'est une construction commune de toute la planète et qui touche tout le monde. »

Alexandre Le Bourgeois

Email : alexandre.le.bourgeois@hotmail.fr

Vimeo : Alexandre Le Bourgeois

Instagram : @alexandre.le.bourgeois

Site Web : www.alexandrelebourgeois.com

Pour parler plus en détail de la vision, des projets et des réalisations d'Alexandre Le Bourgeois, nous reproduisons ci-après le texte que le critique Alexis Hardy a récemment écrit sur son travail, intitulé « Prendre la mesure du temps ; tracer l'éphémère ».

Accepter le temps long - ce temps qui n'est plus de notre temps - et en prendre la mesure. Ralentir pour ressentir chaque minute, puis observer les ombres s'échouer sur et dans nos architectures (Étude solaire #3 : Tournesol, 2018)¹. Alexandre Le Bourgeois s'emploie à fixer ce qui nous échappe, à conserver les traces de ces instants éphémères, où l'ombre et la lumière redessinent les contours de nos espaces (Étude solaire #7 : Fixer le temps #8, 2021)².

Lors de ses interventions dans l'espace public se déploie une gamme chromatique où chaque couleur dit le passage. Ainsi, et puisque le temps est un cycle, « que la disparition est toujours un peu la condition d'apparition de quelque chose »³ il y a des rendez-vous à ne pas manquer. Chaque année, jour où l'artiste a, en un lieu, fixé le temps, l'ombre retrouve son

empreinte colorée. Elle vient combler le manque, déjouer l'absence que la couleur a souligné.

Le temps implique la disparition, en témoigne la série Solargraphies (2019-2022) pour laquelle l'artiste dépose, dans l'espace public, des dispositifs photographiques agissant grâce à l'intensité des rayons du Soleil. Durant plusieurs mois, voire plusieurs années, l'image va se former au contact de la lumière. Il en résulte une image parsemée de fines lignes, conséquence du passage du Soleil et de la rotation de la Terre. Cependant, les images prises par l'artiste sont vouées à disparaître. La matière photographique, exposée à la lumière, va continuer à se teinter, à se mouvoir : tel un souvenir qui s'estompe avec le temps, quelques vagues images ancrées en mémoire, partiellement évanouies dans l'obscurité ou éblouies de clarté.

Les architectures s'effacent pour faire naître de nouveaux paysages, comme avec Observatoire solaire (2022) ou Étude solaire #9 ter : S'il ne restait que les ombres (2024). L'artiste met à disposition de la lumière des dispositifs, à la frontière entre sculpture et installation, où se dessinent des formes guidées par l'aléatoire. Les ombres se figent sur les surfaces, elles créent des interstices et écrivent, ici aussi, le temps qui passe. Ce qui a disparu a laissé une trace ; le mouvement s'est immobilisé pour marquer sa trajectoire. Alexandre Le Bourgeois joue avec ce que nous ne pouvons maîtriser. Il accepte l'attente, l'imprévisible, l'incertain, et laisse le temps définir ce qui adviendra. Pour reprendre les mots de Delphine Wibaux⁴ : « j'accepte les longs temps nécessaires aux dépositions de teintes, formes et volumes ainsi que l'incertitude induite par ce partenaire mystérieux, parfois ténu. Côte à côte, nous avançons ensemble, entre cache-cache et rencontres : j'offre au temps les surfaces nécessaires pour qu'une fois le moment venu, il se déploie et se dépose librement. »

¹ <https://vimeo.com/271293408>

² <https://vimeo.com/636633712>

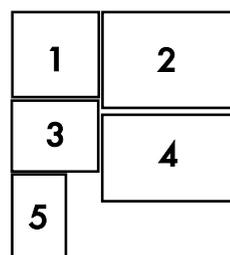
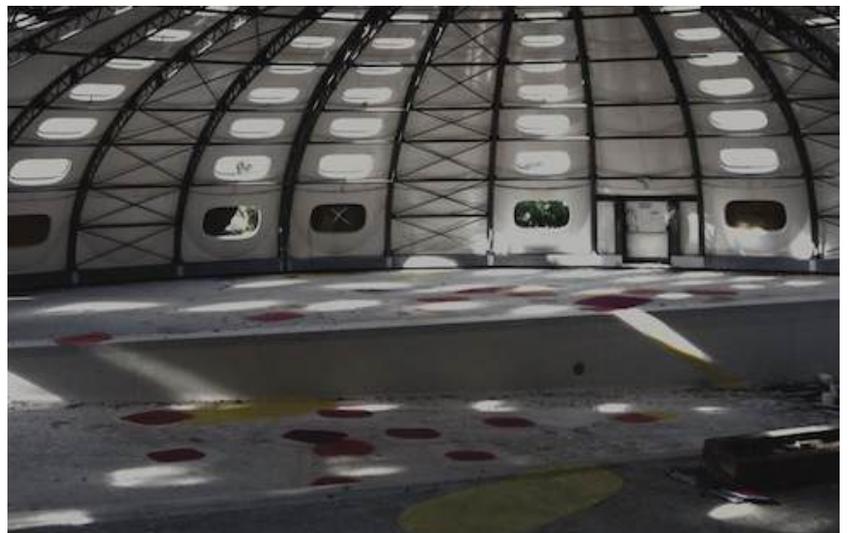
³ Santini, S. (2007). La perception du mouvement entre disparition et apparition : réminiscence mallarméenne de l'intermédialité.

⁴ Bailly, J.C. (2021). Voir le temps venir, Ed. Bayard.

Par la [re]présentation du temps, vient la possibilité de construire des espaces alternatifs (Habiter le décor, 2022). De nouvelles lignes et de nouvelles fenêtres se matérialisent sous nos yeux.

L'artiste, parce qu'il nous oblige à contempler ce que nous traversons sans attention, recompose nos environnements. Il joue des échelles, des perspectives (Étude solaire #4 : Photosensibilité, 2018) pour troubler nos regards et nous aider à observer autrement. Il trace les contours d'un

autre territoire, celui que nous ne parvenons plus à éprouver. Un territoire fait de lenteur parfois, de rencontres fortuites souvent, bien à contre-courant de nos quotidiens mués par la rapidité et l'instantanéité. L'artiste nous propose de ralentir, d'observer ce qui se façonne autour de nous. Il nous invite à vivre les minutes qui s'écoulent et à nous attendre de la lumière qui se fait douce lorsque le rideau se baisse (Étude solaire #14 : Traversées #1, 2019) et que la nuit s'apprête à tomber.



1. Étude solaire #7 : Fixer le temps #8 - Peinture à la chaux - Lédénon (30) - 2021
2. Étude solaire #7 : Fixer le temps # - Peinture murale - Le Havre (76) - 2020
3. Étude solaire #10 : Passer au travers #3 - Peinture au rouleau et aérosol. Louviers (27) - 2021
4. Étude solaire #3 : Tournesol - Peinture à l'aérosol - Arques-la-Bataille (76) - 2018
5. Étude solaire #1 - Bois contreplaqué, peinture acrylique. Le Havre (76) - 2018

LES CADRANS SOLAIRES SONT DES FLEURS PARADISIAQUES DU TEMPS

Roland Müller

Nous avons demandé à Roland Müller (familie_mueller@t-online.de), acteur bien connu de la gnomonique et des cadrans solaires en Allemagne, et l'un des 5 lauréats de notre concours 2024 (voir le n° 14 du magazine), de partager avec nous sa vision de la gnomonique...

*Schau, wie die Sonne
Mit dem Stab auf der Mauer
Lebenszeit zaubert!*

*Perçois : le Soleil,
D'un bout de fer sur un mur,
Glorifie la vie !*

Lorsqu'on m'a demandé de présenter ici « ma vision de la gnomonique », j'ai spontanément accepté - avant de réaliser que ce ne serait pas facile. L'image globale ressemble à une mosaïque de nombreuses pierres individuelles. Je commencerai par souligner que la gnomonique n'a commencé à enrichir ma vie de 77 ans que tardivement. Ce fut précédé par 20 ans d'enfance et d'éducation et 40 ans de travail dans le domaine de l'informatique. Mais le terrain pour la gnomonique était préparé, car j'ai toujours été intéressé par les sciences naturelles, par la littérature et par la poésie.

Ce fut donc une bonne chose qu'au début de ma retraite, j'aie pu tenir une conversation avec un expert en gnomonique (Yves Opizzo) sur un marché d'art du sud de l'Allemagne. Je lui achetai un petit cadran solaire en forme de coquille Saint-Jacques, et nous convînmes que la science et la poésie vont de pair. Maintenant, nous sommes amis et parfois même avons ravi le public ensemble, lui avec la gnomonique, moi en tant que conteur.

Au fil des ans, j'acquis encore plus de cadrans solaires portables et même un petit astrolabe. Et je compris de mieux en mieux comment la lumière et l'ombre (ou la lumière et l'œilleton) créent un temps appréhendable. Je réalisai que tout cela fait partie d'un ensemble plus vaste appelé mécanique céleste, en lien étroit avec l'astronomie.

Mais en 2015, je me suis intéressé à l'astronomie dans le « Parc d'étoiles Rhön » dans l'est de la Hesse, l'un des paysages nocturnes les plus étoilés d'Allemagne. Pendant sept ans, j'écrivis de loin (à 300 km de chez moi) un aperçu mensuel du ciel pour le Parc d'étoiles et les médias de la région - tout ce que le Soleil, la Lune et les étoiles peuvent y offrir.

Un jour, au centre de Fulda, la plus grande ville de la région, je découvris un cadran solaire TVL (temps vrai local) sur le mur d'un vieux bâtiment. Plus je l'explorais, plus il me fascinait.



Jean-Antoine Laud, un Français qui a fui la Révolution, l'avait construit en 1796. Le cadran comporte les lignes des 5 minutes, une courbe en 8, des arcs de date et des signes du zodiaque. J'ai pu calculer un chronogramme à partir de leur devise latine : l'année de naissance du patron diocésain Boniface. Des membres de la Société Allemande de Chronométrie (DGC) m'ont aidé à publier ma description de ce cadran solaire sans erreur. Aujourd'hui, avec trois autres cadrans solaires dans la région de Fulda, c'est l'une des offres de visites guidées de la ville. Une autre publication sur les cadrans solaires de toute la région de la Rhön me permet de trouver d'autres contacts avec la DGC, mais également de faire connaissance avec le magazine « Cadrans solaires pour tous » comme un coffre au trésor unique de connaissances gnomoniques et d'esthétique créative.

Als Gott die Zeit erschuf Dieu créa le temps
 Gab er ihr Sonnenuhren Puis fit les cadrans solaires
 Als Festgewänder En habits de fête

Dans l'observatoire de Brittheim, dans le sud de l'Allemagne, je fis connaissance de « l'Apolytère » d'Yves Opizzo. Je constatai encore et encore que les profanes qui essaient de lire un cadran solaire pensent qu'il n'indique rien de correct. Si je leur parle ensuite de l'Apolytère, qui atteint presque la seconde et qu'un seul rayon de Soleil suffit (avec quelques informations complémentaires) pour qu'il soit possible de trouver le lieu sur la planète, ils sont stupéfaits, incroyables. Ils ne peuvent pas (ou ne veulent pas ?) l'imaginer. C'est précisément la raison pour laquelle je considère la gnomonique comme un monde de connaissances et d'expériences qui devrait être enseigné dans toutes les écoles - afin que les enfants puissent comprendre notre maison cosmique dans l'interaction des corps célestes et apprendre comment le « temps » se forme et ce que les horloges et les calendriers en font.

Tout récemment, en 2023, des amis jardiniers ont réaménagé un jardin paroissial envahi par la végétation derrière l'église de ma ville natale. Ils l'appellent le jardin de la création. Une croix en bois de deux mètres de haut devait être enlevée à proximité. J'ai alors demandé qu'elle soit érigée devant le jardin avec la traverse en direction nord/sud. À la base du tronc, j'ai placé une plaque avec des inscriptions pour midi solaire, et pour les sonneries des cloches matin et soir. Au nord, j'ai placé des pavés dans la pelouse qui marquent les solstices et les équinoxes. Depuis, à midi TVL, l'ombre de la barre transversale s'unit à celle du tronc pour former une seule ligne d'ombre indiquant la date sur le calendrier au sol. Parfois, j'ai l'occasion de montrer et d'expliquer ce « cadran solaire » à des classes d'école et aux passants.

Une ruche dans ce jardin fait également partie de ma vision de la gnomonique. Lorsqu'une abeille a trouvé une bonne source de nourriture, elle indique à sa colonie la direction de cette source. Elle le fait dans la ruche dans l'obscurité totale avec des « danses » que les autres abeilles perçoivent. L'angle de vol par rapport au Soleil est encodé dans ces danses. Si l'abeille répète maintenant sa danse après une demi-heure par exemple (le tout dans l'obscurité totale !), elle transmet un angle différent, en fonction de la trajectoire que le Soleil a parcouru. La différence angulaire correspond au décalage temporel des danses. C'est ainsi que j'ai reconnu l'abeille comme le plus petit cadran solaire - et vivant ! - du monde.

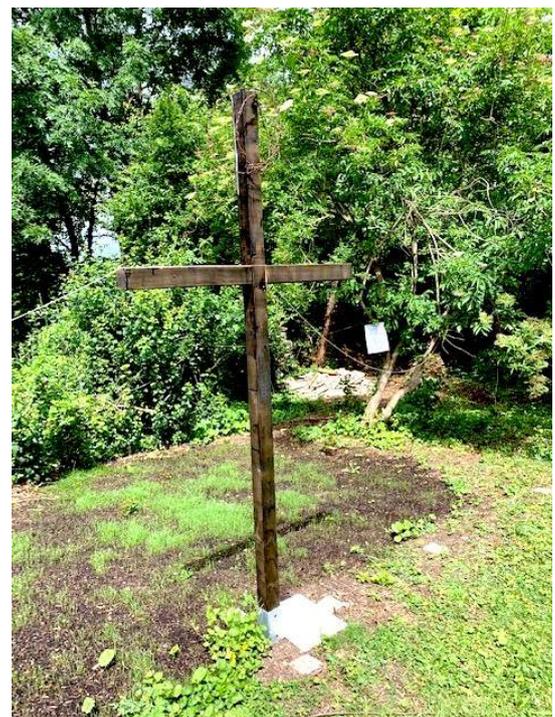
Das Licht der Sonne Soleil, ta lumière
 Ist ein Geschenk des Himmels Est un vrai présent céleste
 Und Mutter der Zeit Et la mère du temps

Tout est lié à tout : la lumière et l'ombre, les voyages des corps célestes, les pensées que les gens ont à leur sujet, les idées précises qu'ils offrent, les histoires et les poèmes, la science et la poésie. La gnomonique s'est révélée à moi comme un paradis extrêmement diversifié de connaissances et d'actions. Je suis étonné de la créativité de ceux qui l'utilisent pour construire des garde-temps, du petit médaillon à la grande place avec un obélisque aussi haut qu'une maison. Je suis émerveillé et j'en suis très reconnaissant.

(traduction du texte et des haïkus fournis par l'auteur : Yves Opizzo)



L'Apolytère
 installé à
 l'Observatoire
 de Brittheim



Cadran solaire autour d'une croix dans un jardin...

RÉALISATION D'UN HÉLIOCHRONOMÈTRE

Michel Brialix

Et si vous réalisiez un héliochronomètre, ce cadran solaire donnant l'heure légale avec une précision de l'ordre de la minute, encore utilisé il y a une centaine d'années ? Ce n'est pas si compliqué et Michel Brialix a relevé le défi ! Il partage ici son expérience.

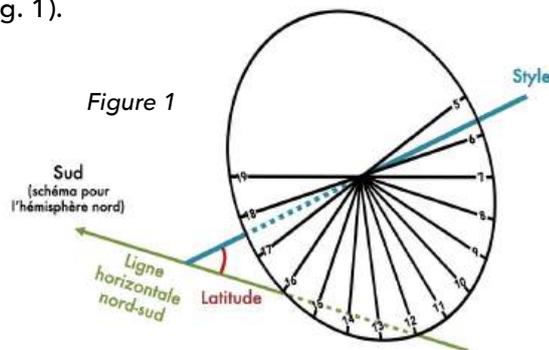


Héliochronomètre de type Fléchet

L'héliochronomètre est un cadran solaire dont le principe de fonctionnement est relativement simple à comprendre et la construction pas si difficile... Sa conception remonterait aux travaux de l'allemand Christophorus Clavius à la fin du XVI^e siècle. Il a été ensuite perfectionné par l'abbé Guyoux et enfin par l'ingénieur V. Fléchet à la fin du XIX^e siècle.

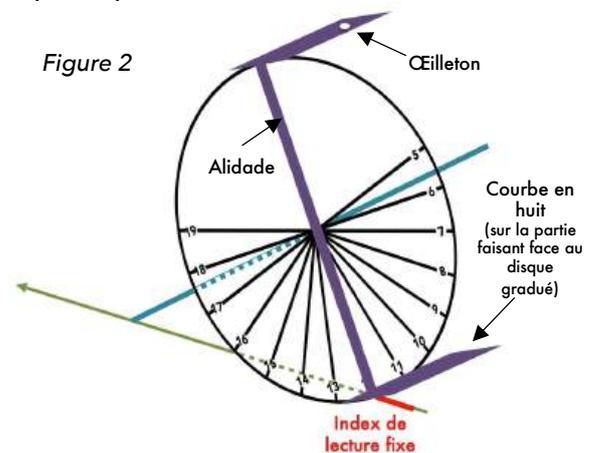
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Partons d'un cadran équatorial dans sa version la plus courante : un disque régulièrement gradué ($15^\circ/h$) sur ses 2 faces, traversé de part en part en son centre par un style parallèle à l'axe de rotation de la Terre. La ligne nord-sud est dans le méridien local : lorsque qu'il est midi au Soleil, l'ombre du style doit être sur 12 h (fig. 1).



Ce cadran donne une heure locale au Soleil, et lorsque le jour suivant l'ombre du style reviendra sur 12 h il se sera écoulé un jour solaire légèrement différent du jour moyen de 24 h auquel se réfèrent nos montres. Tout au long de l'année l'écart entre l'heure solaire locale et l'heure moyenne locale, appelé l'équation du temps, peut être compensé par une lecture sur une courbe en huit.

Une solution simple pour intégrer cette équation du temps à la lecture est une alidade pivotant sur le centre du disque équatorial (voir fig. 2), avec, sur son montant avant (face au Soleil), un œilleton par où passe un rayon de Soleil qui va donner une petite tache blanche sur le montant arrière où sera gravé un huit de l'équation du temps. Par ce procédé nous retrouvons un temps moyen local.



Mais, l'heure officielle française est référencée par rapport au méridien de référence de son fuseau horaire (15° E). Il va donc falloir tenir compte de ce décalage ($- 4$ minutes par degré de longitude si vous êtes à l'est de ce méridien, $+ 4$ minutes si vous êtes à l'ouest) et pour compliquer le réglage tenir compte enfin du décalage horaire en été ($+ 1$ h). Une solution : faire pivoter le disque équatorial gravé. En ayant la possibilité d'un réglage en latitude de 0 à 90 degrés, vous avez recréé là un héliochronomètre utilisable dans tout un hémisphère (attention il vous faudra un disque équatorial complet gravé sur 24 heures).

L'HÉLIOCHRONOMÈTRE RÉALISÉ

Je vais maintenant décrire celui que j'ai réalisé. J'ai d'abord imaginé une « monture équatoriale » d'astronome constituée d'un « support plan horizontal » en appui et pivotant horizontalement sur un trépied, surmonté d'un support articulé par charnière représentant le plan équatorial réglable en latitude (angle φ).

Centré et en appui sur ce plan équatorial, le disque de lecture horaire mobile est utilisé pour le réglage en longitude et en horaire d'hiver ou

d'été. Il est surmonté d'une alidade centrée sur ce même axe. Cette alidade possède un montant avant côté Soleil, percé en son centre d'un œilleton (trou de diamètre 2,5 mm) avec autour un pare-soleil qui permet de mieux distinguer la tache solaire projetée sur le montant opposé.

Sur ce montant opposé, pour plus de précision, le 8 de l'équation du temps est positionné sur un cylindre de rayon 338 mm dont l'axe passe par l'œilleton. L'idéal, au lieu du cylindre, serait d'avoir une sphère centrée sur l'œilleton et de même rayon, mais cette réalisation était trop difficile.

À la base arrière de ce montant opposé de l'alidade est placé l'index de lecture horaire. C'est avec cet index que se fera la lecture de l'heure comme à sa montre.

RÉGLAGE DE L'HÉLIOCHRONOMÈTRE

On réglera tout d'abord le plan équatorial à la latitude du lieu. Ce réglage se fait par une tige filetée et un régllet millimétré pour mesurer l'ouverture des 2 plans : la hauteur A de l'extrémité du plan équatorial au support plan

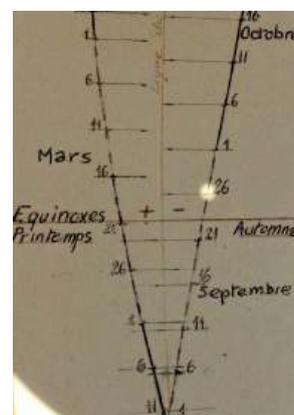
horizontal, lue entre 2 petites plaquettes alu, est donnée par la formule $A = L \cdot \sin(90^\circ - \varphi)$

Ensuite :

- S'assurer que le plan inférieur est horizontal à l'aide de 2 niveaux à bulle en jouant sur la longueur des pieds du trépied, puis serrer les pieds.
- Tourner le cadran de lecture horaire pour positionner le décalage (12 h + longitude + 1 heure si heure d'été) par rapport au trait méridien. Mettre l'index de lecture horaire sur l'heure lue à sa montre, puis tourner l'ensemble sur le trépied afin d'amener la tache solaire à la date inscrite sur la courbe de l'équation du temps et serrer pour que plus rien ne bouge.

Si vous ne tombez pas à la bonne date, c'est que le réglage précédent est mal fait, on dit dans ce cas que la « mise en station » n'est pas correcte.

L'héliochronomètre est réglé ! À toute heure, et jusqu'au prochain changement d'heure, vous n'aurez qu'à faire coïncider, grâce à l'alidade, la tache lumineuse avec la bonne date de la courbe en 8 (photo ci-dessous à droite) et lire l'heure légale au niveau de l'index de l'alidade !



Faire coïncider la tache lumineuse avec la bonne date de la courbe en 8...

Michel Brialix brialix.michel@orange.fr a exercé le métier de dessinateur industriel. Aujourd'hui à la retraite, il se passionne pour la gnomonique. Il est membre de la Commission des cadrans solaires de la SAF depuis 25 ans.

LES JOURS JULIENS Pierre-Louis Cambefort

Combien de jours se sont écoulés jusqu'à la date où vous lisez cet article depuis la naissance de Jules César (le 12 juillet 100 av. J.-C.) ? Pas si facile car différents calendriers aux règles différentes se sont succédé ? Si, car l'auteur vous propose de vous référer aux jours juliens !

Si vous voulez facilement calculer la durée écoulée entre deux dates quelque peu éloignées entre elles, ou simplement connaître le jour de la semaine d'une date quelconque ou encore utiliser les applications nombreuses de calculs de la cosmologie, vous serez certainement amenés à utiliser le « jour julien » ou JJ (en anglais Julian Day ou JD).

Il s'agit d'une numérotation des jours en série continue, indépendante de tout calendrier. Une façon de calculer JJ est la suivante (pour toute année positive ou négative) :

NOTATIONS UTILISÉES

A est l'année, M le numéro du mois (1 pour janvier, 2 pour février etc...), J le jour du mois, en écriture décimale.

Le « jour décimal » du mois J est constitué, pour sa partie entière, du rang du jour dans le mois et, pour sa partie décimale, des heures TU (temps universel ou temps moyen du méridien de Greenwich) divisées par 24 :

- Si $M > 2$, laisser A et M inchangés.
- Si $M = 1$ ou 2 , remplacer A par $A - 1$ et M par $M + 12$ (en d'autres termes, si la date est en janvier ou février, elle est considérée comme le 13^e ou 14^e mois de l'année précédente).
- Dans le calendrier grégorien (supérieur au 15 octobre 1582), calculer :

$$B = \text{INT}(A/100)$$

La fonction INT (X) retourne le plus grand entier, qui est inférieur ou égal au nombre considéré X : $\text{INT}(7,9) = 7$ et $\text{INT}(-7,9) = -8$.

$$\text{puis } C = 2 - B + \text{INT}(B/4).$$

- Dans le calendrier julien, prendre $C = 0$.

Le jour julien, dont la partie décimale multipliée par 24 correspond aux heures écoulées depuis 12 h TU, est alors donné par la formule :

$$\text{JJ} = \text{INT}(365,25 * (A + 4 716)) + \text{INT}(30,6001 * (M+1)) + J + C - 1 524,5$$

EXEMPLES

- 9 octobre 2024 à 12 h TU \triangleright JJ = 2 460 593
4 octobre 2024 à 0 h TU \triangleright JJ = 2 460 587,5
26 juin 1987 à 11 h TU \triangleright JJ = 2 446 972,958

Cette procédure de calcul utilise l'année 0 avant l'année 1 de la chronologie chrétienne, l'année précédant l'année 0 étant l'année -1, etc. L'année 614 av. J.-C. est ainsi l'année - 613.

Rappelons que le calendrier julien a été établi par Jules César en l'année - 45 et qu'il définit les années divisibles par 4 comme années bissextiles, alors que le calendrier grégorien définit les années divisibles par 4 comme années bissextiles sauf les années séculaires qui ne sont pas divisibles par 400. Dans le calendrier grégorien, les années 1700, 1800, 1900, 2100 sont des années ordinaires mais les années 1600, 2000 et 2400 sont des années bissextiles. Le calendrier grégorien a pris en compte les années bissextiles comptées en trop dans le calendrier julien et en 1582, le lendemain du 4 octobre 1582 est devenu le 15 octobre 1582 (attention : le calendrier grégorien n'a pas été immédiatement adopté par tous les pays : en tenir compte).

La numérotation en jours juliens repose sur une définition extrapolant le calendrier julien en-deçà de l'année - 45, jusqu' à l'origine des jours juliens, donc pour les années négatives. Pour ces années négatives, il faudra tenir compte du fait que c'est le calendrier julien qui est utilisé.

CALCUL D'UNE DATE À PARTIR DU JOUR JULIEN (Méthode Jean Meeus¹)

- Ajouter 0,5 au jour julien JJ.
- Soient Z la partie entière du nombre obtenu et F sa partie décimale.
- Si $Z < 2 299 161$ (valeur du 15 octobre 1582 : début du calendrier grégorien), prendre $A = Z$
- Si $Z \geq 2 299 161$, calculer :
 $\alpha = \text{INT}((Z - 1 867 216,25) / 36 524,25)$
 $A = Z + 1 + \alpha - \text{INT}(\alpha/4)$
 $B = A + 1 524$
 $C = \text{INT}((B - 122,1) / 365,25)$
 $D = \text{INT}(365,25 * C)$
 $E = \text{INT}((B - D) / 30,6001)$
- Le jour du mois (avec décimales) est :
 $J = B - D - \text{INT}(30,6001 * E) + F$
- Le mois est égal à :
 $M = E - 1$ si $E < 14$; $M = E - 13$ si $E = 14$ ou 15
- L'année vaut :
 $Y = C - 4 716$ si $M > 2$
 $Y = C - 4 715$ si $M = 1$ ou 2

¹ <https://archive.org/details/astronomicalalgorithmsjeanmeeus1991>



Joseph Juste Scaliger

La notion de jour julien a été introduite en 1583 par l'érudit Joseph Juste Scaliger, né à Agen en 1540 et mort à Leyde (Pays-Bas) en 1609. Dans son ouvrage de chronologie *Opus novum de emendatione temporum* (Étude nouvelle de la correction du temps), il propose de choisir une origine plus lointaine que la numérotation romaine des années ou la chronologie chrétienne, qui ne remontaient pas assez loin dans le temps. Ce décompte des jours (des années uniquement au début) est actuellement universellement utilisé par les astronomes et les historiens. Dans cette numérotation, les jours sont numérotés les uns derrière les autres sans distinction de mois, d'années et sans rupture à l'époque des changements de calendriers.

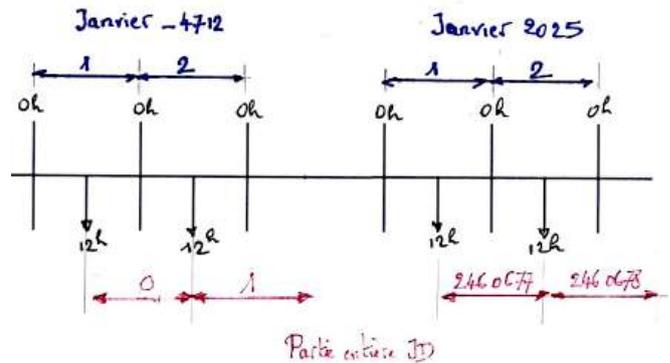
ORIGINE DES JOURS JULIENS

Scaliger a choisi l'origine de sa numérotation en relation avec la structure du calendrier julien qui repose en particulier sur les concepts suivants : indiction romaine, nombre d'or et cycle solaire. Les 3 nombres principaux utilisés pour sa numérotation sont fondés sur les cycles de 15 ans pour l'indiction romaine, 28 ans pour le cycle solaire, 19 ans pour le nombre d'or.

Scaliger a d'autre part choisi la convention suivante pour l'année de départ de sa numérotation : l'origine des 3 cycles sont égaux à 1 et l'on retrouve cette coïncidence tous les $15 * 28 * 19 = 7\ 980$ années. Ces conditions sont réalisées pour les années égales à $(n \text{ étant un entier}) - 4712 + n * 7980$.

Une présentation détaillée du calcul de l'origine des jours juliens est disponible en annexe².

Cette numérotation a été reprise par Sir John Herschel (le fils de William Herschel) en 1849. Il eut l'idée curieuse de confirmer son numérotage au 1^{er} janvier - 4712 à midi (heure TU) et de numéroté 0 ce premier jour, si bien que le numéro 1 échoit au second jour, soit à partir du 1,5 janvier de l'année -4712.



Numérotation reprise par Sir John Herschel

La période de cette numérotation est plus longue que toute civilisation humaine connue, l'origine trop lointaine nous vaut, depuis 4 000 ans, des entiers de 7 chiffres, dont le premier, qui ne change que tous les 2 738 ans, est vraiment inutile. Chaque jour commence à midi, la numérotation JJ se trouve à cheval sur 2 jours et, pour comble, le mot « julien » est appliqué aux jours de cette numérotation, ce qui, je me permets, est absurde. Mais cette numérotation est toujours en vigueur et est universellement utilisée...

APPLICATIONS PARTICULIÈRES

Intervalle entre 2 dates

Le nombre de jours séparant 2 dates du calendrier, est simplement égal à la différence des jours juliens de ces 2 dates, calculés à la même heure.

Détermination du jour de la semaine

La numérotation julienne étant indépendante des semaines, mois et années, le reste de la division du jour julien par 7 donne immédiatement le jour R de la semaine :

- calcul de JJ avec le jour considéré à 0 h TU
- ajouter 1,5
- diviser par 7
- prendre le reste R de cette division

R = 0 pour dimanche, R = 1 pour lundi...

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.

² https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2024/12/Origine_JJ-PLCambefort.pdf

SUR LES CHEMINS DE COMPOSTELLE...

François Bocqueraz

Les chemins de Compostelle attirent les marcheurs, qu'ils soient pèlerins, simples randonneurs ou... amateurs de cadrans solaires puisque l'on en dénombre près de 600 ! L'auteur, qui connaît très bien ces chemins, nous invite à les découvrir.



Il ne fut pas toujours aisé aux hommes de se déplacer vers le tombeau de l'apôtre sur les très longs chemins. Au cours des premiers siècles du Moyen-âge, beaucoup ne savaient ni lire ni écrire, point de balisage, sinon quelques bornes romaines placées sur les anciennes voies militaires. Demander sa direction présentait des difficultés avec la barrière des langues et autres patois régionaux. Certes, il suffisait de marcher vers le sud-ouest pour rejoindre la Galice, la plupart arrivant du Nord ou de l'Est de l'Europe. La marche du Soleil aide à se diriger, et la nuit l'étoile polaire devient un excellent repère. Les cartes pouvaient également aider les voyageurs, mais leur précision laissait à désirer avant la publication en 1756 de la première cartographie établie sous la direction de Cassini II (1677-1756) et de son fils Cassini III (1714-1784).

Les deux astronomes s'appuient sur la triangulation générale commencée par l'abbé Picard (1620-1682), et au moyen de relevés effectués sur le terrain, pour organiser la présentation du royaume.

Un cheminement dans l'espace qui est jalonné de chapelles, d'églises et de cathédrales, de châteaux et de forêts, de demeures et d'oratoires, qui livreront d'autres messages laissés par les compagnons, les astronomes, les astrologues et les alchimistes. Les bâtisseurs des cathédrales mettent en scène le spirituel et les sciences, le profane et le religieux. L'art décrit les espoirs, les peurs et les sentiments des hommes, où corps, âmes et esprits se mêlent !

Sur les divers chemins de Compostelle (*Campus Stellae*, Le champ de l'étoile), vous pourrez découvrir les 48 horloges astronomiques et les

569 cadrans solaires qui sont présents sur le trajet du pèlerinage. Chacun peut choisir de faire un bout du chemin ou de se lancer sur une des voies qui l'amènera là où le Soleil plonge dans l'océan Atlantique.

Un « parcours qui est un retour vers l'essentiel » où le vagabondage dans la nature sacrée, en traversant vignes et villages permettra de se recueillir dans les sanctuaires protecteurs de reliques. En sollicitant nos connaissances, essayons de soulever le voile des mystères, marchons pour recevoir la plus belle lumière de l'infini et rentrer dans le cercle des initiés au milieu du *Compostella*.

Tout d'abord, il faudra rejoindre par les diverses routes qui conduisent vers les quatre villes françaises qui sont des lieux de « rassemblements », départs des « Via » menant à Saint-Jacques-de-Compostelle. Au Moyen-Âge, les grands et infinis « Chemins de l'Europe » partaient du Nord, de l'Est et du Sud pour rejoindre *Santiago* pour un incroyable voyage de plusieurs semaines, voire plusieurs mois pour certains... après des milliers de kilomètres à pied.



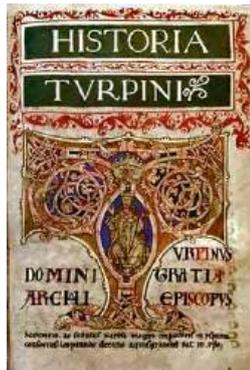


Sur les chemins de Saint-Jacques (et sur leurs cadrans solaires) la coquille Saint-Jacques est souvent choisie comme motif de décoration

Les nordiques préféraient, au départ de Gdansk, naviguer sur la mer Baltique, à moins de marcher en passant par Berlin, le Luxembourg et prendre la via de Vézelay. Arthus au Danemark amenait via Hambourg, Brême, Aix-la-Chapelle, Liège, à Paris puis à Tours. De Haarlem (Amsterdam) au Pays-Bas, ou de Bruges en Belgique via Bruxelles et Paris, ou encore du Mont Saint-Michel pour les Anglais, via Poitiers, Bordeaux, Bayonne. Certains voyageaient depuis Budapest en Hongrie, et traversaient Vienne en Autriche. Munich en Allemagne ou Berne en Suisse étaient d'autres départs pour se rendre à Lyon, et suivre le Rhône ou se diriger vers Le Puy-en-Velay. Cracovie en Pologne via Prague, conduisait à Stuttgart, Cluny et enfin Vézelay. Les pèlerins italiens partaient de Brindisi, Naples ou Rome, pour traverser la France via la ville d'Arles... D'autres venaient d'Athènes en Grèce, ou de Sofia en Bulgarie. Tous, animés de la même foi, cheminaient. Puis il faudra marcher sur ces quatre « Via » principales ou parcourir quelques chaussées secondaires.

Les pèlerins partis du Nord, de l'Est ou du Sud de l'Europe, entrent en Espagne soit au col du Somport pour rejoindre le Chemin aragonais (*Camino Aragonés*) jusqu'à Puente-la-Reina, soit arrivent à Oloron-Sainte-Marie et passent par Saint-Jean-Pied-de-Port et le col de Roncevaux pour tous se rejoindre et trouver le Chemin des Français (*Camino francés*). Il y a ceux qui choisissent le chemin côtier par Bayonne et Irún pour emprunter le Chemin du nord (*Camino del Norte*) en longeant la côte Atlantique vers Gijón et poursuivre par le bord de mer, ou emprunter le Chemin primitif menant par l'intérieur des terres jusqu'à Burgos. « Le champ de l'étoile » offrira toutes ses lumières et ouvrira la beauté intérieure des voyageurs ayant la foi.

Ainsi, il sera plus aisé pour comprendre cet engouement des chrétiens de toute l'Europe, désireux de rejoindre la Galice pour venir prier sur la tombe de l'apôtre. Le livre du pèlerin de Saint-Jacques-de-Compostelle est l'œuvre écrite en latin au XII^e siècle, par le moine Aymeri Picaud de Pathenay le vieux - Poitou, où il existait un hôtel-Dieu Sainte-Madeleine géré par les clercs de Saint-Augustin. Il exerça son sacerdoce de curé à Asquins au pied de Vézelay. Ses textes font l'objet du Livre V du Codex Calixtinus ou *Liber Sancti Jacobi* (photo ci-contre).



Cadran solaire au Tréport



Cadran solaire à Dieppe



Cadran solaire à Cornillé



Cadran solaire au cloître de Saint-Jacques de Compostelle

Après une scolarité chez les jésuites, François Bocqueraz (firstsavoie@gmail.com), licencié en droit, a exercé avec passion son métier de comptable. Son engouement pour la photographie et l'histoire de la France l'a poussé vers l'architecture des églises, abbayes et cathédrales européennes où la gnomonique est souvent présente. Ainsi il « a pu un peu mieux percevoir le message des bâtisseurs et des alchimistes ». Voulant faire partager son enthousiasme et ses rencontres, il a développé le site www.cadranssolaires.com où sont présentés notamment les 4 tomes de son livre numérique où le fil conducteur reste toujours les cadrans solaires (un autre tome, consacré aux abbayes de France, est en préparation) :

- Tome I - Cadrans solaires de Paris - Itinéraire d'un curieux
- Tome II - Cadrans solaires et méridiennes disparus de Paris
- Tome III - Cadrans solaires, sur les chemins de Compostelle
- Tome IV - Cadrans solaires, sur les chemins du Saint-Suaire

LA JOIE DE TRANSMETTRE SON SAVOIR

Jean-Claude Reita

Jean-Claude Reita, assisté de son épouse, tous deux animés d'une vraie « joie de transmettre leur savoir », réalisent un grand nombre d'interventions en milieu scolaire (ou associatif) sur le thème des cadrans solaires. Ils partagent ici leur expérience et le bonheur qu'ils en retirent. Un exemple à suivre...



Jean-Claude Reita et son épouse lors de l'une de leurs interventions

Nos interventions sont conçues logiquement en deux parties. La première porte sur la relation de la Terre au Soleil et le concept de cadran solaire ; la seconde vise la réalisation par les enfants d'un cadran solaire.

LA PARTIE INTRODUCTIVE

Il est souhaitable de convenir si possible avec l'enseignant (ou le responsable associatif) que cette partie ait lieu avant la récréation et la partie expérimentale après : il faut que l'intervention reste une détente, un plaisir, un moment tranquille et serein pour les enfants grands ou petits et... pour les intervenants.

Nous débutons toujours par une projection de photos de cadrans solaires et par la présentation de notre collection de cadrans (photo ci-dessous).



Puis nous abordons le mouvement de rotation de la Terre et son obliquité, sa révolution autour du Soleil, le mouvement apparent du Soleil dans le ciel.

Des chiffres surprenants aident à « accrocher » l'auditoire (la révolution de la Terre autour du Soleil en 365,25 jours se traduit par exemple par « la Terre parcourt 940 millions de kilomètres entre deux anniversaires ! »), et l'ensemble de la présentation est bien entendu adapté à l'âge des enfants.

Un globe terrestre équipé de gnomons ou de cadrans horizontaux (photos ci-dessous) et une lampe torche permettent d'expliquer que le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest, de matérialiser les directions est-ouest et nord-sud (voire de parler de méridiens, de longitude et de latitude si le niveau des enfants le permet), de constater l'évolution de l'ombre du gnomon au cours de la journée, de mesurer comment la durée des jours varie au fil des saisons, de rappeler comment l'on est passé de l'heure solaire au temps universel, de montrer comment utiliser correctement une boussole, etc.

Pour mettre une note d'humour on peut demander l'heure qu'il est au pôle Nord : la réponse plait aux enfants : pas d'heure imposée aux pôles. « Ça alors ! ».

Cette partie « théorique » des cadrans solaires peut réellement passionner les enfants !



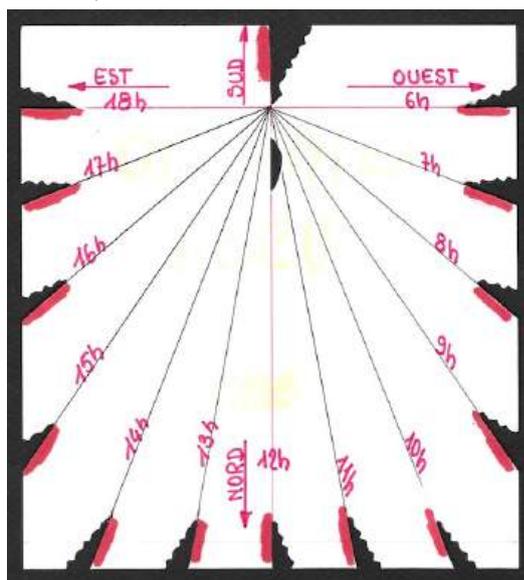
LA PARTIE EXPÉRIMENTALE

Si les enfants peuvent être passionnés par la première partie de l'intervention, ils adorent bien entendu la seconde partie car ils vont réaliser (et quitter la classe avec) un cadran solaire.

Nous faisons le plus souvent réaliser par les enfants un cadran horizontal, sur des plaques de carton de 150 x 165 mm et de 3 mm d'épaisseur, que nous avons préalablement découpées dans une feuille de 800 x 1200 mm. On obtient donc 35 plaques, la quantité requise pour une classe...

La détermination de la position des lignes horaires est faite avant l'intervention pour la latitude du lieu d'utilisation, sous forme d'entailles sur le bord extérieur du cadran, au ciseau déchiporteur.

Les enfants doivent tracer les lignes horaires (se repérant grâce aux entailles), puis confectionner le style dont l'ombre donnera l'heure solaire (il sera collé par les intervenants, sous l'œil attentif de l'enfant).



C'est le moment pour les intervenants d'être attentifs, vigilants, compréhensifs, bienveillants car on affronte tous les genres : les génies, il faut admirer leur travail, les féliciter ; les timides, les aider, les débloquer, les soutenir...

On passe enfin à la décoration des cadrans, un dessin aux feutres ou aux crayons de couleur en fonction de l'inspiration de chaque enfant. C'est, pour les intervenants, le moment le plus beau, le plus passionnant : voir de jolis dessins timides et de véritables chefs d'œuvres, voir des enfants heureux, épanouis, fiers de leur cadran.

Puis vient l'heure de vérité... en espérant la présence du Soleil.

On sort dans la cour, on pose les cadrans sur le sol (le plus horizontal possible) et on prend les boussoles, notamment celles (photo ci-dessous) que j'ai confectionnées avec des bouchons et du fil de fer frotté sur un aimant (elles sont posées sur l'eau d'une assiette plastique).



On indique le nord, on oriente les cadrans et vient le moment de la lecture. Il faut de nouveau préciser que l'heure indiquée est celle du Soleil et non de la montre. Pour passer à l'heure de la montre on prend, pour le jour d'intervention, une correction approximative, qui tient compte du décalage en longitude et de l'équation du temps du jour (et de l'heure d'été le cas échéant). On tombe, de cette façon, pratiquement à la bonne heure de la montre. Et là il faut voir le regard de tout ce petit monde.

En fin d'intervention, pour chaque élève, on place dans un sac plastique de congélation de 20 l le petit chef d'œuvre, la boussole en liège et un mode d'emploi que nous avons préparé.

Et viennent les moments de bonheur pour les intervenants : une jeune fille vient faire la bise à mon épouse et lui dit que son cadran sera le cadeau de la « fête des Papas » (qui avait lieu la semaine suivante), une autre lui explique que ce cadran ornara son bureau, vingt enfants déploient une banderole « Merci Jean-Claude » à l'issue de l'intervention, etc.

Un dernier conseil : soyez bien préparés à ces questions d'enfants qui sont quelquefois plus difficiles que celles posées par des adultes... Par exemple, cette jeune fille de CM2 qui demande « Monsieur, pourquoi la Terre ne tombe-t-elle pas ? ». Il faut avoir une réponse rapide et claire...

Bien des choses à expliquer qui passionnent les enfants loin des téléphones et des écrans d'ordinateurs... ainsi que les parents !

Jean-Claude et Éliane Reita (eliane.jc.reita@orange.fr) ont des passions communes depuis leur rencontre à la fin des années 50, avec pour moteur la soif de connaissances et le partage. Ils ont notamment animé un club photo d'entreprise puis découvert l'astronomie et les cadrans solaires...

LE CADRAN FANTONI Henri Gagnaire

Henri Gagnaire nous avait déjà, dans le n°5 du magazine¹, proposé un intéressant cadran polaire équipé d'un cylindre porte-ombre. Il nous invite aujourd'hui à découvrir un cadran de hauteur un peu particulier, assez facile à concevoir et à réaliser...

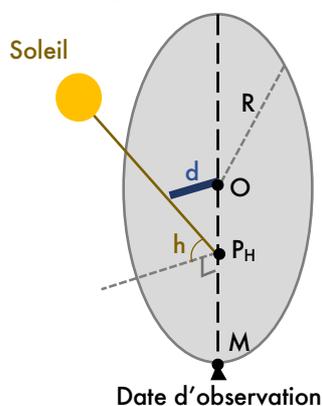
Les cadrans solaires de hauteur² forment une grande famille dont le plus connu est le « cadran de berger ». Ils présentent l'avantage de ne pas nécessiter de connaître la direction nord-sud (pas de boussole pour les systèmes portables) mais l'inconvénient d'être tracés pour une latitude donnée (et de n'avoir qu'une précision relative autour de midi).

Le cadran que je vous propose de découvrir est présenté dans un livre de l'amiral Girolamo Fantoni (1920-2006)³, gnomoniste italien. Peut être a-t-il été inventé par Fantoni lui-même ?

On considère un gnomon horizontal de longueur d , placé au centre d'un disque vertical de centre O et de rayon R , ce disque pouvant tourner autour de son axe horizontal, l'ensemble étant placé sur un support.

À chaque point M de la périphérie du disque peut en principe correspondre un jour de l'année (365 jours pour 360°), donc une déclinaison δ du Soleil. Dans la pratique, on pourra se contenter d'intervalles de quelques jours et ne tracer que 36 ou 72 rayons vecteurs régulièrement espacés angulairement. On choisit ainsi une « échelle des dates ».

Positionnons maintenant verticalement le rayon vecteur OM correspondant à la date d'observation et orientons le disque vers le Soleil (l'ombre du gnomon est alors verticale). Notons que ces deux opérations sont analogues à celles qu'il faut effectuer pour lire l'heure avec un cadran de berger⁴.



Sur chaque rayon vecteur OM , on place les différents points P_H correspondant à toutes les heures H où le Soleil est levé, se référant à la formule $OP_H = d \cdot \tan h$ que l'on peut retrouver aisément sur le schéma précédent, sachant qu'en outre :

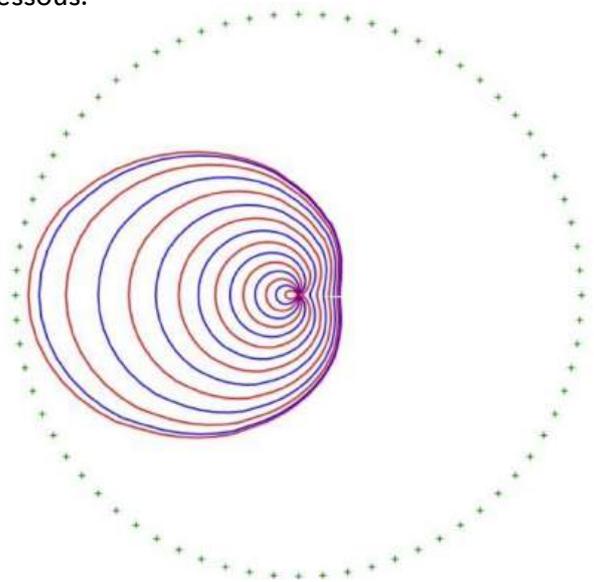
$$\sin h = \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos H + \sin \varphi \cdot \sin \delta$$

avec φ la latitude, δ la déclinaison du Soleil au jour de l'observation et H l'angle horaire du Soleil (égal à -15° à 11 h heure solaire, 0° à 12 h, $+15^\circ$ à 13 h, $+30^\circ$ à 14 h, etc.)

La longueur du gnomon doit être assez courte pour pouvoir mesurer des hauteurs de Soleil assez faibles car la hauteur maximale h_{\max} repérable sur le disque est donnée par

$$d \cdot \tan h_{\max} = R$$

On complète le tracé en reliant entre eux tous les points P_H qui correspondent à la même heure solaire et on obtient alors le diagramme ci-dessous.



Concernant ce diagramme, plusieurs remarques s'imposent :

- Le tracé n'occupe qu'une faible partie de la surface du disque. Il est symétrique par rapport à l'axe solstice d'hiver - solstice d'été car il existe deux jours dans l'année correspondant à la même déclinaison du Soleil.

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

² <https://astro-alps.blogspot.com/2014/11/cadrans-de-hauteur-style.html>

³ Girolamo Fantoni - « Orologi Solari - Trattato completo di gnomonica » - Technimedia -1988

⁴ Roger Torrenti - MOOC cadrans solaires - <http://www.cadrans-solaires.info/sequence4/co/1-11-cadran-de-berger.html>

- Il n'est pas besoin d'annoter le tracé pour comprendre qu'entre l'équinoxe d'automne et l'équinoxe de printemps (automne - hiver), les courbes des heures sont très resserrées car le Soleil s'élève très peu au-dessus de l'horizon.

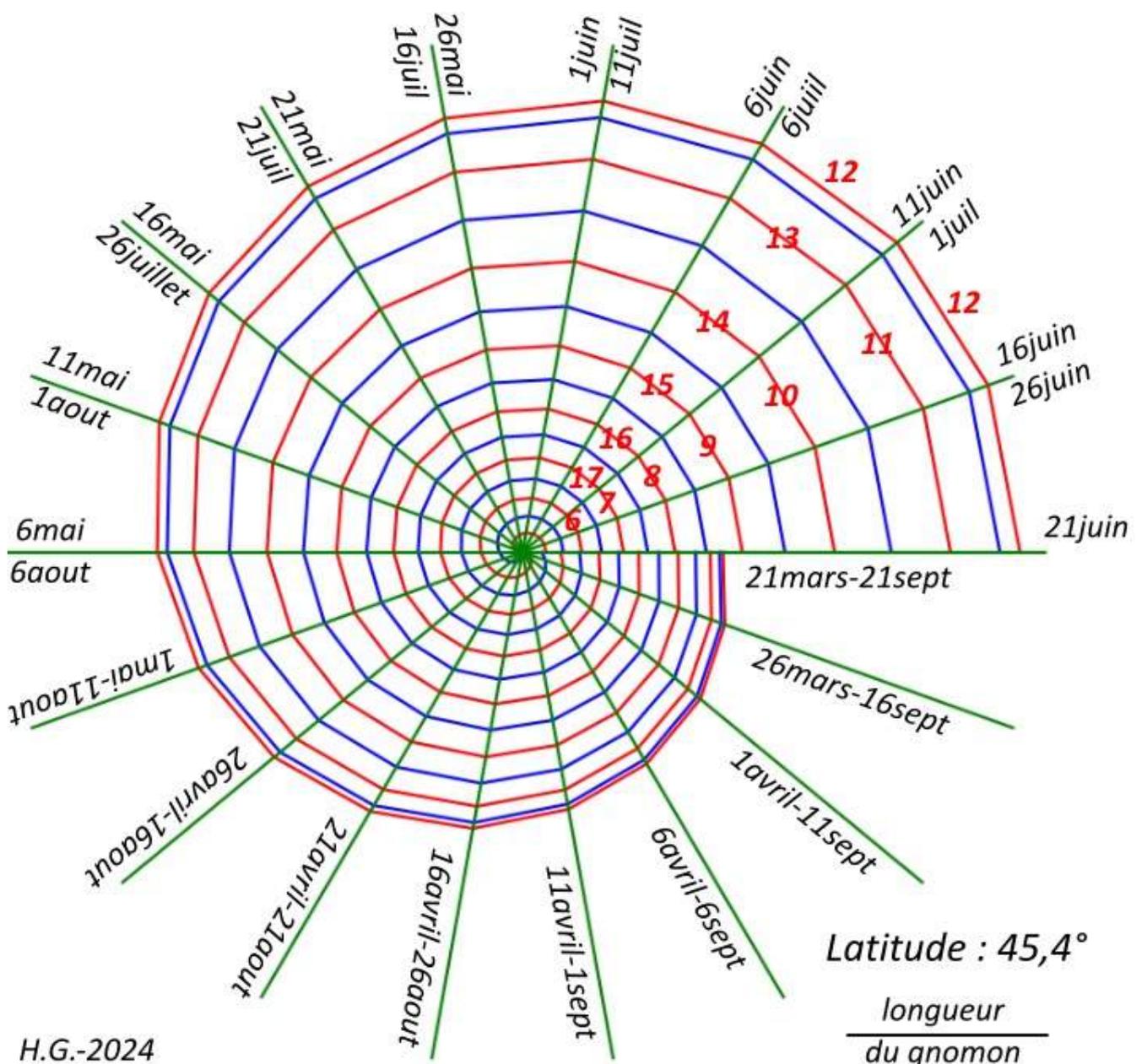
Pour améliorer la lecture des heures sur le diagramme, on peut replier l'échelle des dates afin qu'un rayon vecteur corresponde aux deux dates de même déclinaison du Soleil.

On peut aussi se contenter de tracer le diagramme pour les jours entre l'équinoxe de printemps et l'équinoxe d'automne (printemps - été). On obtient alors le diagramme suivant, plus lisible où un secteur angulaire correspond à 5 jours.

Cependant, comme pour tout cadran de hauteur, les lignes horaires autour de midi restent très resserrées.

Pourquoi ne pas appeler ce cadran de hauteur « cadran escargot »... le temps passerait peut-être moins vite ?

Professeur de physique à l'université de Saint-Etienne, Henri Gagnaire henrigagnaire@gmail.com n'a découvert et ne s'est passionné pour la gnomonique qu'après sa retraite. Il contribue aujourd'hui activement aux activités de l'association Recherche Midi 42 <https://sites.google.com/view/cherche-midi-42>, dédiée notamment à la sauvegarde des cadrans solaires du département de la Loire (France) et à la diffusion des connaissances dans le domaine.



UNE HISTOIRE DU TEMPS ET DES HORLOGES

Marie-Christine de La Souchère

« Une histoire du temps et des horloges » est le titre de l'ouvrage de Marie-Christine de La Souchère, paru chez Ellipses début novembre 2024 (réédition), et disponible notamment en ligne (FNAC, Amazon, etc.). L'auteure nous présente son ouvrage plus en détail.



Retracer l'aventure du temps scientifique à travers l'évolution de ses instruments de mesure, tel est l'objet de ce livre.

Imaginons un instant que nous soyons privés de montres et de calendriers. Que ferions-nous ? Quels seraient nos repères ? À l'image de nos lointains ancêtres, nous commencerions probablement par observer la course du Soleil, de la Lune et des étoiles. Sans doute nous intéresserions-nous à la longueur des ombres, ou nous mettrions-nous à décompter le temps en observant l'écoulement d'un fluide, les oscillations d'un solide... De toute évidence, nous n'hésiterions pas à déployer des trésors d'ingéniosité pour « réapproviser » le temps.

Le début de l'ouvrage, qui décortique le cheminement de l'esprit humain, présente les premiers étalons de temps. Il nous explique de quelles manières le jour, le mois et l'année ont été définis, à partir de l'observation de la voûte céleste. Il met l'accent sur les difficultés inhérentes à l'élaboration des différents calendriers. D'inspiration religieuse ou laïque, ils ont chacun leurs particularités mais témoignent du même souci de rester en harmonie avec les mouvements célestes.

Les instruments mis au point pour quantifier les durées sont ensuite passés en revue. Un chapitre complet, abondamment illustré, intitulé « Des ombres et des heures », est consacré à la gnomonique. Horizontaux ou verticaux, déclinants vers l'est ou vers l'ouest, orientés au sud mais parfois aussi au nord, des cadrans de plus en plus élaborés voient le jour tandis que les heures équinoxiales détrônent les heures temporaires.

Avec l'avènement des horloges mécaniques, qui succèdent aux clepsydres, sabliers et chandelles horaires, et grâce à cette invention de choc qu'est l'échappement, le tic-tac des pendules devient la voix du temps. Les progrès réalisés engendrent toutefois de nouvelles interrogations : pourquoi l'heure des cadrans

solaires diffère-t-elle de celle des horloges ? La nécessité de standardiser l'heure va conduire à la définition d'un temps universel, issu d'un jour solaire corrigé de ses irrégularités.

Nous pénétrons ensuite dans le domaine des montres à quartz, puis dans celui des horloges atomiques, dont l'élaboration a été rendue possible grâce à l'émergence de la mécanique quantique. Que ce soient les fontaines au césium, les masers à hydrogène ou les récentes horloges optiques, leur fonctionnement fait intervenir les propriétés intrinsèques de la matière. Il en résulte une fiabilité et une exactitude accrues.

Revers de la médaille : les horloges atomiques vont confirmer et préciser les irrégularités de la rotation terrestre. Peut-on tolérer un temps atomique qui conduirait à des journées de durée variable ? Le temps universel, fondé sur la rotation terrestre, et le temps atomique s'affrontent. De ce « duel » entre astronomes et physiciens naîtra le temps universel coordonné, avec ses secondes intercalaires, de plus en plus contestées.

Définir un temps universel ne suffit pas. Encore faut-il le rendre accessible à tous. D'abord acheminés grâce à l'électricité, les signaux horaires sont à présent codés et transmis par voie hertzienne aux particuliers et aux organismes publics. Les horloges des systèmes informatiques sont synchronisées via Internet grâce à un réseau arborescent dont les éléments de base récupèrent l'heure de sources de référence.

Le dernier chapitre introduit les théories de la relativité, qui substituent la notion de temps relatif au concept de temps absolu. Les conséquences en sont lourdes, non seulement dans les domaines de l'astrophysique et de la physique des particules, mais également dans celui de la vie courante : les systèmes de localisation par satellite, GPS ou Galileo par exemple, ne sauraient fonctionner correctement en l'absence de correction relativiste !

Et que serait la science-fiction sans les paradoxes associés ?

Ce livre, ponctué d'anecdotes, dont la nouvelle édition a été enrichie et actualisée, s'adresse à tous ceux qui ont l'esprit curieux, désirent parfaire leur culture générale ou tout simplement se remettre en mémoire tel ou tel aspect d'un sujet particulièrement riche.

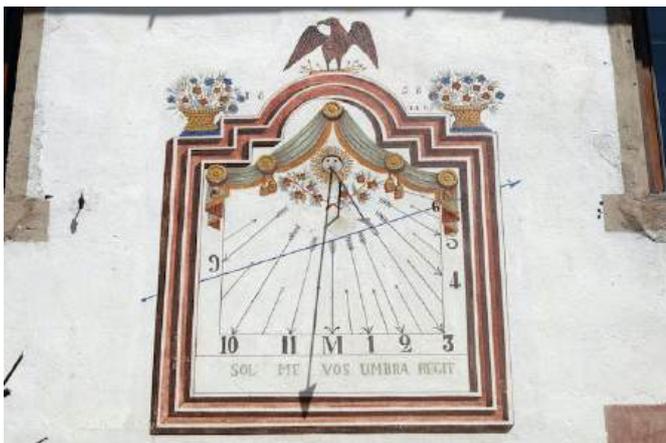
Les quelques rudiments de physique et d'astronomie nécessaires à sa compréhension ont été soigneusement réintroduits. Les développements un peu plus ardues sont signalés par des « encadrés », ce qui permet une lecture « à deux vitesses ».

Dans les dernières pages ont été rassemblées quelques annexes dont un rappel des sigles et acronymes employés dans l'ouvrage ainsi qu'une mise au point sur les levers et couchers héliques d'étoiles non circumpolaires. Un glossaire et une médiagraphie (pistes de lecture, vidéos, sites Internet), viennent compléter l'ensemble.

QUELQUES QUESTIONS INSOLITES DONT LES RÉPONSES SONT DONNÉES DANS L'OUVRAGE

- Quel est le pays qui compte le plus de fuseaux horaires ?
- Quelle heure est-il aux pôles ?
- Peut-on trouver midi à quatorze heures ?
- D'où vient le sens de rotation des aiguilles d'une montre ?
- Qu'est-ce que le calendrier milésien ?
- Un mois de février à 30 jours, où et quand ?
- D'où vient le mot canicule ?
- Pourquoi Newton a-t-il deux dates de naissance ?
- Pourquoi redéfinir la seconde ?
- Les jumeaux de Star Wars ont-ils le même âge ?
- L'Univers a-t-il connu un instant zéro ?

Marie-Christine de La Souchère mcsouchere@hotmail.com
 ancienne élève de l'École normale supérieure de Fontenay-Saint-Cloud, professeure agrégée de physique, est aujourd'hui à la retraite. Elle a publié sept autres ouvrages : *Histoire de l'astronomie - Les sciences et l'art - L'eau en 150 questions - Histoire de l'électricité - Les sons en 150 questions - 20 objets qui ont transformé notre vie - La radioactivité : découverte, mécanismes, applications, problématiques.*



Quelques photos extraites de l'ouvrage



L'auteur nous a déjà proposé dans ce magazine différents cadrans solaires à imprimer puis monter soi-même. Ici il nous invite à réaliser une maquette représentant la limite jour/nuit sur notre planète. Pour imprimer les éléments de cette maquette : <https://www.astrolabe-science.fr/maquette-limite-jour-nuit/>

LE TERMINATEUR

On trouve sur Internet¹ des animations montrant un planisphère sur lequel passe une zone d'ombre, pour montrer les zones éclairées par le Soleil et les zones plongées dans la nuit.



Fig. 1 : Une représentation de la limite jour/nuit sur Terre.

En astronomie, la limite d'ombre sur un astre éclairé par le Soleil s'appelle le terminateur. Presque tous les jours, nous pouvons contempler le superbe terminateur lunaire. Quant au terminateur terrestre, il faut prendre de la hauteur pour l'observer (Fig. 2).



Fig. 2 : Terminateurs sur la Lune et sur Terre.

Sur un astre sphérique, le terminateur a la forme d'un cercle. Mais une fois tracé sur une carte, il est nécessairement déformé par la projection de la sphère sur le plan, ce qui donne la courbe sinueuse visible sur la Fig. 1.

Dans une carte animée, les zones de lumière et d'ombre se déplacent de droite à gauche, puisque le Soleil se déplace d'est en ouest en l'espace d'une journée. Le point de la carte situé au centre de la zone éclairée se trouve exactement sous le Soleil, et ses habitants le voient au-dessus d'eux, au zénith.

ÉLÉMENTS DE LA MAQUETTE

La maquette proposée ici consiste à imprimer un planisphère sur papier, et à lui superposer une feuille transparente comportant la zone d'ombre délimitée par le terminateur. En faisant glisser le transparent de droite à gauche, on recrée l'alternance jour/nuit.

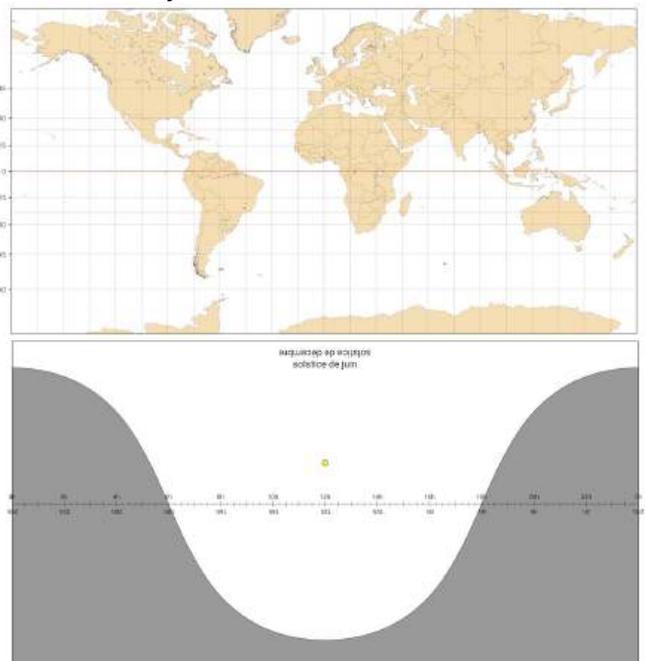


Fig. 3 : Le planisphère et un calque à superposer. Le planisphère est gradué en latitude du nord au sud. Les tropiques sont en pointillés. Sur le calque, le point jaune au milieu de la zone blanche repère le point à l'aplomb du Soleil. Sur l'équateur, le calque est gradué en heure solaire, midi correspondant au méridien où se trouve le Soleil.

Le calque de la Fig. 3 est légendé « solstice de juin » car la position du Soleil varie au cours de l'année. Sa distance angulaire au plan de l'équateur est la déclinaison, valeur que l'on peut lire en superposant le calque sur le planisphère : la latitude survolée par le point solaire est aussi la déclinaison.

Pour bien faire, il faudrait donc un calque différent chaque jour ! Mais il suffit de retourner le calque de la Fig. 3 pour obtenir la situation du solstice de décembre, où le Soleil se trouve au sud de l'équateur éloigné du même angle.

¹ Par exemple ici <https://apps.microsoft.com/detail/9wzdncrdc2pt?hl=fr-fr&gl=CF>

Aux équinoxes, le Soleil se trouve dans le plan de l'équateur (Fig. 4). Cette configuration se produit deux fois dans l'année. Nous voici donc avec 2 calques et 4 dates.

Pour compléter la maquette, j'ai réalisé un dernier calque pour une situation intermédiaire, où la déclinaison du Soleil est de 16° 20'. Ce calque sert pour 4 dates (Fig. 4).

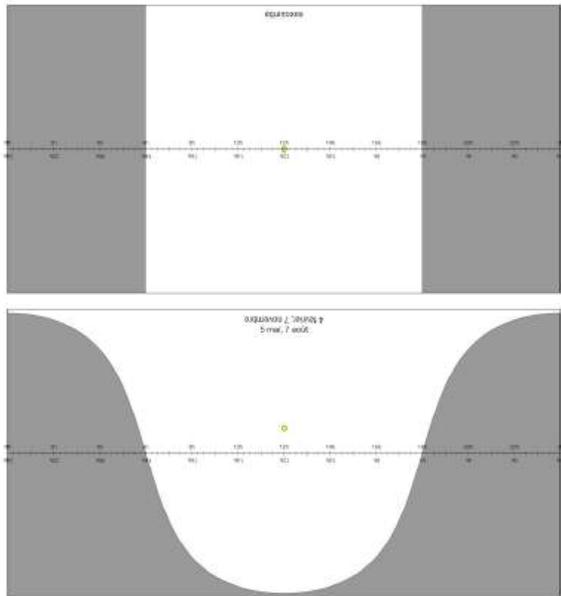


Fig. 4 : Calques des 2 équinoxes (haut) et des 4 dates intermédiaires (bas). Pour ce dernier, suivez le sens de lecture des dates pour le positionner correctement sur la carte.

Pour la maquette complète, il vous faut donc :

- une feuille de papier pour imprimer la carte,
- 3 feuilles de transparents pour les calques,
- éventuellement une pochette transparente dans laquelle placer la carte, pour faire coulisser les calques facilement.

LECTURE DES HEURES

Pour connaître la situation d'éclaircissement de la Terre lorsqu'il est 17 h (solaire) à Londres, on amène le méridien « 17 h » du calque jusqu'au méridien de Londres (Fig. 5).



Fig. 5 : Lecture des heures. Il est 17 h à Londres, midi à New York et au Pérou, 18 h en Sicile, 19 h au Caire.

HEURE DE LEVER ET DE COUCHER DU SOLEIL

La partie du terminateur située à l'arrière du point jaune (heures après midi) indique les lieux où le Soleil est en train de se coucher. Pour connaître l'heure de coucher en un lieu donné, on glisse le calque (de la date choisie) jusqu'à ce que la courbe passe par le lieu voulu. En suivant une ligne verticale depuis ce lieu jusqu'à l'équateur, on lit l'heure de coucher. Par exemple sur la Fig. 5, la courbe passe par le Caire (Égypte), où le Soleil se couche à 19 h. L'équateur des calques est gradué tous les quarts d'heures.

TERMINATEUR BALAYANT UN PAYS

Observez de quelle manière le jour se lève sur la France, avec cette maquette : avec un calque de printemps ou d'été, les régions au sud du pays seront éclairées après les régions du nord, et la nuit les atteindra plus tôt. Cela est dû à la position du Soleil dans l'hémisphère Nord, à cette époque de l'année, ce qui se traduit par la forme de la zone éclairée, évasée vers le haut. La situation serait évidemment inversée en automne ou en hiver.

Le long d'un parallèle de latitude donnée, la largeur de la zone de jour reflète la durée de la journée.

Pour obtenir la courbe, on se fonde sur la relation donnant l'arc semi-diurne H_0 :

$$\cos H_0 = -\tan d \cdot \tan L$$

où d est la déclinaison solaire et L la latitude du lieu.

On fait varier l'abscisse H_0 de -180° à 180° , et on calcule l'ordonnée L par la formule :

$$\tan L = -\cos H_0 / \tan d$$

$$\text{ou encore } L = \arctan(-\cos H_0 / \tan d)$$

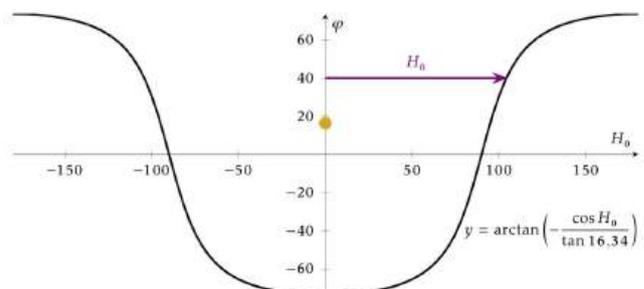


Fig. 6 : Principe du calcul de la courbe. Ici, la déclinaison du Soleil (point jaune) est de 16,34°.

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/>

LES ARAIGNÉES MAGNÉTIQUES, POÉSIE SCIENTIFIQUE

Yves Opizzo

Connaissez-vous les araignées, ces cadrans solaires indiquant l'heure à partir de l'azimut du Soleil ? Yves Opizzo, grand spécialiste de ce type de cadrans, nous conduit à leur découverte dans un article mêlant gnomonique et poétique...

Faut-il une majuscule à cet animal-là ? Éventuellement, parce que ce nom recouvre une catégorie bien intéressante de cadrans solaires, les Araignées. Même avec un a minuscule, qu'est-ce qu'un arachnide peut bien avoir à faire avec la gnomonique ? Réponse : beaucoup ! En effet, les araignées gnomoniques sont des cadrans d'azimut, dans lesquels (cas général) le style est vertical. Son ombre mesure donc l'azimut du Soleil et peut donner l'heure, où d'autres informations, avec une excellente précision, tout aussi bonne qu'avec un cadran d'angle horaire. Allons bon, voici encore des définitions astronomiques. Nous avons déjà vu dans ces colonnes que trois principes existent en gnomonique : il est possible de mesurer soit la hauteur, soit l'azimut, soit l'angle horaire du Soleil, ou de la Lune. La hauteur est l'angle compris entre l'horizon, l'observateur et l'astre mesuré sur un cercle vertical et peut être négative lorsque l'astre est couché. L'azimut est l'angle compris entre le sud (le nord pour les gens de mer), l'observateur et « le pied de l'astre sur l'horizon ». Ces deux coordonnées sont dites locales et changent sans cesse, au fil du temps et du lieu. Il est assez facile d'avoir une bonne idée de ces deux angles, en tendant les deux bras, vers l'astre et soit vers l'horizon sous l'astre, soit vers le sud. L'angle entre les bras donne une bonne indication. L'angle horaire est un rien différent et le mesurer avec les bras devient acrobatique, puisque le corps devrait être parallèle à l'axe terrestre, les deux bras perpendiculaires au corps, l'un en direction de l'astre et l'autre en direction du sud, sur l'équateur céleste. Vous pouvez essayer, toutefois sans garantie de non casse. Il est possible aussi, avec l'écliptique, soit le plan sur lequel la Terre tourne autour du Soleil, de mesurer d'autres choses, comme l'ascension droite ou le TS (Temps Sidéral), mais c'est fort délicat. N'essayez pas avec vos bras, puisque l'un devrait viser l'astre et l'autre le point vernal, qui se déplace sans cesse !

Les « Anciens », c'est-à-dire d'abord les Grecs avaient développé une araignée bien avant que le premier cadran dit analemmatique soit construit, plus de 1500 ans avant. C'est curieux, car le cadran analemmatique est beaucoup plus facile à réaliser. Les points horaires sont sur une

ellipse, qui dépend de la latitude du lieu, et le style vertical (ce peut donc être un être humain) doit être placé sur la date du jour. Des cadraniers astucieux ont inversé l'idée et c'est l'ellipse qui devient mobile, dans un cadran de poche. Et ces cadrans ont tous besoin d'une boussole, c'est-à-dire d'un objet magnétisé. Nous y voilà ! Une araignée gnomonique magnétique doit avoir une boussole, pour être portable. Si elle est construite au sol, la direction du nord géographique est évidemment primordiale et calculée dès le début des travaux. Dans un cadran portable, c'est la boussole qui donnera le nord, où qui donnera l'heure. Comment cela est-il possible ? Il faudra inverser le dessin - complexe - de l'araignée banale, pour que l'aiguille aimantée indique le nord, certes, mais aussi le TSM, Temps Solaire Moyen. Si les Anciens se contentaient par évidence du TVL, ou plutôt des heures temporaires (presque rien d'autre n'existait à l'époque), il est possible aujourd'hui, avec toutefois de bons outils, type programmes informatiques et rayon laser, de calculer une araignée indiquant le TSM, voire le Temps Légal, celui de votre montre électronique.

Mais pourquoi le dessin d'une araignée est-il bien plus complexe que celui d'un cadran d'angle horaire ? Parce que le Soleil, pour une heure quelconque donnée n'a jamais deux jours de suite, sauf aux deux solstices, le même azimut. Les Anciens avaient nettement moins de travail (au minimum quatre, mais plutôt 40 fois moins) pour tracer leur cadran. Ils ne tenaient compte que d'une demi-année (déclinaison croissante ou décroissante, car le Soleil passe par le même azimut deux fois au cours de l'année pour la même heure TVL (Temps Vrai Local), mais pas deux jours de suite). L'autre partie de l'année est symétrique de la première. De plus ils notaient la position de l'ombre (ou peut-être la calculaient-ils) tous les 10 jours environ, et c'était bien suffisant. Enfin, l'azimut est symétrique entre avant et après midi, ce qui divise encore par deux les travaux délicats.

Mais en tenant compte de l'équation du temps pour obtenir le TSM, et éventuellement de la longitude pour obtenir le temps légal, ces symétries disparaissent totalement. Et pour avoir la meilleure précision possible, il faut calculer les

courbes point par point, jour par jour, 365 jours par an !

Bien, la science semble vraiment présente dans une araignée, magnétique ou non. Mais quid de la poésie ? Patience, attendez les dessins ! Vous constaterez que l'harmonie d'une araignée TSM cherche son pendant dans le monde de la gnomonique. Ces courbes au caractère ésotérique, cette forme animale surprenante et magnifique, ces pattes gigantesques et très nombreuses (jusqu'à 48 avec les demi-heures) ne laissent personne indifférent. Et il est possible de créer des araignées - non magnétiques - sur un mur ! Le décor obtenu est fascinant et la poésie explose, la preuve :



Araignée gnomonique en verre de sécurité bleu à Ahldorf, Allemagne (BW). Les lignes gravées dans le verre se projettent sur le mur, tout comme l'ombre du style horizontal. Tout cela se déplace avec le Soleil, au fil des heures et des jours. La « vraie » table du cadran est ainsi sans cesse différente !

Y. Opizzo, $L/H = 200 / 123,5 \approx 1,618 = \text{Phi}$, le nombre d'or !

Bien, nous venons de voir que les araignées gnomoniques ont vraiment quelque chose à dire ! Mais nous ne sommes qu'au début de l'histoire. Les araignées magnétiques sont une espèce à part. Elles ont, comme déjà noté, une boussole, qui comme il se doit, va indiquer le nord. Comment alors lire l'heure ? Il faut en pensées prolonger l'aiguille aimantée jusqu'à la date du jour. En effet, comme l'azimut change tous les jours pour une heure donnée, il faut connaître la date pour pouvoir tirer la bonne information. Sur la photo se trouvent les mois (même initiale en allemand et en Français). Si le cliché fut pris en janvier, alors il était 10 h 20. S'il fut pris en octobre, il était 9 h 40. C'est une simple question d'habitude.

Comment lire l'heure avec une araignée magnétique ?

Il faut tourner l'objet à l'horizontale, au soleil, jusqu'à ce que les bords ne projettent plus d'ombre. Le Soleil est alors « trouvé », ou plutôt son azimut.



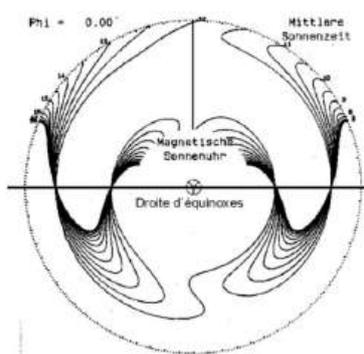
Araignée magnétique en chêne, laiton, plexiglas, réalisation Yves Opizzo

Et l'aiguille de la boussole, prolongée jusqu'à la date du jour, nous donne le TSM (MOZ en allemand). Le Soleil était là ce 18 septembre, et l'aiguille nous indique 13 h 35. Il faut ajouter 25 min pour la longitude de Haigerloch, et une heure d'été, ce qui nous donne 15 h 00. Il était en fait 14 h 55 !

Une différence de taille est absolument à noter : les heures défilent dans l'autre sens et c'est correct. C'est le boîtier qui suit le Soleil dans sa course journalière. Les heures sont donc rapportées sur la table du cadran (table amovible pour pouvoir changer de latitude) dans le sens de l'azimut, de l'est vers l'ouest. L'azimut est négatif le matin, nul à midi et positif l'après-midi. Les heures inscrites sur la table doivent impérativement suivre cette évolution, mais seulement sur les araignées magnétiques.

Et ce n'est toujours pas fini avec mes chères araignées ! Nous avons vu que l'azimut est l'angle compris entre le sud, l'observateur et l'astre, sur l'horizon. Et que se passe-t-il lorsque l'astre se trouve au zénith, donc exactement à la verticale du lieu ? Cela se produit sans cesse, en permanence sur un parallèle terrestre, où la latitude et la déclinaison solaire ont la même valeur. Ce n'est possible que dans les zones intertropicales. Et là, un cadran d'azimut banal devient inexploitable, parce que l'azimut du Soleil prend une valeur indéfinie, non mesurable.

Regardons ce dessin (latitude 0°, Équateur) :



Araignée magnétique calculée pour la latitude 0° (Équateur). Toutes les courbes se rejoignent aux équinoxes, lorsque la déclinaison solaire est nulle, rendant impossible la lecture de l'heure.

Toutes les courbes des heures et des demi-heures se rejoignent aux deux équinoxes. Il est alors l'heure que vous voulez, en quelque sorte, pour quelques jours.

Mais voici venir le plus fascinant de ces cadrans solaires très spéciaux. Nous avons déjà entrevu dans ces colonnes qu'il est possible de déplacer un cadran (en pensées) parallèlement à lui-même jusqu'à ce qu'il soit horizontal quelque part sur Terre. Essayez donc avec une carte de visite censée être un cadran solaire (comme mes cartes personnelles). Placez la carte à la verticale à Nice ou à Noyal-sur-Vilaine ou n'importe où, face au sud et déplacez-la sans changer son orientation vers le sud. Elle sera tout à coup horizontale. Le lieu ainsi trouvé est celui du CHE, Cadran Horizontal Équivalent. Si ce lieu se trouve dans les zones intertropicales, alors le même problème se passera et votre araignée ne fonctionnera pas toute l'année, lorsque son style pointera le Soleil.

Ce n'est pas simple, non, mais passionnant. En effet, poursuivons cette idée de déplacer le cadran parallèlement à lui-même. Il est facile de conclure que n'importe quel objet droit, comme le mât d'une antenne sur un toit quelconque par exemple, même non vertical, va mesurer l'azimut du Soleil à l'endroit où cet objet serait vertical. Il est donc possible de calculer une araignée pour n'importe quelle orientation et inclinaison, pourvu que le style ne pointe jamais le Soleil. C'est une énorme ouverture pour la gnomonique, puisque d'innombrables surfaces existent partout, qui pourraient accepter une telle œuvre d'art et de science. De plus, bien que ce soit accessoire, cela démontre que les cadrans canoniaux montrent correctement l'azimut du Soleil ou de la Lune du lieu où ces cadrans seraient horizontaux. Est-ce totalement futile ? Je vous laisse répondre.

Et terminons en beauté, avant d'examiner l'évolution des araignées avec la latitude. Supposons que nous allions passer quelques jours de vacances gelées à l'un des pôles, plutôt que sur la Côte d'Azur.

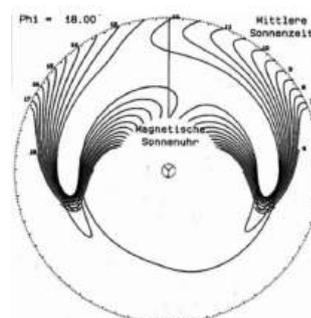
Nous plantons là un bâton dans la neige, bien vertical et examinons (le Soleil brille) l'ombre projetée. Elle mesure l'azimut du Soleil en ce lieu, au pôle. Mais le bâton est aussi parallèle à l'axe du monde, par évidence ! De facto : un cadran d'angle horaire est un cas particulier de cadran d'azimut, lorsque le style se trouve - pas vraiment par hasard - parallèle à l'axe du monde.

Alors, l'ombre de ce style mesure l'azimut du Soleil (ou de la Lune) au pôle (Nord ou Sud) !

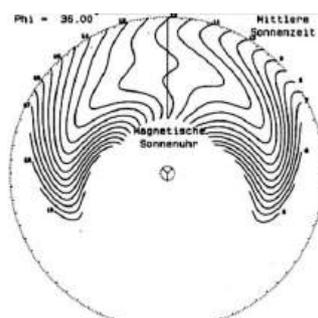
Cela vous surprend ? C'est que vous avez bien compris, mais êtes encore un peu fixé sur LE type « normal » de cadran, celui d'angle horaire.

Alors examinons maintenant les dessins ci-dessous.

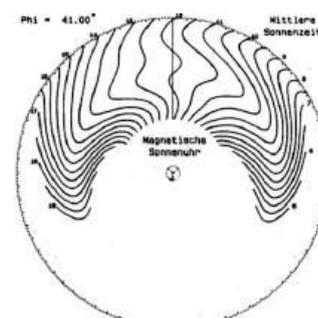
À la latitude 18° , le même phénomène se produit, lorsque le Soleil atteint, à la mi-mai et à la fin juillet la déclinaison de 18° , mais de façon déjà moins définitive.



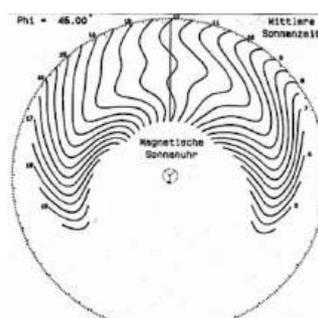
Latitude 18°



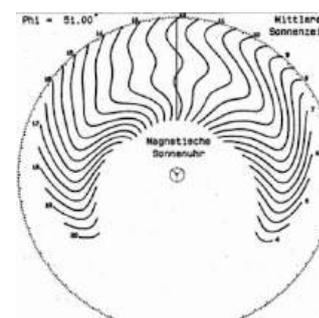
Latitude 36°



Latitude 41°

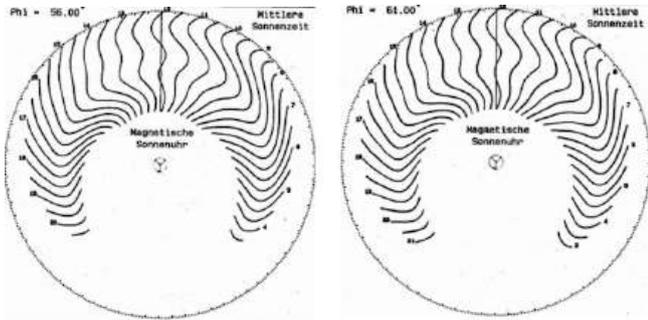


Latitude 46°



Latitude 51°

À partir de la latitude $23,5^\circ$, plus rien de ce type ne se passe, mais les pattes de notre araignée se multiplient gaillardement, puisque le Soleil reste de plus en plus longtemps au-dessus de l'horizon en été.

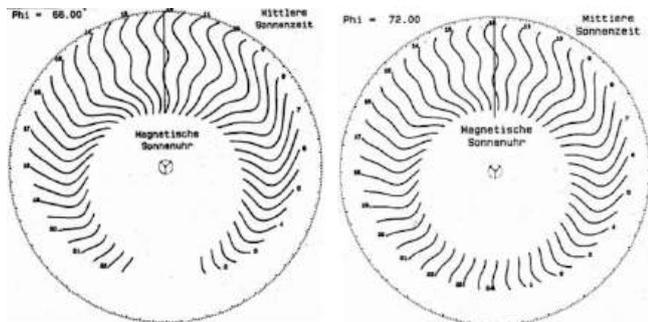


Latitude 56°

Latitude 61°

En regardant l'évolution du bien sympathique animal tous les 5° environ, il devient facile de voir l'allongement du jour clair avec la latitude, l'été.

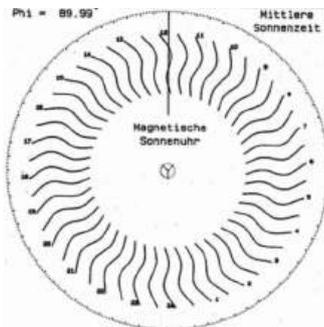
Nous nous rapprochons clairement des zones polaires, où le Soleil de minuit va faire son apparition.



Latitude 66°

Latitude 72°

À 66° de latitude, donc presque sur le cercle polaire arctique, les pattes ne se rejoignent pas encore, mais dès les 66,5° fatidiques, il devient évident que le Soleil ne se couchera plus pendant quelques mois. Cette durée dépend de la latitude et peut atteindre six mois au pôle lui-même. Mais attention, la vraie nuit, hauteur du Soleil de -18° donc couché, dure environ dix semaines, pas davantage, à cause des crépuscules civique (-6°), nautique (-12°) et astronomique (-18°), sans parler de la Lune.



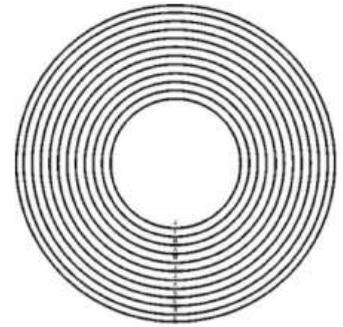
Latitude 90°
(89,99° pour éviter cos 90°)

Et nous voyons ici la moitié de la courbe Eqt, équation du temps. Au pôle sud, nous aurions l'autre moitié, et les deux courbes ensemble nous donneraient la courbe en huit, dite de Fouchy.

La symétrie est évidente, puisque tous les méridiens se rejoignent aux deux pôles. En clair, il y est vraiment l'heure que vous décidez. Personnellement, je préfère la Baie des Anges pour mes vacances.

La science et la poésie font-elles bon ménage ?
OUI !

Bien évidemment, il faut des cercles de date (les mois) pour pouvoir utiliser ces araignées magnétiques, que voici ci-contre.



Ces cercles doivent être imprimés sur feuille transparente et placés sur les araignées, pour pouvoir trouver la date aisément.

Par ailleurs, une boussole à « boîte à liquide » ne convient pas vraiment, puisqu'elle finit toujours par servir... de niveau à bulle, comme vous pouvez le constater sur la deuxième photographie.

Dernier point pour ravir les amoureux de la difficulté artistique : il est possible de créer une araignée devant être placée dans le méridien, comme vu ici, mais sans boussole. J'ai appelé cet animal « Archnord », comme vous pouvez le voir sur les photos ci-dessous.



L'Archnord a besoin de deux styles, le vertical traditionnel donnant l'azimut et un horizontal donnant le Nord géographique. Il faut faire tourner l'animal de façon que l'ombre du style droit tombe exactement sur la ligne 12 h 00. L'heure est donnée excellentement par le croisement du style horizontal et la date du jour.

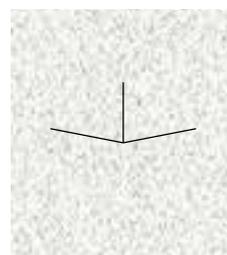
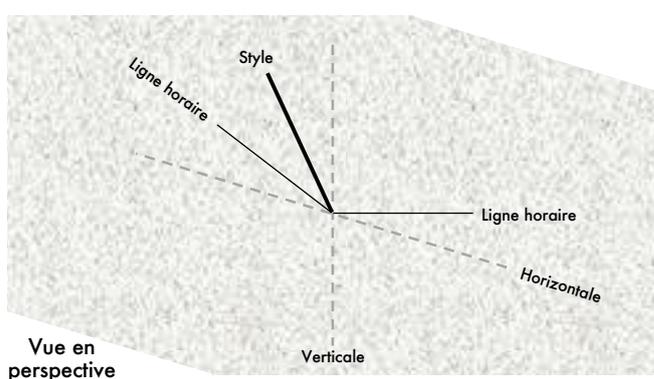
Yves Opizzo yves@opizzo.de a réalisé de très nombreux cadrans solaires en Europe et remporté à trois reprises un premier prix international pour ses réalisations. Il est l'auteur d'une quinzaine de livres sur la gnomonique et est membre du comité éditorial de ce magazine. Il est également professeur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

JEUX ET ÉNIGMES

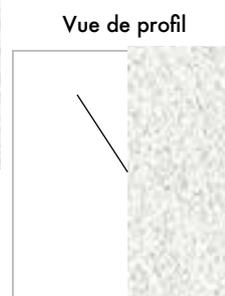
UNE DEVINETTE

UN STYLE POINTANT FIÈREMENT VERS LE CIEL...

Votre voisin, connaissant votre intérêt pour la gnomonique, vient vous présenter le projet d'un cadran solaire qu'il compte installer sur sa maison contemporaine, située comme la vôtre, vers le centre de la France métropolitaine. Il vous montre une esquisse de son projet, qu'il a voulu sobre et original, avec notamment un style pointant fièrement vers le ciel, mais n'en dit pas plus, et attend vos commentaires... Qu'allez-vous lui dire ?



Vue de face

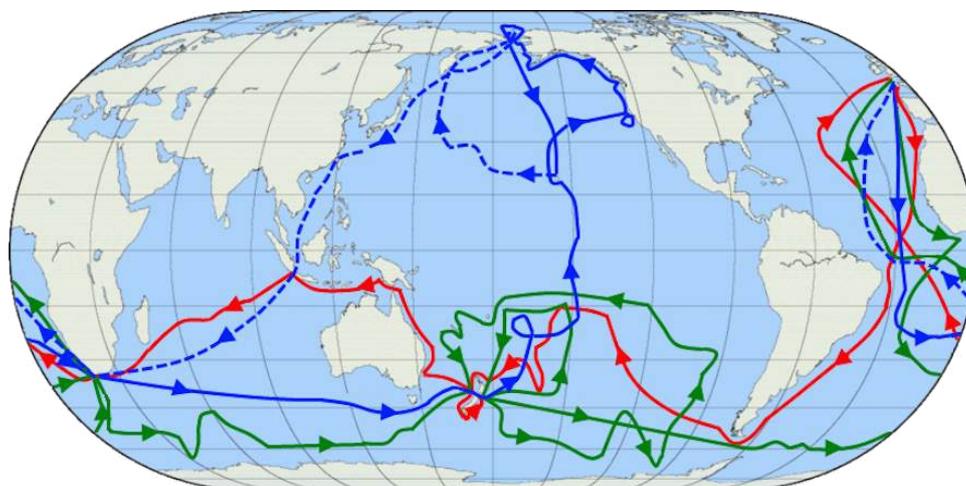


Vue de profil

UNE ÉNIGME

MESURE DE L'HEURE LOCALE EN MER

Lors de son second voyage autour du monde (1772-1775), en vert sur l'illustration ci-dessous, le capitaine Cook embarque deux des toutes premières montres de marine, qui lui permettent de calculer la longitude du navire. Ce voyage est l'occasion de vérifier leur fonctionnement. Extrait de son *Journal de voyage autour du monde* : « Pendant notre séjour, M. Wales [astronome de l'expédition] ne perdit aucune occasion d'observer les hauteurs égales du Soleil, pour déterminer la cadence des montres ». Pourquoi « observer les hauteurs égales du Soleil » et quel est le rapport avec le fonctionnement des montres ?



Les trois voyages autour du monde du capitaine Cook (représentés par des couleurs différentes). L'itinéraire de l'équipage après la mort de Cook est représenté par une ligne bleue en pointillés.

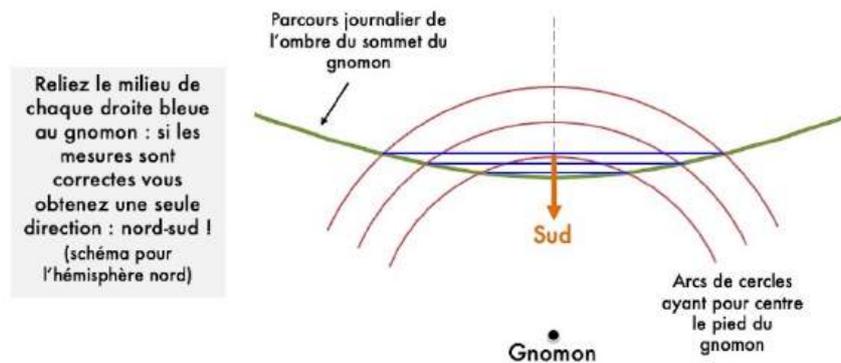
UN PROBLÈME GNOMONIQUE

RENDONS À CÉSAR...

... ou plutôt à Frank King, de la British Sundial Society, la paternité de cette énigme, qu'il a été, à notre connaissance, le premier à proposer sous une forme proche et que nous soumettons, avec son accord, à votre sagacité.

« Vous placez un bâton (gnomon) bien vertical dans un sol horizontal et, à midi solaire, l'ombre du bâton indiquera la direction nord-sud ». Propriété bien connue des amateurs de gnomonique, mise en œuvre notamment dans la « méthode des cercles indiens » (illustration ci-dessous) qui permet d'identifier le moment de la journée où l'ombre est la plus courte ; il est alors midi solaire et l'ombre, dans l'hémisphère nord, s'étend vers le nord à partir du pied du gnomon.

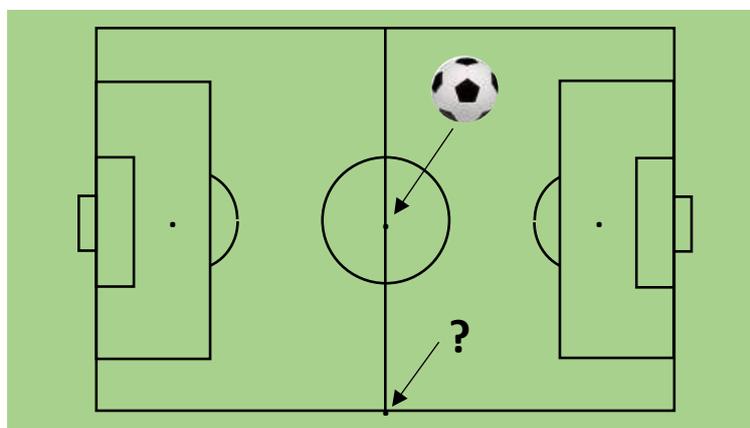
Oui mais... un ami vous écrit qu'il vient de trouver la direction nord-sud en observant l'ombre la plus longue s'étendant vers le nord depuis le pied du gnomon ! Est-il devenu fou ou son affirmation peut-elle être correcte ?



UN TEST RAPIDE

LE SOLEIL SUR UN TERRAIN DE FOOTBALL...

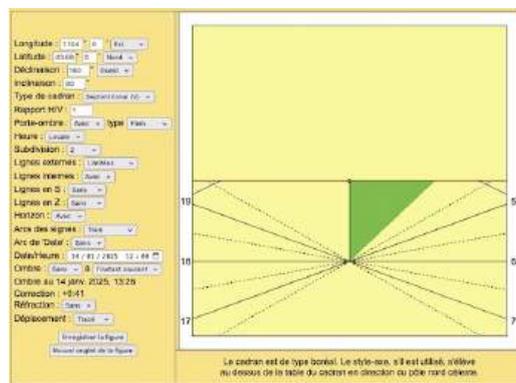
Supposons que vous représentiez le Soleil par un ballon de football placé au centre du terrain. Pour représenter la Terre au bord de la touche (sur la ligne médiane), devez-vous y placer un ballon de hand, une balle de ping-pong ou une bille de 2 mm de diamètre ?



SOLUTIONS DES JEUX ET ÉNIGMES

UNE DEVINETTE

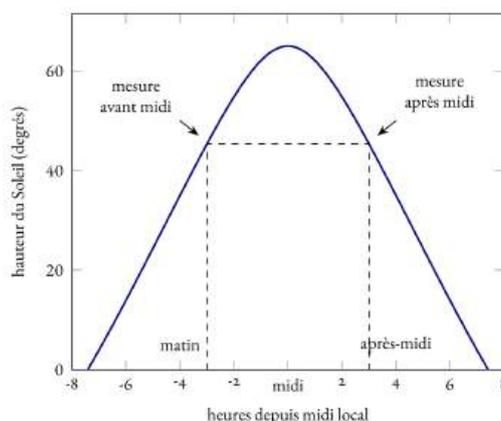
Vous réfléchissez un peu et dites à votre ami. « Félicitations ! Ce cadran est bien original et semble bien tracé. De toute évidence, puisque le style pointe vers le ciel, la cadran est conçu pour une façade regardant le nord et je suis sûr que tu as bien pris soin de placer le style dans un plan vertical orienté nord-sud et de t'assurer que l'angle du style avec le plan horizontal soit égal à la latitude. Par souci de sobriété et d'esthétique, tu sembles avoir choisi de ne représenter qu'une heure du matin et une heure du soir, apparemment 5 h (à droite) et 19 h (à gauche). Bien entendu, ton cadran n'indiquera une ombre qu'entre l'équinoxe de printemps et celle d'automne, le reste de l'année le cadran restant dans l'ombre. C'est en fait une sorte de méridienne qui indique 5 h et 19 h uniquement (pendant cette période) plutôt que 12 h. Un cadran bien intéressant ! ». Votre ami, un peu épaté quand même, vous quitte avec un sentiment de fierté...



Cadran septentrional tracé en quelques clics grâce au programme en ligne Tracaciel
<https://gnomonique.fr/forum/viewtopic.php?t=151>

UNE ÉNIGME

Pour calculer la longitude du navire, il faut comparer l'heure de la montre (restée sur le temps de Greenwich) avec l'heure locale du navire. Pour connaître l'heure locale, on utilisait le Soleil : on sait que la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon est maximale à midi solaire, mais que la mesure à midi est bien trop imprécise. On fait donc une mesure de hauteur le matin, puis on recommence l'après-midi en cherchant le moment où la hauteur du Soleil est identique à celle du matin. Si l'intervalle de temps entre les deux mesures est de 6 heures, par exemple, la première mesure a été faite 3 h avant midi, et la seconde 3 h après-midi. La montre elle-même peut mesurer l'intervalle de temps, car on peut négliger son erreur sur une durée aussi courte.

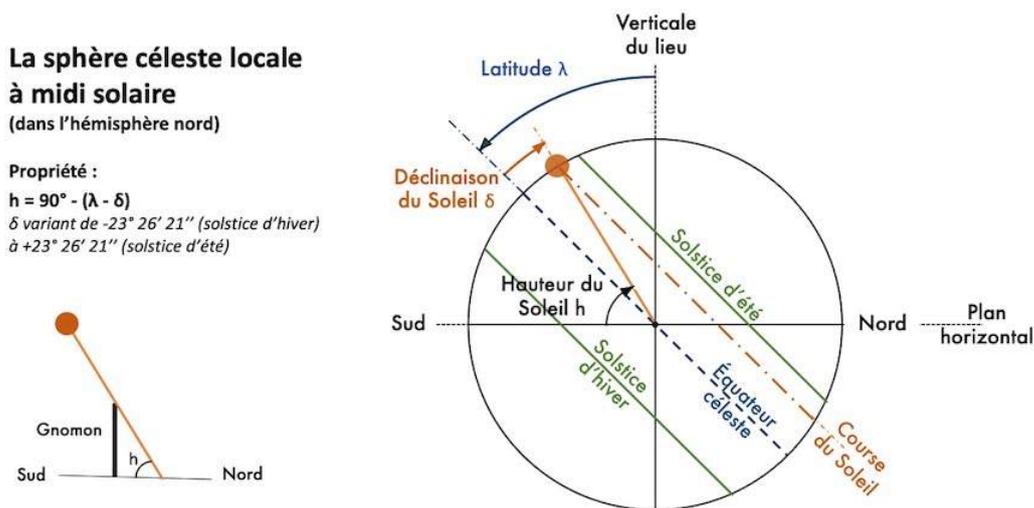


UN PROBLÈME GNOMONIQUE

Considérons un bâton vertical planté horizontalement dans l'hémisphère nord. Au-delà du cercle arctique, où l'on peut observer des jours de 24 h (entre l'équinoxe de printemps et celui d'automne), l'ombre la plus courte du bâton, à midi solaire, et l'ombre la plus longue du bâton, à minuit solaire, sont dans la direction nord-sud. L'ombre, à minuit solaire, s'étend vers le sud à partir du pied du cadran. Même raisonnement et même phénomène pour l'hémisphère sud, entre l'équinoxe d'automne et celui du printemps, sauf que, à minuit solaire, l'ombre s'étend alors vers le nord à partir du pied du cadran !

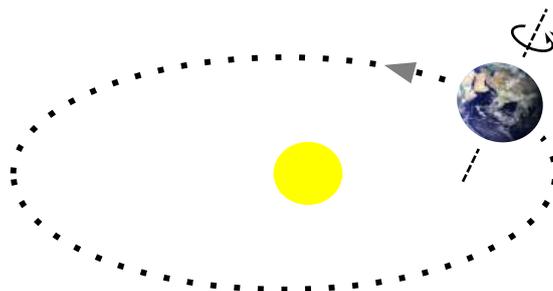
Vous pouvez dès lors répondre à votre ami : « Tu es donc un couche-tard et as la chance d'être au-delà du cercle antarctique et de profiter de journées de 24 h ! ». À noter qu'il est cependant difficile, selon la date et la latitude, d'avoir à minuit solaire une ombre pas trop allongée, c'est-à-dire mesurable...

Le schéma ci-dessous, si vous faites varier la latitude et la déclinaison du Soleil, devrait vous permettre de mieux visualiser le phénomène.



UN TEST RAPIDE

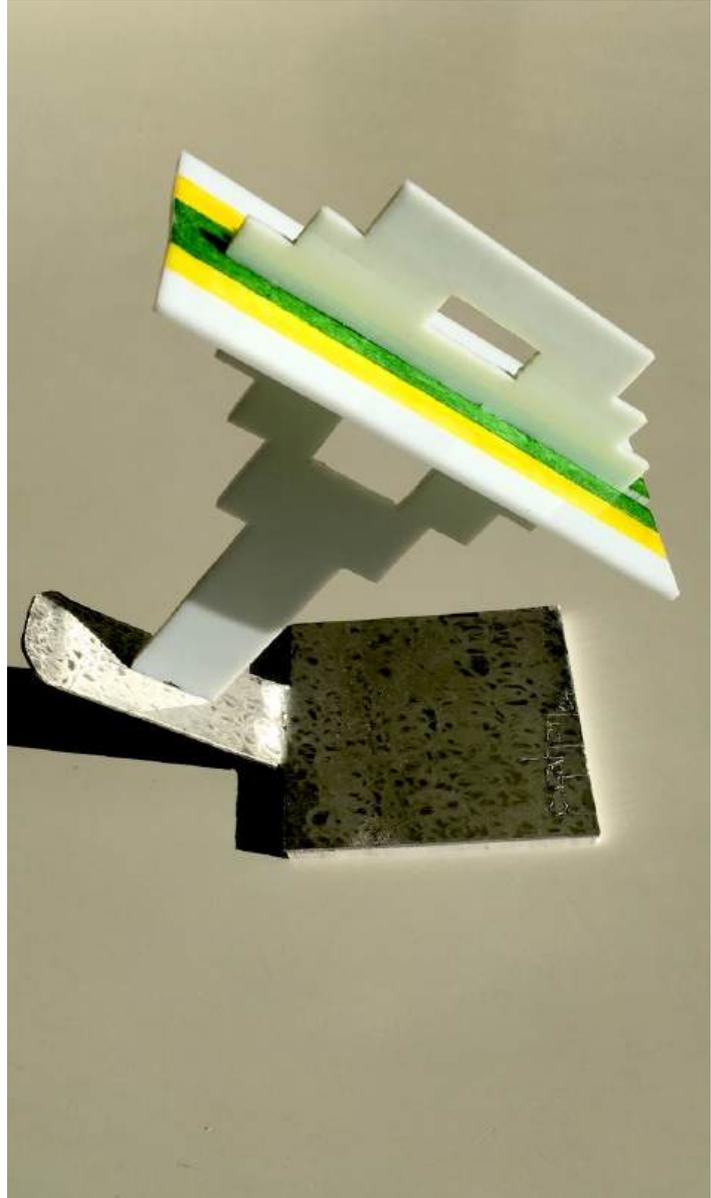
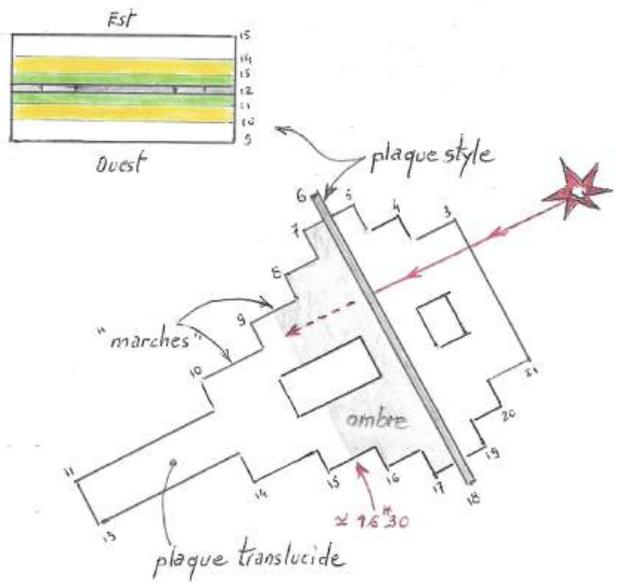
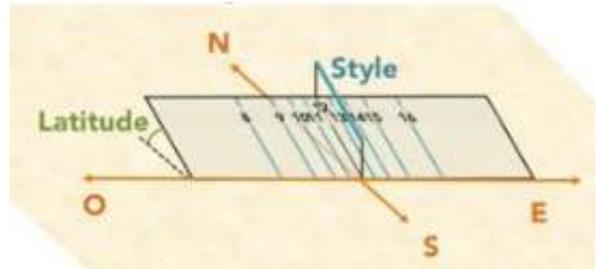
Si l'on suppose que la largeur du terrain est d'environ 62 m (taille moyenne pour un terrain de football) la Terre sera à 31 m du Soleil et devra être représentée par une bille de 2,5 mm de diamètre... Pour en savoir plus sur les dimensions et distances relatives dans le système solaire, se reporter au poster de la page 43. À retenir : ne pas omettre d'indiquer systématiquement dans vos représentations astronomiques et gnomoniques du type de celle ci-dessous que les tailles et distances relatives du Soleil et de la Terre ne sont pas respectées !



OR OC

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

Connaissez-vous les cadrans polaires, ces cadrans si simples à réaliser et réglables facilement selon la latitude du lieu puisqu'ils sont constitués d'un style et d'une table (où sont tracées les lignes horaires) parallèles à l'axe de rotation terrestre ? Claude Gahon nous livre ici une déclinaison originale, astucieuse et esthétique d'un tel cadran qui présente notamment l'avantage de ne pas nécessiter de table de dimension importante !



Cadran de type "polaire", oriental et occidental, classique, avec appréciation de l'heure en fonction de la position de l'ombre dans les "marches".
Entre 11h et 12 h ou entre 12h et 13h on interprète sur la bande horaire verte de la plaque "style".
Cette plaque permet un complément de lecture de 9h à 11h et de 13h à 15h sur les autres bandes horaires.
Particularité: la translucidité permet de lire l'heure, que l'on soit d'un côté ou de l'autre du cadran.

Sur le croquis ci-dessus on peut estimer 16h30.
 Sur les photos on lit environ 13h30.

c.gahon

CRÉDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS



- Couverture : Photo Roger Torrenti
- Page 2 : Dessin d'Esteban Martínez extraite de son dernier ouvrage « Cadrans solaires historiques - Trésors andalous oubliés »
- Page 3 : D'après un document Wikimedia Commons (Auteur : NASA/JPL-Caltech - Fichier : PIA21424 - The TRAPPIST-1 Habitable Zone.jpg - Domaine public)
- Page 6 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Jack Weir - Fichier : Land on the Moon 7 21 1969-repair.jpg - Domaine public) - Document Wikimedia Commons (Auteur : D. Cunego - Fichier : Gerosinus Nicomachus. Line engraving by D. Cunego, 1785, aft Wellcome V0004298.jpg - Licence CC BY 4.0)
- Page 7 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Sascha Kohlmann - Fichier : Man Reading Newspaper (92181097).jpeg - Licence CC BY-SA 3.0)
- Pages 8-9 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Domenico Fetti - SKD Online collection - Fichier : Retrato de un erudito (¿Arquímedes?), por Domenico Fetti.jpg - Domaine public) - Document Wikimedia Commons (Auteur : Marsyas - Fichier : NAMA Machine d'Anticythère 1.jpg - Licence CC BY 2.5) - Document Wikimedia Commons (Auteur : Mogi - Fichier : Antikythera model front panel Mogi Vicentini 2007.JPG - Licence CC BY 2.5)
- Pages 10-11 : Dessins d'Esteban Martínez
- Pages 12-13 : Illustrations Ferdinando Roveda
- Pages 14-15 : Photos Alexandre Le Bourgeois
- Pages 16-17 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Mattes - Fichier : Fulda - Bibliothek der Theologischen Fakultät Sonnenuhr.JPG - Domaine public) - Photo Yves Opizzo - Photo Roland Müller
- Pages 18-19 : Photo extraite du site <https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca> - Illustrations Roger Torrenti - Photos Michel Brialix
- Pages 20-21 : Illustrations Pierre-Louis Cambefort - Document Wikimedia Commons (Auteur : Paulus Merula- Fichier : Scaliger.jpg - Domaine public)
- Pages 22-23 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Manfred Zentgraf - Fichier : Stjacquescompostelle.png - Licence CC BY-SA 3.0) - Illustrations extraites de l'ouvrage cité (domaine public) - Photos François Bocqueraz
- Pages 24-25 : Photos Jean-Claude Reita
- Pages 26-27 : Illustration Roger Torrenti. Illustrations Henri Gagnaire
- Pages 28-29 : Photos mises à disposition par l'autrice
- Pages 30-31 : Image extraite du site mentionné - Document Wikimedia Commons (Auteur : Luc Viatour - Fichier : Lune nb.jpg - Licence CC BY-SA 3.0) - Photos NASA (domaine public) - Illustrations David Alberto
- Pages 32-35 : Photos et illustrations Yves Opizzo
- Page 36 : Illustration Roger Torrenti - Document Wikimedia Commons (Auteur : Jon Platek - Fichier : Cook Three Voyages 59.png - Licence CC BY-SA 3.0)
- Page 37 : Illustrations Roger Torrenti
- Page 38 : Copie d'écran du site mentionné - Illustration David Alberto
- Page 39 : Illustrations Roger Torrenti
- Page 40 : Photos et illustration Claude Gahon
- Page 41 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Moussa Kalapo - Fichier : Femmes Photographes.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 43 : Illustration Yves Opizzo
- Page 44 : Image créée par Roger Torrenti avec <https://www.bing.com/images/create>



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

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.

Dépôt légal BNF : mars 2025

ISSN 2824-057X

Contact : contact@cadran-solaires.info

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

All issues, as well as each article in each issue separately, can be downloaded free of charge from

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

The paper version of each issue can also be ordered from

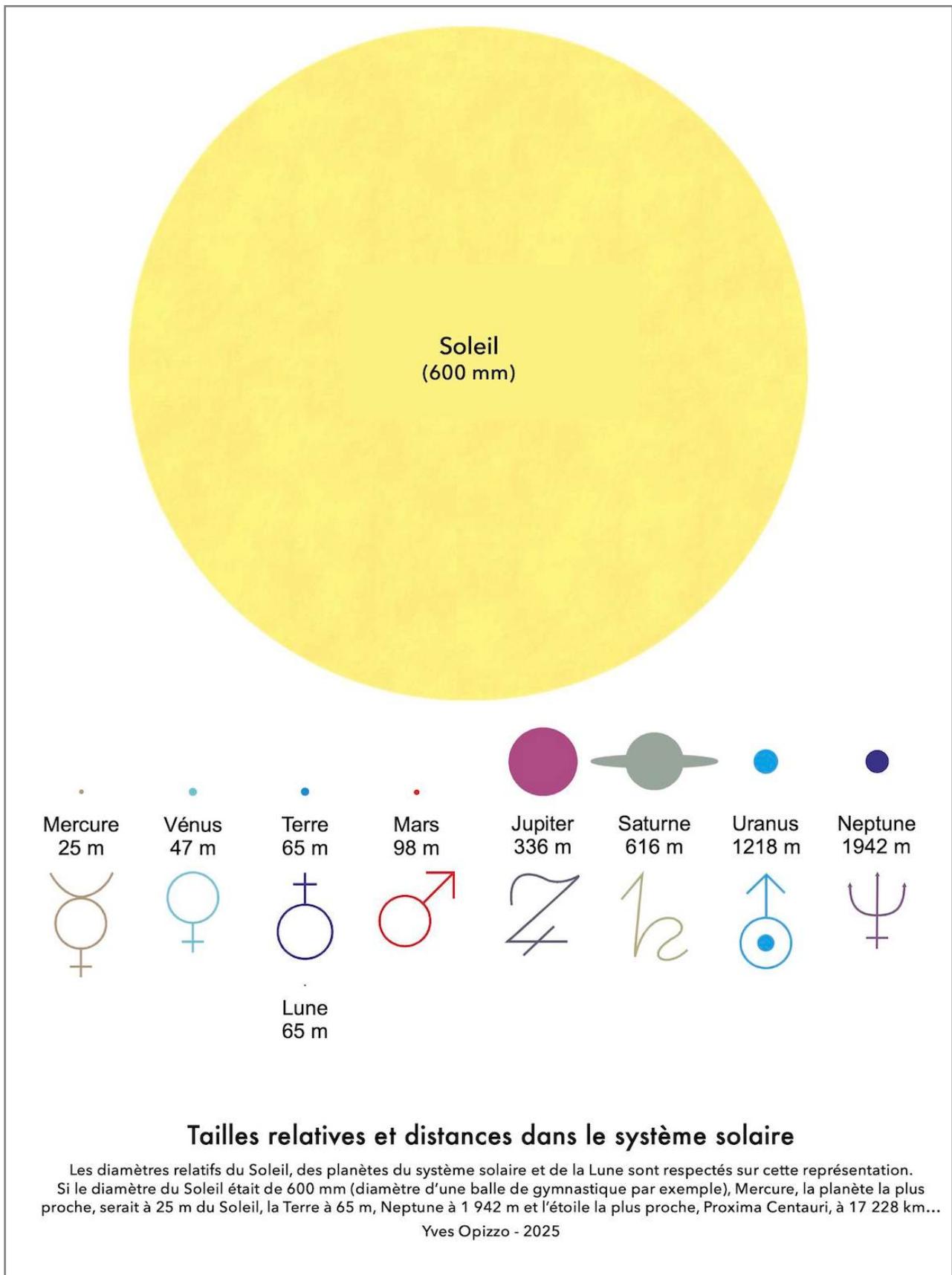
<https://bit.ly/3d4RwY9>

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

BNF Legal deposit: March 2025

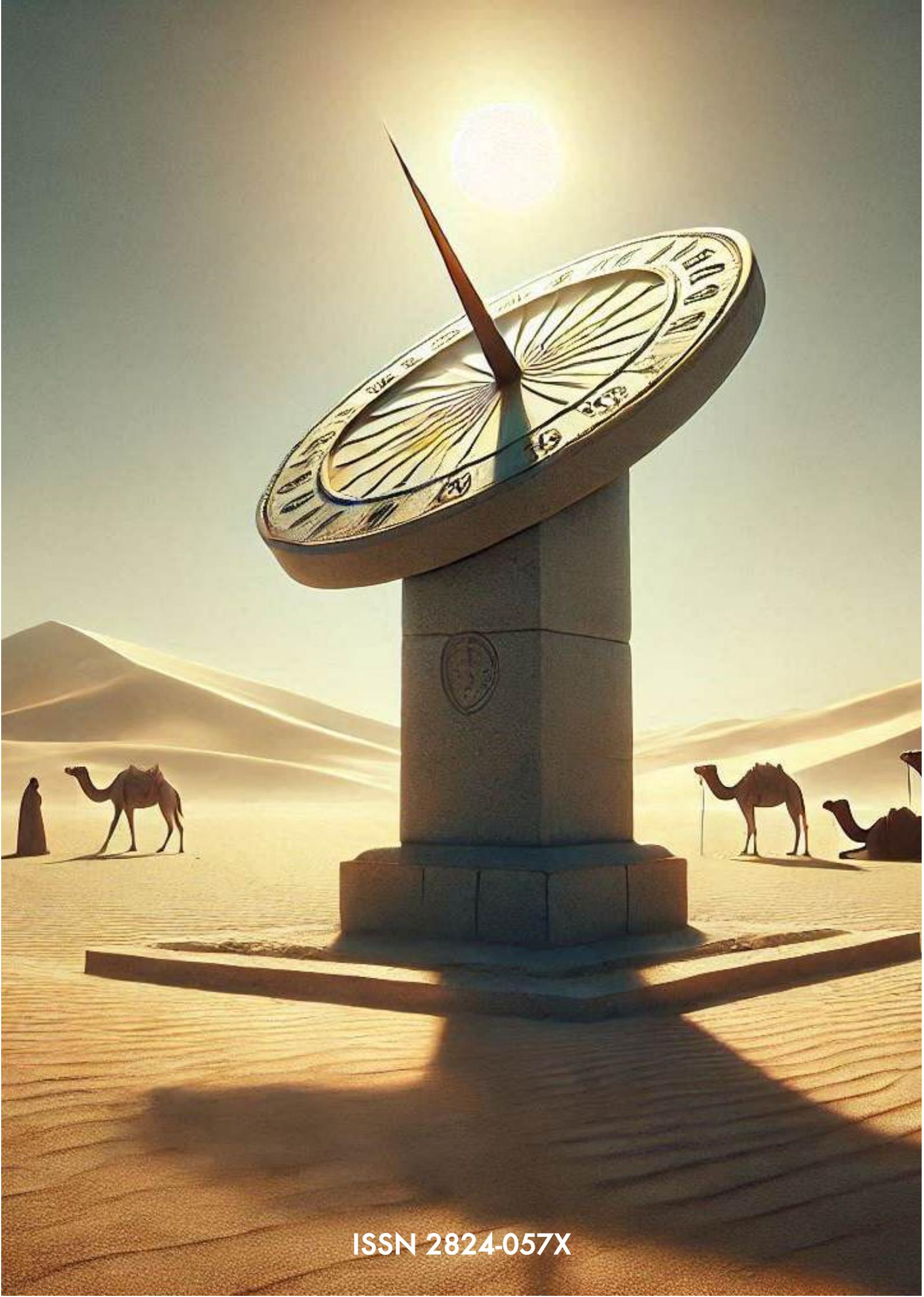
ISSN 2824-057X

Contact: contact@cadran-solaires.info



Ci-dessus : un des nombreux posters didactiques qu'Yves Opizzo, membre du comité éditorial de ce magazine, a créés, et qu'il utilise lors des expositions et autre événements astronomiques ou gnomoniques. Le fichier d'origine peut être téléchargé depuis https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/01/poster_Y-Opizzo_systeme-solaire.pdf

Page suivante : image créée avec l'outil I.A. (intelligence artificielle) en ligne (gratuit) <https://www.bing.com/images/create> de Microsoft avec pour requête « cadran solaire dans le désert ». Nous avons déjà, dans ce magazine, mis en valeur les progrès rapides de l'I.A. tout en soulignant qu'il était difficile d'en évaluer les conséquences. Geoffrey Hinton, spécialiste des réseaux de neurones artificiels, co-lauréat du prix Nobel de physique 2024, a quitté Google en 2023 pour s'exprimer plus librement et a déclaré notamment : « Le moment est venu de mener des expériences pour comprendre l'I.A., pour que les gouvernements imposent des réglementations et pour qu'un traité mondial interdise l'utilisation de robots militaires » (cité par Didier Queloz, co-lauréat du prix Nobel de physique 2019).



ISSN 2824-057X