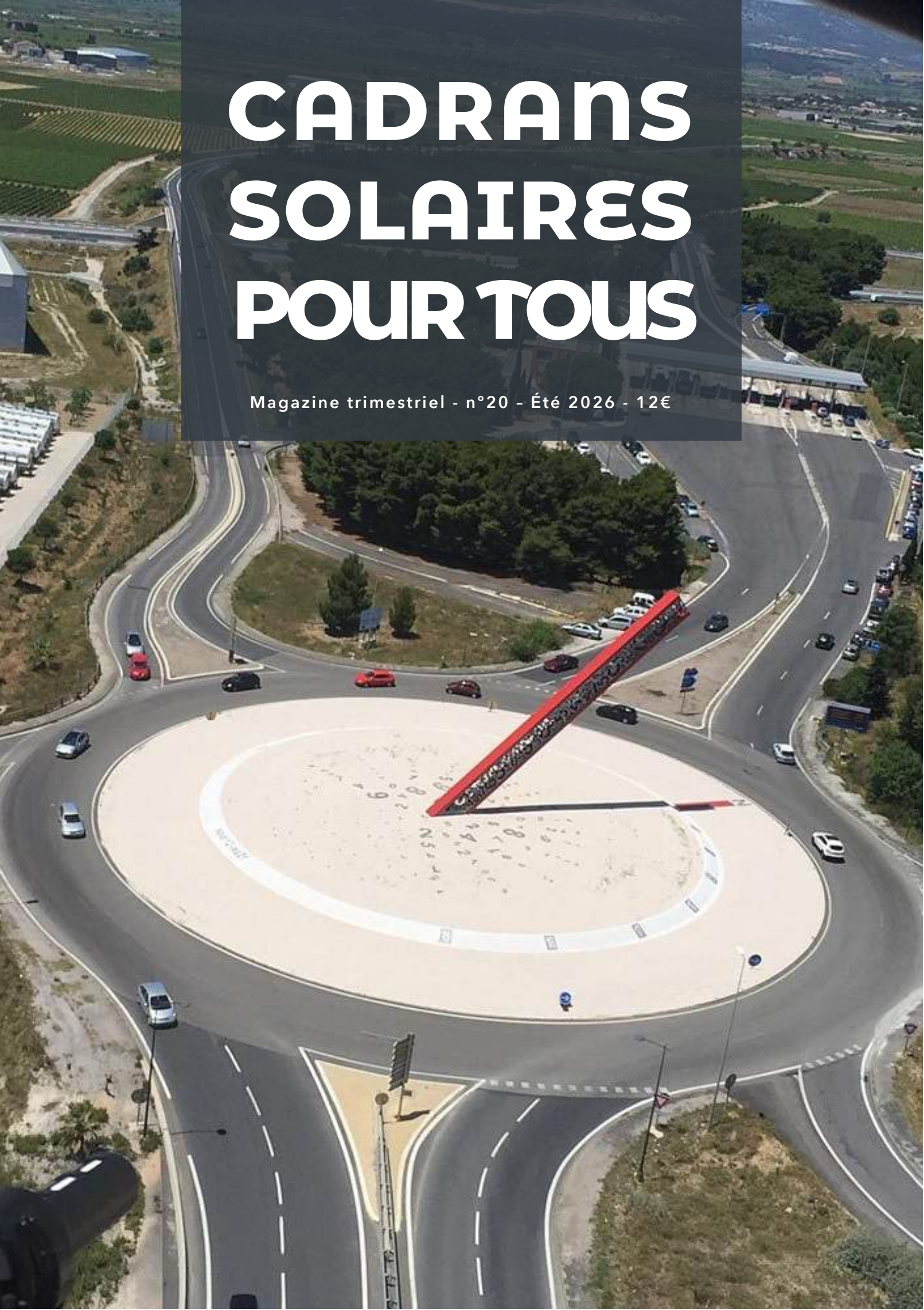


CADRANS SOLAIRES POUR TOUS

Magazine trimestriel - n°20 - Été 2026 - 12€





COUVERTURE - Cadran solaire monumental, construit en 2015 près de Perpignan et labellisé par l'UNESCO à l'occasion de l'Année internationale de la lumière. Il a été malheureusement vandalisé et démonté. L'artiste MA2F, auteur de cette œuvre baptisée SOLART2, est prêt à collaborer avec toute ville, région ou institution souhaitant la réinstaller et lui redonner sa place dans le paysage. Voir article pages 10-11.

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



SOMMAIRE

- 4 Contents
- 5 Éditorial
- 6 Actualités
- 8 La trigonométrie sphérique (2) - Yvon Massé
- 10 SOLART2 et 2T - MA2F
- 12 L'équation du temps - Pierre-Louis Cambefort
- 14 Cadran et méridiennes au temps des PTT - Alix Loiseleur des Longchamps
- 16 Quelques calculs relatifs à une méridienne à chambre obscure - Henri Gagnaire
- 18 Stonehenge au solstice d'hiver - Yves Opizzo
- 20 Longueur de l'ombre sur un cadran incliné déclinant - José Luis Tetuán
- 22 Kit de survie du gnomoniste - Roger Torrenti
- 24 Le nocturlabe d'Oursel - David Alberto
- 28 Activités pédagogiques autour de la gnomonique et des cadrans solaires - ChatGPT
- 30 Soleil, où es-tu ? - Francis Reymann
- 32 Les cadrans solaires de Laigueglia - Ferdinando Roveda
- 34 Jeux et énigmes
- 36 Solutions des jeux et énigmes
- 38 Color box - Claude Gahon
- 39 Crédits photos et illustrations

CI-DESSUS - Éclipse solaire partielle du 20 mai 2012 observée depuis une plage de Californie. Cette année, les Européens auront droit à une éclipse solaire totale, le 12 août prochain, la dernière éclipse totale ayant eu lieu en mars 2015. Elle ne frôlera que l'Hexagone - elle sera presque totale (99,5%) à Biarritz cependant - mais sera bien 100% totale en Islande, en Espagne et au nord-est du Portugal. Plus de détails à l'adresse https://fr.wikipedia.org/wiki/Éclipse_solaire_du_12_août_2026

CONTENTS

- 5 **Editorial**
- 6 **News**
- 8 **Spherical Trigonometry (2) - Yvon Massé**
In his first article on spherical trigonometry, the author had defined a spherical triangle from three points: the vertices A, B and C. Here he defines a second triangle from these same points: the polar triangle of triangle ABC, introducing the notion of pole.
- 10 **SOLART2 and 2T - MA2F**
Marc-André 2 Figuières (MA2F) has already presented in this magazine his PY 3.14 project, a building equipped with two large sundials, inaugurated in June 2023 in Py, a small village in the Pyrénées-Orientales. Here, he discusses two projects that are very close to his heart, named SOLART2 and 2T.
- 12 **The Equation of Time - Pierre-Louis Cambefort**
Even if you're just a beginner gnomonist, you've certainly heard of the "equation of time," which is used, among other things, to convert from solar time to equal time. But do you know where this correction comes from? The author explains it in detail...
- 14 **Sundials and Noon Marks in the Time of the Post Office - Alix Loiseleur des Longchamps**
In previous issues of this magazine, the author had already invited us on "a tour of France and beyond" based on photographs of sundials she had taken. Today she invites us on such a journey again, but this time using a collection of old postcards...
- 16 **Some Calculations Relating to a Noon Mark based on a Camera Obscura - Henri Gagnaire**
Perinaldo is a small Italian village, near Imperia, which is really worth a visit if you are traveling through Liguria, not only for the beauty of the site but also for the famous noon mark of the sanctuary of Our Lady of the Visitation, which inspired the author to make the calculations he shares today.
- 18 **Stonehenge at the Winter Solstice - Yves Opizzo**
We often look for astronomical properties in ancient monuments that the builders may not have been able or willing to give them. The author takes the example of the famous megalithic monument of Stonehenge, in the South of England, built between 3000 and 1100 BC.
- 20 **Length of the Shadow on a Declining Inclined Sundial - José Luis Tetuán**
Gnomonic studies often use spherical trigonometry, but analytic vector geometry also makes it possible to solve difficult gnomonic problems, as demonstrated here by the author, with the calculation of the length of the shadow of a declining inclined sundial.
- 22 **The Gnomonist's Survival Kit - Roger Torrenti**
If a major catastrophe were to occur, would we really need a gnomonist to enable a local community to better survive? The author demonstrates why and suggests that gnomonists memorize a "survival kit," a set of concepts, methods, and principles accessible to all.
- 24 **Oursel's Nocturnal - David Alberto**
In the previous issue of this magazine, the author presented the sundial part of the double astronomical timekeeping instrument included in the almanac published in 1680 by the Rouen bookseller Jean Oursel. Today he addresses the nocturnal part of the instrument.
- 28 **Educational Activities Around Gnomonics and Sundials - ChatGPT**
More than three years ago, we published an article in this magazine entitled ChatGPT and Sundials. We today test the extremely rapid progress of AI by asking ChatGPT the question: Can sundials and their science provide interesting educational activities in primary and secondary schools?
- 30 **Sun, Where Are You? - Francis Reymann**
Francis Reymann has already presented several user-friendly tools in this magazine, in the form of Excel files, that even beginners can easily explore. Today, he's introducing a new tool that allows you to track the Sun's path... day and night!
- 32 **The Sundials of Laigueglia - Ferdinando Roveda**
The author takes us here to discover a beautiful village on the Ligurian coast (Italy), between Andora and Alassio, and describes in particular two sundials that you will probably not fail to admire if you are lucky enough to travel to this region...
- 34 **Games and Puzzles**
- 36 **Solutions to Games and Puzzles**
- 38 **Color Box - Claude Gahon**
- 39 **Photo and illustration credits**

ÉDITORIAL

Avec ce numéro 20, notre magazine trimestriel célèbre donc ses 5 années d'existence. Déjà...

Merci à chaque membre du comité éditorial, merci à chaque auteur, merci à chaque lecteur : c'est grâce à vous tous que nous avons franchi cette étape.

Nous espérons que dans cette période de violence et d'instabilité mondiales, vous passerez néanmoins un moment agréable et serein à feuilleter, voire étudier en détail les articles du présent numéro. Comme à l'accoutumée, nous les avons voulu variés, tant au niveau des sujets qu'à celui des contenus, afin que chacun puisse trouver des articles qui correspondent à ses attentes.

N'hésitez pas à nous écrire pour proposer des articles ou faire part de remarques et suggestions nous permettant de bâtir de prochains numéros encore plus près de vos attentes.

Roger Torrenti
Responsable éditorial

EDITORIAL

With this 20th issue, our quarterly magazine celebrates its 5th anniversary.

Time flies...

Thank you to each member of the editorial committee, thank you to each author, thank you to each reader: it is thanks to all of you that we have reached this milestone.

We hope that in this period of global violence and instability, you will nevertheless have a pleasant and serene time browsing, or even studying in detail, the articles in this issue.

As always, we have aimed for a diverse range of topics and content, so that everyone can find articles that meet their interests.

Please feel free to write to us to submit articles or share your comments and suggestions so that we can create future issues that even better reflect your expectations.

Roger Torrenti
Editorial manager

COMITÉ ÉDITORIAL - EDITORIAL BOARD

contact@cadrans-solaires.info



David Alberto



Jean-Luc Astre



Pierre-Louis Cambefort



Henri Gagnaire



Claude Gahon



Alix Loiseleur
des Longchamps



Yvon Massé



Yves Opizzo



Francis Reymann



Roger Torrenti



Marisa Tuscano

ACTUALITÉS



CONFÉRENCE WSD 2026

À l'occasion de la « Journée internationale des cadrans solaires » (World Sundial Day, WSD) initiée en 2024 par l'espagnol Esteban Martinez, des événements ont été organisés à l'équinoxe de printemps dans divers pays.

Parmi ces événements, une conférence internationale en ligne, le 20 mars dernier, a connu un beau succès. Près de 170 participants inscrits, 15 présentations abordant de nombreux aspects du domaine de la gnomonique et des cadrans solaires dans différentes régions du monde, un événement s'étalant de 17 h à 20 h 30 UTC que vous pouvez retrouver sur le site de la conférence¹.

Roger Torrenti, responsable éditorial de ce magazine, a contribué, comme pour l'édition 2025 de cette conférence, au comité d'organisation qui comprenait également Martins Gills, Frank King, Monika Lübker, Esteban Martínez, et Fred Sawyer.

Un événement international (gratuit) consacré à l'information de qualité et à la science, qui a été apprécié, ce qui encourage les organisateurs à concevoir une édition 2027 encore plus ambitieuse, permettant notamment aux amateurs et spécialistes asiatiques de participer.

¹ <https://tempus-sol.eu/wsd-online-conference/>

World Sundial Day
Online Conference



UN CIMETIÈRE DE CADRANS SOLAIRES...

Steve Lelievre (<https://gnomoni.ca/>) a récemment partagé sur la Sundial List de l'Université de Cologne (forum apprécié par les gnomonistes de tout pays), une bien étrange photographie, qu'un membre de sa famille a prise au cours d'une randonnée dans la région du Dartmoor en Angleterre.

Cela ressemble fort à un cimetière de cadrans solaires... Est-il provisoire ? N'est-ce qu'un stock de cadrans à restaurer ? Ce qui est certain, c'est que de nombreux amateurs de cadrans solaires seraient sans doute prêts à héberger l'un ou l'autre de ces cadrans emprisonnés...



CÉLÉBRATION DES JO 2026

Martins Gills (<https://tempus-sol.eu/>) a conçu un cadran solaire célébrant les Jeux olympiques d'hiver 2026 de Milan et Cortina d'Ampezzo. Un cadran polaire, inauguré juste avant ces JO, dont le style (plein) intègre une paire de skis.

Il est installé dans un domaine skiable près de Cësis, dans le nord-ouest de l'Estonie (57°18'03.3"N 25°13'54.9"E).





ACTUALITÉS

UN NOUVEAU CADRAN SOLAIRE À BIRKENAU



Connaissez-vous le village de Birkenau près de Mannheim en Allemagne ?

Il revendique le titre de « Village des cadrans solaires¹ », avec une très forte densité de cadrans par habitant et il ne cesse de voir de nouveaux cadrans orner les murs des habitations.

L'un des derniers, assez original et témoignant d'une fibre artistique certaine, met en scène des vaches montant dans les pâturages d'été...

¹ <https://www.sonnenuhren-birkenau.de/sundials-in-birkenau.html>

RESTAURER...



Photo récente du cadran équatorial à table tronconique et style profilé d'Augustin Nemeth, installé dans les années 80 à Nice (parc public de la « Colline du château »).

La table et le style sont bien endommagés...

On ne dira jamais assez que si l'on ne peut que se réjouir lorsque de nouveaux cadrans apparaissent sur les murs ou dans les espaces publics, on ne peut que regretter que des cadrans, même relativement récents, ne soient pas restaurés, et que soit vérifiée la présence d'un panneau explicatif (ce qui n'est pas le cas pour ce cadran) sans lequel le cadran est souvent négligé par les passants...

COURS À DISTANCE DE LA NASS



La société nord-américaine des cadrans solaires (North American Sundial Society, NASS, <https://sundials.org>) a organisé, d'octobre 2025 à avril 2026, la cinquième session de son cours à distance sur la gnomonique et les cadrans solaires, intitulé *Elements of dialing* et s'adressant aux gnomonistes encore peu expérimentés.

Le cours se divise en 12 leçons. Chaque leçon est envoyée par email et chacun travaille à son rythme depuis chez lui, des sessions Zoom avec les animateurs du cours étant organisées régulièrement pour répondre aux questions éventuelles des apprenants. On reçoit la leçon suivante à condition d'avoir correctement répondu à un quiz à la fin de la session en cours.

L'ensemble est de bon niveau, gratuit et ouvert à tous (la maîtrise de la langue anglaise est bien entendu souhaitable).

Une belle initiative de la NASS que l'on espère voir se poursuivre en 2026-2027 !

LA TRIGONOMÉTRIE SPHÉRIQUE - 2

Yvon Massé

Dans son premier article consacré à la trigonométrie sphérique¹, l'auteur avait défini un triangle sphérique à partir de trois points : les sommets A , B et C . Il définit ici un second triangle à partir de ces mêmes points : le triangle polaire du triangle ABC , introduisant la notion de pôle.

Les pôles d'un grand cercle sont les deux points d'intersection de son axe (la droite qui lui est perpendiculaire et qui passe par son centre) avec la sphère. Ainsi, par exemple, les pôles du grand cercle de l'horizon sont le zénith et le nadir.

Pour obtenir le triangle polaire nous allons utiliser, pour chaque grand cercle du triangle initial, par exemple le côté passant par A et B , le pôle qui se trouve du côté du troisième point, soit C dans notre exemple, et nous l'appellerons C' .

On obtient ainsi les points A' , B' et C' qui sont les trois sommets du triangle polaire. Ses côtés seront appelés a' , b' et c' suivant le même principe que pour le triangle initial : les éléments opposés sont désignés par la même lettre. Le document annexe² permet de montrer à partir de deux figures que nous avons les six relations :

$$a' = 180^\circ - A ; b' = 180^\circ - B ; c' = 180^\circ - C$$

$$A' = 180^\circ - a ; B' = 180^\circ - b ; C' = 180^\circ - c$$

Elles se résument ainsi : les côtés et sommets du triangle polaire correspondent respectivement au complément à 180° des sommets et côtés (notez bien l'inversion) du triangle d'origine.

Il n'est pas vraiment important de se représenter le triangle polaire car, nous le verrons plus loin, son principal intérêt réside dans les six relations qui en découlent. En effet, dès qu'on peut établir une formule propre à un triangle sphérique, elle est aussi valable pour son triangle polaire. En insérant les relations dans cette formule, on obtient alors une nouvelle formule, appelée *duale*, sans aucun effort !

Les traités de trigonométrie sphérique signalent aussi que le triangle polaire du triangle polaire est le triangle d'origine. Nous comprendrons qu'on a fait le tour de la question et que la manne des formules duales est épuisée.

Intéressons-nous à présent à la résolution d'un triangle particulier, le triangle rectangle qui, comme en trigonométrie plane, comporte un sommet à angle droit. Dans le cadre de la trigonométrie sphérique, il faut toutefois

préciser « un seul sommet à angle droit » car il peut y en avoir deux (triangle *birectangle*)... voire trois (triangle *trirectangle*) !

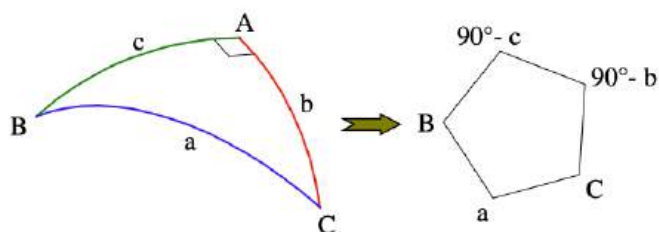
Considérons le cas de deux angles droits : les deux grands cercles qui sont perpendiculaires au troisième passent donc par le pôle de ce dernier. Ce pôle constitue donc le troisième sommet du triangle et les deux côtés qui l'encadrent font 90° .

Sur les six éléments du triangle, il n'en reste donc plus que deux à déterminer, le côté entre les angles droits et le sommet qui lui est opposé.

Il est assez simple de constater que leurs angles sont identiques : la résolution de ce type de triangle est donc des plus faciles. De plus, ces deux derniers éléments peuvent être de 90° , ce qui nous donne l'unique configuration du triangle à trois angles droits avec trois côtés qui font aussi 90° .

Quant au triangle sphérique à un seul angle droit, il existe un moyen mnémotechnique astucieux appelé *pentagone de Neper* qui permet de retrouver toutes les formules nécessaires pour calculer un angle, côté ou sommet, quand on en connaît deux, en plus de l'angle droit que l'on nomme généralement A .

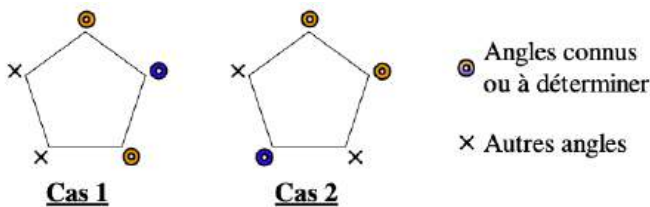
Le principe consiste à dessiner un pentagone aux sommets duquel on écrit dans l'ordre les cinq angles autres que l'angle droit. Il faut, en plus, compléter à 90° les angles des deux côtés de l'angle droit, comme sur la figure suivante :



En parcourant le pentagone, il n'y a que deux distributions possibles pour trois angles - deux connus et un à trouver -, à partir d'un groupe d'au moins deux angles.

Oui, oui !... Essayez, vous n'en trouverez pas d'autre.

Elles sont représentées à la figure suivante :



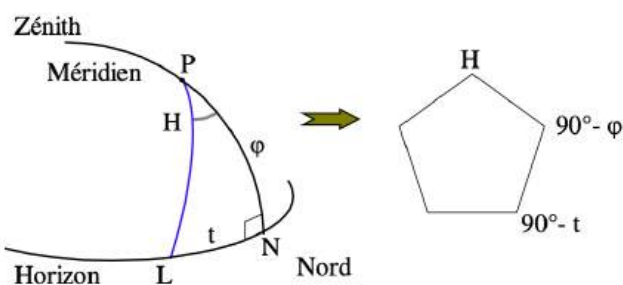
Dans les deux cas, on prend le cosinus de l'angle du milieu, celui qui est représenté en bleu, et on déclare qu'il est égal :

- Pour le cas 1 : au produit des cotangentes des deux autres angles dits adjacents.
- Pour le cas 2 : au produit des sinus des deux autres angles dits opposés.

Prenons l'exemple d'un cadran horizontal de l'hémisphère nord et recherchons l'angle tabulaire t correspondant à l'angle horaire H en fonction de la latitude φ .

Reportons le problème sur la sphère céleste : aux plans de l'horizon et du méridien correspondent les deux grands cercles de la figure suivante qui se coupent à angle droit en deux points, nous ne nous intéresserons qu'au point N situé au nord.

Le prolongement du style correspond au pôle nord P , dont la hauteur au dessus de l'horizon est φ . Enfin, au demi-plan d'ombre sous le style correspond un grand cercle qui fait l'angle H avec le méridien, il coupe l'horizon au point L , prolongement de la ligne horaire correspondante. L'angle tabulaire t correspond donc à l'arc LN , un des côtés du triangle rectangle PLN .



La disposition des angles concernés sur le pentagone correspondant au cas 1, on peut donc écrire :

$$\cos(90^\circ - \varphi) = \cot H \cdot \cot(90^\circ - t)$$

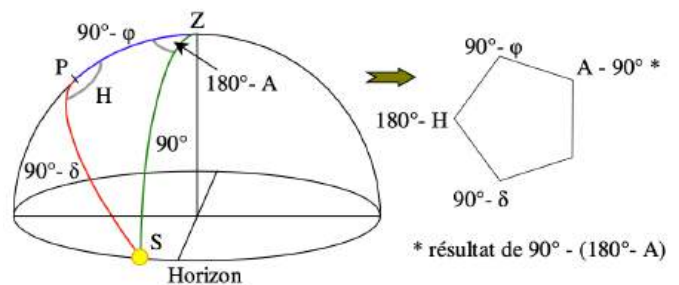
ce qui permet de retrouver la formule bien connue :

$$\tan t = \sin \varphi \cdot \tan H$$

Prenons un second exemple : la configuration au coucher du Soleil. Dessinons à la figure suivante le triangle de position à cet instant. On peut constater qu'il n'y a aucun angle droit mais que la particularité est plutôt du côté de l'arc ZS qui fait 90° , ce qui constitue un triangle appelé *rectilatère*.

Remarquons que son triangle polaire est rectangle et nous avons tous les outils pour résoudre le triangle de position, notamment trouver l'angle horaire et l'azimut du Soleil connaissant la latitude et la déclinaison.

Pour les triangles rectilatères, il existe aussi un moyen mnémotechnique pratiquement identique à celui du pentagone de Neper, l'unique différence est que l'angle du sommet opposé au côté à 90° (dans notre exemple l'angle horaire H) doit être complété à 180° , ce qui donne la disposition suivante autour du pentagone :



On peut donc écrire pour obtenir l'angle horaire (cas 1) :

$$\begin{aligned} \cos(180^\circ - H) &= \cot(90^\circ - \delta) \cdot \cot(90^\circ - \varphi) \\ \cos H &= -\tan \delta \cdot \tan \varphi \end{aligned}$$

C'est la relation bien connue que l'on obtient facilement à partir de la formule de hauteur. Concernant l'azimut on a (cas 2) :

$$\begin{aligned} \cos(90^\circ - \delta) &= \sin(90^\circ - \varphi) \cdot \sin(A - 90^\circ) \\ \cos A &= -\sin \delta / \cos \varphi \end{aligned}$$

relation qui, cette fois, est plus difficile à obtenir avec le formulaire classique de la gnomonique.

Dans le prochain article nous aborderons les triangles sphériques quelconques, leurs formules et la façon de les résoudre.

Yvon Massé ymasse2@wanadoo.fr a été présenté dans le n°2 de ce magazine³. Il développe notamment le site <https://gnomonique.fr/> et anime le dynamique forum gnomonique qui lui est associé.

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2026/02/mag-CSpour tous-n19_Y-Masse.pdf

² <https://gnomonique.fr/divers/tripol.pdf>

³ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2022/04/mag-CSPT-n2-Y_Masse.pdf

SOLART2 ET 2T MA2F

Marc-André 2 Figuières (MA2F) nous avait présenté dans ce magazine¹ sa réalisation PY 3.14 (un bâtiment équipé de 2 cadrans solaires de grande taille) inauguré en juin 2023 à Py, petit village des Pyrénées-Orientales. Il revient ici sur deux projets qui lui tiennent très à cœur, baptisés SOLART2 et 2T.

SOLART2, LE CADRAN SOLAIRE MONUMENTAL VANDALISÉ, CERCHE UN NOUVEAU CIEL

Installée sur le giratoire de 70 mètres de diamètre de la sortie d'autoroute Perpignan/Rivesaltes, SOLART2, une sculpture monumentale de 35 mètres de haut pour 30 tonnes, a été construite en 2015 et labellisée par l'UNESCO à l'occasion de l'Année internationale de la lumière.

Classée parmi les 12 plus grands cadrans solaires au monde, cette œuvre symbolisait l'alliance entre art, science et innovation. Vandalisée, elle a dû être démontée et attend désormais, dans un dépôt technique, une renaissance.

SOLART2 n'était pas un simple cadran solaire. Avec ses dimensions imposantes et son design futuriste, elle incarnait une réflexion sur le temps, l'énergie solaire et la résilience humaine.

Cette œuvre était conçue pour marquer le paysage et inviter à la contemplation du ciel, tout en rappelant notre dépendance aux cycles naturels.

Face à l'absence de volonté locale pour sa réinstallation, je lance un appel aux collectivités, mécènes et institutions culturelles pour offrir à SOLART2 un second souffle en région parisienne, en Europe ou à l'international.

SOLART2 n'est pas qu'une sculpture, c'est un message d'espoir et de connexion entre la Terre et le ciel. Aidons-la à briller à nouveau !

Les personnes intéressées peuvent me contacter par email à solart2@ma2f.com.

Pour plus de détails sur SOLART2, voir les pages de mon site dédiées à cette réalisation².



PROJET 2T - UNE ŒUVRE SOLAIRE ENTRE ART, SCIENCE ET PATRIMOINE

La commune d'Olette, dans les Pyrénées-Orientales, abrite les 2 Tours de la Bastide, vestiges historiques d'une fortification disparue, symboles du temps et de l'espace local.

La municipalité vient d'implanter, près de ces tours, sur 4 ha, une centrale solaire³ de 4 MWc, produisant 5 110 MWh par an, et alimentant 1 700 foyers.

Mon projet 2T (pour 2 Tours) propose une réinterprétation contemporaine du site, mêlant art, science et énergies renouvelables. L'objectif est de restaurer symboliquement le lien entre le patrimoine historique, le paysage et l'innovation solaire, tout en créant une expérience immersive et pédagogique pour les visiteurs.

L'approche est résolument pluridisciplinaire :

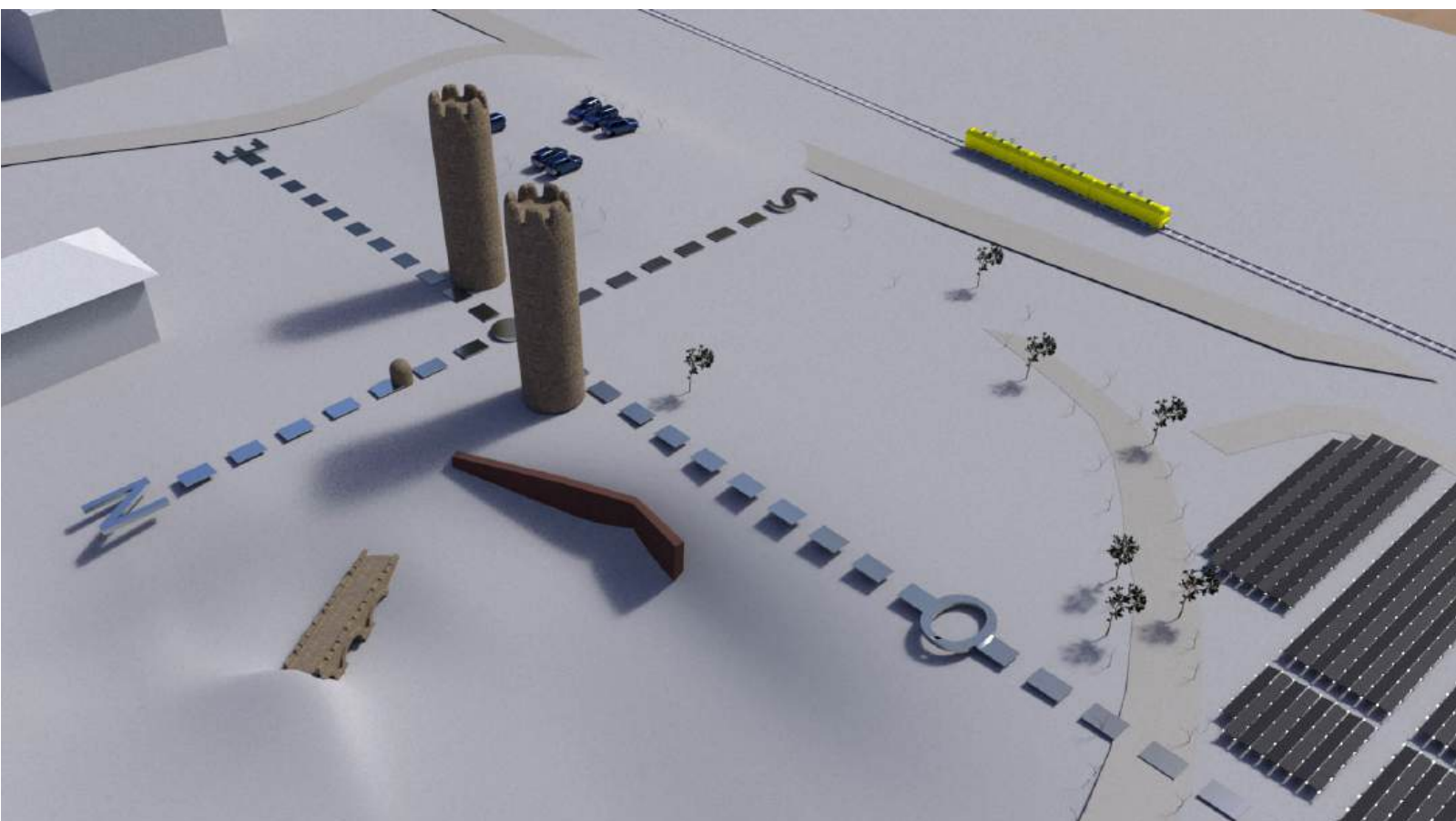
- Un cadran solaire monumental : les 2 Tours deviennent le support d'un système de lecture de l'heure solaire, combinant ombres projetées (méthode traditionnelle) et méridienne (indiquant le midi solaire).

- Une intégration paysagère : l'installation s'inspire des ressources locales (marbre blanc, acier poli - miroir) et du Train Jaune qui traverse le site, créant un parcours expérientiel sur 3 hectares.
- Une signature artistique : j'utilise le rouge comme couleur emblématique, marquant les éléments-clés de l'œuvre et dialoguant avec le paysage.
- Innovation majeure : le projet transforme la centrale solaire en œuvre d'art fonctionnelle, où la mécanique céleste (course du Soleil) devient le fil conducteur entre histoire, science et création.

Marc-André 2 Figuières (ma2f@ma2f.com) est un artiste plasticien, docteur en Art et sciences de l'art de l'Université de Paris 1 - Sorbonne.

Il s'est spécialisé depuis le début des années 2010 dans la réalisation de cadrans solaires monumentaux.

Il est présenté en détail dans la rubrique « Parole à un cadranier » du numéro du magazine⁴.



¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/06/mag-CSpour-tous-n8_MA2F.pdf

² <https://www.ma2f.com/cadrans-solaires/solart-2/>

³ <https://www.qdsolaire.com/reference/ker-park-4-olette/>

⁴ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/06/mag-CSpour-tous-n8-parole_MA2F.pdf

L'ÉQUATION DU TEMPS Pierre-Louis Cambefort

Même si vous n'êtes qu'un gnomoniste débutant, vous avez certainement entendu parler de « l'équation du temps », à laquelle on recourt notamment pour passer de l'heure solaire à l'heure légale. Oui, mais savez-vous d'où vient cette correction ? L'auteur vous l'explique en détail...

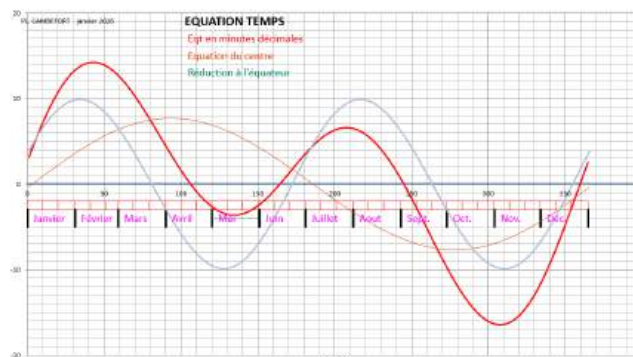
L'intervalle de temps entre 2 passages consécutifs du Soleil au méridien supérieur d'un lieu (c'est-à-dire à midi solaire) est variable, supérieur ou inférieur à 24 heures (c'est le jour solaire vrai). Cet intervalle n'est pas constant et peut atteindre 30 secondes par rapport à un Soleil qui reviendrait au méridien exactement tous les jours au bout de 24 heures (c'est la définition actuelle des heures légales), cet écart s'accumule, et cette accumulation (positive ou négative) constitue l'équation du temps. L'équation du temps est donc la différence entre le temps solaire moyen et le temps solaire vrai.

Le jour solaire vrai n'est donc pas uniforme, et ceci pour deux raisons :

- la trajectoire apparente du Soleil n'est pas contenue dans le plan de l'équateur céleste mais dans le plan de l'écliptique, les deux plans étant séparés, à l'heure actuelle, de $23^{\circ}26'$ (23,438 degrés décimaux), un angle variant très lentement au cours du temps. Cet écart entre les 2 plans est dû à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport à la trajectoire apparente du Soleil. Cette inégalité est appelée « réduction à l'équateur ».
- le mouvement apparent du Soleil sur sa trajectoire n'est pas uniforme d'après les lois de Kepler. Le Soleil est plus rapide lorsqu'il est au périhélie (en réalité, c'est la Terre qui est au périhélie) et plus lent quand il est à l'apogée (Terre à l'aphélie). Cela est dû à l'excentricité de la trajectoire terrestre ($e = 0,01669749$). Cette inégalité est appelée « équation du centre ».

L'équation du temps est la somme de la réduction à l'équateur et de l'équation du centre. Les formules donnant ces équations sont données en annexe¹.

L'équation du temps varie peu au cours des siècles : moins de la demi-minute par siècle. Elle évolue lentement, due aux évolutions faibles de l'obliquité de l'écliptique, de l'excentricité de la trajectoire de la Terre et de la longitude du périhélie.

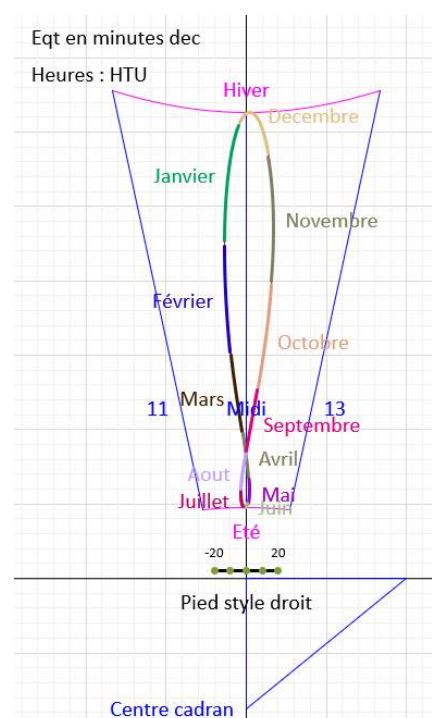


L'équation du temps (EqT), somme de deux équations

Nota : Les Anglo-Américains définissent l'équation du temps avec la convention de signe inverse : y faire attention.

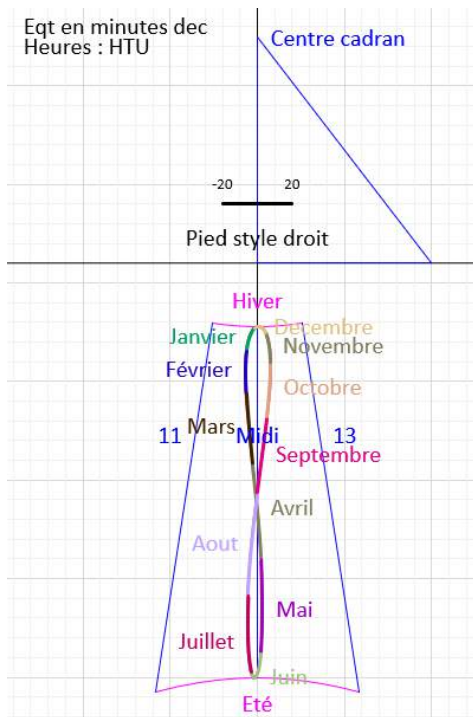
1- ANALEMME

L'équation du temps peut être représentée sous forme d'une courbe en huit (appelée analemme) sur tout cadran horizontal ou sur tout cadran vertical, en appliquant les formules des coordonnées rectangulaires appliquées à ces cadrans. (voir annexe).



Analemme tracé sur un cadran horizontal

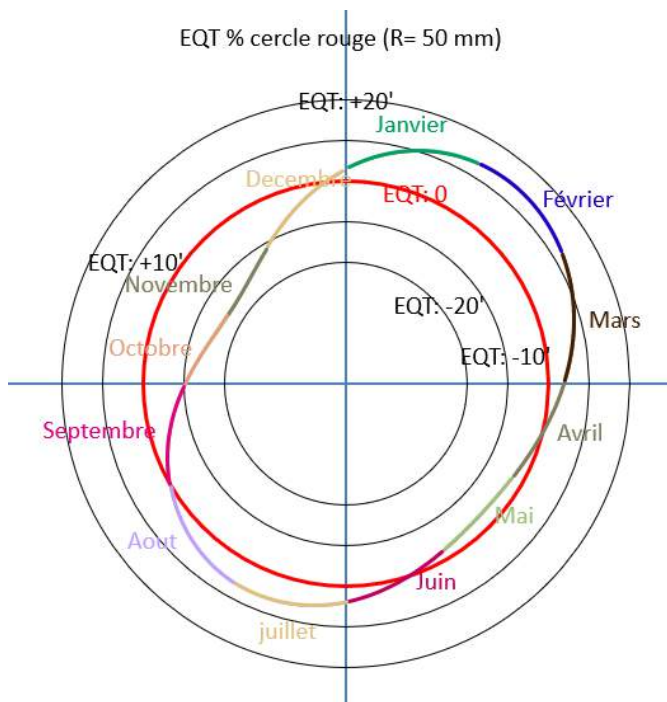
¹ <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2026/03/Annexe-PLC-CSPT20.pdf>



Analemme tracé sur un cadran vertical méridional

2 - ÉQUATION DU TEMPS EN FORME DE CERCLE

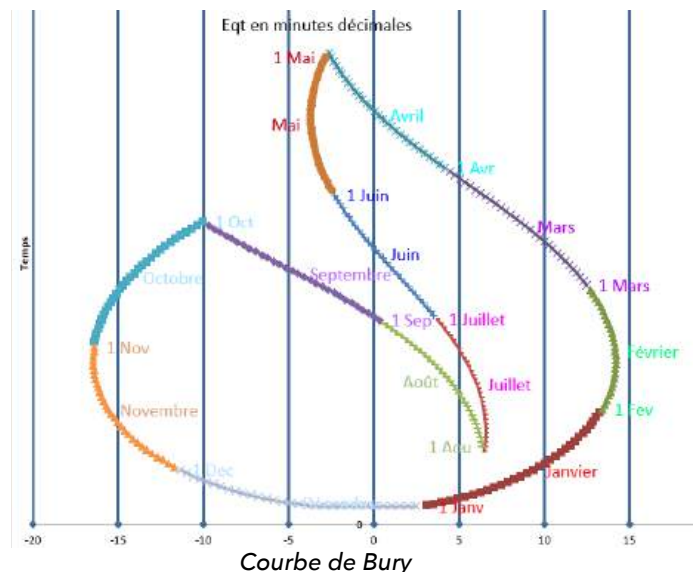
L'équation du temps peut s'appuyer sur toute courbe fermée autour de l'origine, cette courbe représentant la valeur nulle de l'équation du temps. Si nous utilisons un cercle de rayon R, centré sur l'origine, l'équation du temps peut être représentée par la courbe ci-dessous (voir annexe).



Équation du temps en forme de cercle

3 - ÉQUATION DU TEMPS : COURBE DE BURY

Nous pouvons enfin représenter l'équation du temps par une courbe particulière (voir annexe pour plus de détails), dite « courbe de Bury » car on la trouve tracée sur un des piliers des jardins de l'abbaye de Bury St Edmunds (Suffolk, Angleterre).



Courbe de Bury



Un photographe peut, avec beaucoup de patience, prenant la même photo régulièrement tout au long d'une année à la même heure du jour, autour de midi, obtenir la vision d'un magnifique analemme céleste...

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

CADRANS ET MÉRIDIANES AU TEMPS DES PTT

Alix Loiseleur des Longchamps

Dans de précédents numéros de ce magazine, l'autrice nous avait déjà invités à « un tour de France et d'ailleurs » sur la base de photographies de cadrans solaires qu'elle avait prises. Aujourd'hui elle nous invite à nouveau à un tel voyage mais à partir d'un lot de cartes postales anciennes...

Remisées dans des tiroirs, jaunies par les ans, tachées de vieillesse, glissées dans un livre... rapports multiples au temps que ces cartes postales anciennes écrites et complétées à la main, avec pleins et déliés, à l'encre bleue ou noire... Les Autrichiens furent les premiers à éditer, dès 1860, ce type de support de correspondance qui voyage sans enveloppe, imités ensuite par les Français, en 1872.

Ces cartes postales ne meurent jamais tout à fait et les voici à nouveau partagées, offertes à nos regards, à l'image des cadrans solaires et de leurs présences visibles par tous, accompagnés de leurs fières devises philosophiques...

Je me suis amusée à chercher, sur un site allemand spécialisé en cartes postales anciennes (Bartko & Reher¹), les thèmes « cadrans solaires » et « méridiennes »... Ma récolte a été surprenante et voici une partie de mes trouvailles, centrée essentiellement sur la France...

Nous voici donc avec un lot de cartes (dont certaines sont reproduites page suivante), avec textes ou non, expédiée pour la plus ancienne en 1903... Si les lieux sont bien indiqués, les images qui sont données des cadrans (dont certains ont aujourd'hui disparu) sont loin d'être assez précises et détaillées pour la plupart, mais elles contribuent cependant à l'histoire « cadranesque » et nourrissent notre curiosité.

Quelques commentaires sur ces photos.

Dans le Nivernais, qui ne connaît pas les fameuses légendes de Saint-Saulge, en particulier celle festive de la Vache sur le clocher de l'église ? Dans ces contes humoristiques apparaît aussi le cadran solaire, aujourd'hui disparu, bien placé sur ce clocher, et qui sert à l'histoire locale en faisant intervenir de manière assez caricaturale le garde-champêtre et le maire, échangeant en patois, quant à l'utilité d'un cadran en temps de pluie !

Le deuxième et assez imposant cadran disparu se situait aux Authieux, près d'Évreux, sur un mur d'une maison. La carte précise « Le

Méridien », mais la photo ne nous permet pas de détailler son orientation ni ses qualités, malgré la taille de ce qui semble être plutôt un cadran solaire qu'une méridienne.

Parmi les images de cadrans toujours visibles, se trouve le gracieux « Ange du méridien » de la Cathédrale de Chartres. Une carte touchante car est ajoutée au dos une phrase concernant précisément l'ange et le cadran. « Placé à la base du clocher vieux (face S), l'ange est du XIIe. On a ajouté en 1738 le cadran solaire ».

Le département de la Marne et la ville de Sézanne conserve un superbe cadran de 1783. Il est orné d'une citation d'Horace : « Tu quam cumque Deus tibi fortunavreit horam, Grata sume manu » (*À quelque heure que les Dieux t'envoient le bonheur, accueille-le avec gratitude*). L'image du cadran est plus précise que d'autres, la lumière est parfaite et on aime ce facteur posté à le contempler...

Dans l'Yonne, à Vermenton, le cadran, dénommé « Le Méridien », est en fait un superbe cadran vertical double (méridional et septentrional), dont la face méridionale est la seule visible dans la totalité des images publiques partagées.

Alors que sur des cartes est associé de manière inexacte le terme « méridien » à des cadrans solaires, nous avons, concernant Paris, une représentation de la grande méridienne de l'Hôtel de la Monnaie. Ce bel obélisque est visible dans la cour, il est situé sur l'axe du Méridien de Paris.

Deux cartes complètent ce petit tour de France.

L'une concerne le village de Cogolin (Var), surtout célèbre pour sa fabrication de pipes en bruyère, et par la visite de personnalités comme Georges Brassens ou Johnny Halliday venant s'en procurer... Village évoqué aussi grâce à cette jolie carte, montrant « la rue du Cadran », sans cadran visible, et peut-être le « Passage du Cadran » actuel ? Mais on aime imaginer son existence à une époque, favorisée par la belle exposition lumineuse comme le montre l'ombre portée du bâtiment sur les enfants alignés.

¹ <https://www.bartko-reher-cpa.fr/ak/>

L'autre carte nous emmène dans l'Ain, dans le village de Pérouges classé parmi les plus beaux villages de France. La carte représentant le cadran solaire de la place de la Halle, qui fait encore la renommée de la maison, classée aux monuments historiques.

Voici pour notre première partie de voyage en cartes postales. La prochaine étape concernera l'Europe centrale, dont l'Allemagne.

Après des études de lettres modernes (jusqu'à une thèse ébauchée concernant Paul Meurice), diplômée de l'INTD-CNAM, Alix Loiseleur des Longchamps alixloiseleurdl@yahoo.com est « assez occupée par le merveilleux métier de libraire depuis plus de 30 ans ». Amatrice d'expositions, de broderies, de cuisine, parfois de photos, et de « curiosités » tels que les cadrans solaires, des objets qui la captivent « tout en restant toujours bien énigmatiques ».



QUELQUES CALCULS RELATIFS À UNE MÉRIDienne À CHAMBRE OBSCURE

Henri Gagnaire

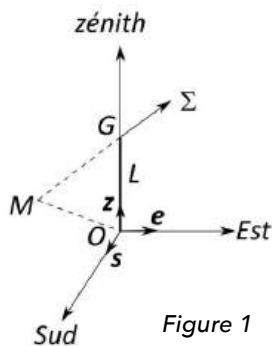
Perinaldo est un petit village italien, près d'Imperia, qui vaut réellement le détour si vous traversez la Ligurie, non seulement pour la beauté du site mais aussi pour la célèbre méridienne du sanctuaire de N.D. de la Visitation, qui a inspiré à l'auteur des calculs qu'il partage aujourd'hui.

Dans un des premiers numéros de *Cadrans Solaires pour Tous*, Roger Torrenti a décrit le principe d'une méridienne à chambre obscure¹. La dernière réalisation de ce type est sans doute la méridienne du sanctuaire de N.D. de la Visitation à Perinaldo, village natal de G.D. Cassini. Elle a commencé en 2002 pour s'achever en 2007. R. Anselmi a déjà écrit un article concernant cette méridienne² et il s'est intéressé principalement à la forme et à la dimension du spot lumineux projeté sur le sol. Plus récemment, en 2021, a paru un petit livret dont l'auteur G. Bonini est un des principaux acteurs de cette réalisation³. Dans ce petit livret sont décrits les différents problèmes qui ont été rencontrés et en particulier, on y trouve la valeur des vitesses de croisement du spot avec la ligne méridienne aux solstices et à l'équinoxe.

Le but de cet article est de montrer comment on peut déterminer ces valeurs. Pour ce faire, il est d'abord nécessaire de calculer à chaque instant et à chaque date la position de l'ombre de l'extrémité d'un gnomon droit (ou du spot lumineux produit par l'ocillon de la méridienne et projeté sur le sol). On pourra éventuellement faire tracer par un ordinateur les lignes horaires et les arcs diurnes d'un cadran horizontal à style droit.

La figure 1 montre un gnomon vertical OG de longueur L (G est l'ocillon de la méridienne et O la projection verticale de l'ocillon sur le sol). Le point M est l'ombre de l'extrémité G du gnomon (ou le spot lumineux de la méridienne). On peut écrire que le vecteur **OM** est la somme des vecteurs **OG** et **GM**. Le vecteur **OG** est égal à $L \cdot \mathbf{z}$ où \mathbf{z} est le vecteur unitaire (de longueur 1) dirigé vers le zénith.

Le vecteur **GM**, lui, est égal à $-GM \cdot \Sigma$ où GM est la longueur du vecteur **GM**, inconnue pour l'instant, et Σ le vecteur unitaire dans la direction Terre-Soleil.



NB : pour des raisons typographiques les vecteurs sont écrits en gras

Ce vecteur unitaire peut être écrit en fonction de vecteurs unitaires \mathbf{s} (dirigé vers le Sud), \mathbf{e} (dirigé vers l'Est) et \mathbf{z} :

$$\Sigma = \Sigma_s \mathbf{s} + \Sigma_e \mathbf{e} + \Sigma_z \mathbf{z}$$

Les expressions des composantes de Σ , Σ_s suivant le sud, Σ_e suivant l'est et verticale Σ_z en fonction de la latitude φ du lieu, de la déclinaison δ du Soleil et de l'angle horaire H sont justifiées dans l'encart ci-après.

En définitive on peut écrire :

$$\mathbf{OM} = L\mathbf{z} - GM (\Sigma_s \mathbf{s} + \Sigma_e \mathbf{e} + \Sigma_z \mathbf{z})$$

$$\text{ou } \mathbf{OM} = -GM \Sigma_s \mathbf{s} - GM \Sigma_e \mathbf{e} + (L - GM \Sigma_z) \mathbf{z}$$

Le vecteur **OM** appartenant au plan horizontal n'a pas de composante suivant le vecteur \mathbf{z} . On peut en déduire l'expression de la longueur GM et les coordonnées du point M suivant les axes dirigés respectivement vers le Nord ($-\mathbf{s}$) et vers l'Est (\mathbf{e}) :

$$GM = \frac{L}{\Sigma_z} \text{ et } \mathbf{OM} = -L \frac{\Sigma_s}{\Sigma_z} \mathbf{s} - L \frac{\Sigma_e}{\Sigma_z} \mathbf{e} = X \mathbf{e} + Y (-\mathbf{s})$$

Compte-tenu des expressions des composantes de Σ , on obtient en définitive :

$$X = L \frac{\sin H}{\cos H \cos \varphi + \tan \delta \sin \varphi}$$

$$Y = L \frac{\cos H \sin \varphi - \tan \delta \cos \varphi}{\cos H \cos \varphi + \tan \delta \sin \varphi}$$

On peut connaître la vitesse de déplacement du spot lumineux au cours d'une journée (la déclinaison δ du Soleil est fixée) en dérivant X et Y par rapport à l'angle horaire H.

Ce qui nous intéresse, c'est la vitesse de croisement du spot (suivant la direction Ouest-Est) avec la ligne méridienne pour laquelle l'angle horaire est nul.

Il faut donc calculer la dérivée de X par rapport à H (mathématiquement, il s'agit d'une dérivée partielle car X dépend de plusieurs variables). Le calcul conduit à :

$$\frac{\partial X}{\partial H} = L \frac{\cos \varphi + \cos H \tan \delta \sin \varphi}{(\cos H \cos \varphi + \tan \delta \sin \varphi)^2}$$

À midi solaire ($H = 0^\circ$, $\cos H = 1$), on obtient :

$$\frac{\partial X}{\partial H} = L \frac{1}{\cos \varphi + \tan \delta \sin \varphi}$$

Cette expression montre que la vitesse de déplacement du spot diminue du solstice d'hiver ($\delta < 0$) au solstice d'été ($\delta > 0$). On peut calculer les valeurs de cette dérivée. La latitude de Perinaldo est $\varphi = 43,862^\circ$ (donc $\sin \varphi = 0,693$ et $\cos \varphi = 0,721$). Dans l'église de la Visitation, il y a une marche. Pour le solstice d'hiver et l'équinoxe (le spot se projette dans la nef de l'église), la hauteur de l'œilleton au-dessus du sol est $L = 8\,139$ mm tandis qu'elle ne vaut que $7\,659$ mm pour le solstice d'été (le spot se projette près de l'autel). L'unité d'angle horaire est le radian. La dérivée s'exprime donc en mm par radian ($\text{mm}\cdot\text{rad}^{-1}$). Si on veut obtenir la vitesse de déplacement du spot en mm par seconde ($\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$), il faut multiplier le résultat par le coefficient $2\pi / (24 \times 3600)$ puisque un tour complet de la Terre (2π radians) correspond à 24 h (24×3600 s).

On peut détailler le calcul pour le solstice d'hiver ($\delta = -23,4^\circ$), la valeur de la dérivée est $19\,327,4$ $\text{mm}\cdot\text{rad}^{-1}$ ce qui, multiplié par le coefficient, donne une vitesse de $1,405$ $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, tout à fait en accord avec celle indiquée dans le livret de G. Bonini. Pour l'équinoxe et le solstice d'été, les vitesses sont respectivement égales à $0,82$ $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ et $0,55$ $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$.

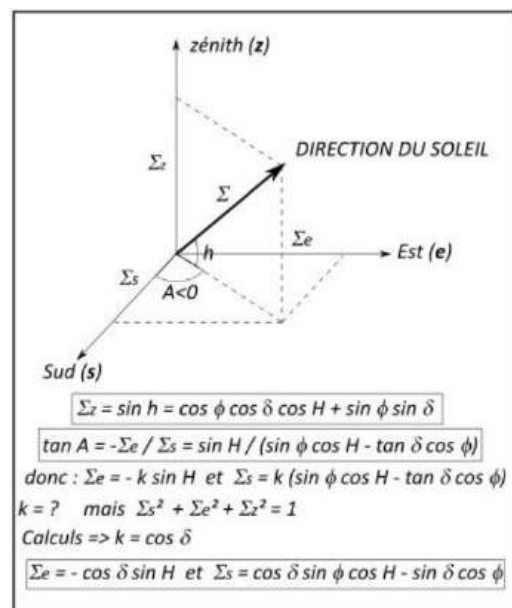
On peut également calculer le déplacement d'un jour à l'autre du spot le long de la méridienne. Le livret de G. Bonini indique un déplacement de 108 mm par jour autour de l'équinoxe. La variation de la déclinaison du Soleil d'un jour à l'autre autour des équinoxes est la plus grande qui soit mais elle est suffisamment faible ($0,4^\circ$ soit $7 \cdot 10^{-3}$ rad par jour) pour que l'on puisse encore utiliser le calcul différentiel. Néanmoins, il apparaîtra plus naturel à certains de calculer deux valeurs de Y à midi solaire ($H = 0^\circ$), l'une pour $\delta = 0^\circ$, l'autre pour $\delta = 0,4^\circ$. Les deux valeurs sont respectivement $7\,823$ mm et $7\,714$ mm soit un déplacement calculé de 109 mm.

Les expressions établies dans cet article peuvent être utilisées pour n'importe quelle date de l'année et pour n'importe quelle méridienne pourvu que l'on connaisse la latitude du lieu et la hauteur de l'œilleton au-dessus du sol.

COMPOSANTES DU VECTEUR Σ

La figure ci-dessous montre la direction du Soleil (vecteur unitaire Σ) dans le repère local. Dans le plan horizontal sont tracés les vecteurs unitaire s suivant le Sud et e suivant l'Est. Le vecteur z est dans la direction du zénith. La hauteur h et l'azimut A du Soleil sont également représentés. À partir des formules donnant le sinus de la hauteur et la tangente de l'azimut, on peut très facilement retrouver les expressions des composantes du vecteur Σ .

Nota bene : en fait pour déterminer les composantes du vecteur Σ , il faudrait revenir aux définitions de la déclinaison du Soleil, de son angle horaire etc. Une fois connues les expressions de ces composantes, on peut en déduire les formules donnant le sinus de la hauteur et la tangente de l'azimut. Ici, on «raisonne à l'envers».



Tâche lumineuse du Soleil aux équinoxes sur le plancher du sanctuaire de N.D. de la Visitation à Perinaldo

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

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2022/04/maq-CSPT-n3-R_Torrenti.pdf

² La méridienne de Perinaldo - Riccardo Anselmi - Cadran Info n°19 - mai 2009 - pp 4-9

³ Le gnomon du méridien Cassini - La méridienne à chambre obscure du sanctuaire de N.D. de la Visitation à Perinaldo - Giancarlo Bonini (traduit par Jean-François Consigli) - avril 2021 - ISBN 9782322229574

STONEHENGE

AU SOLSTICE D'HIVER Yves Opizzo

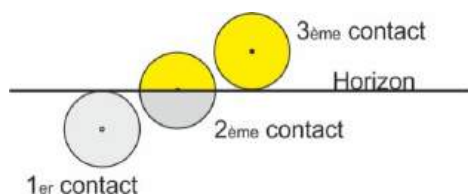
On recherche souvent dans les monuments anciens des propriétés astronomiques que les bâtisseurs n'ont pas nécessairement pu ou voulu donner. L'auteur prend l'exemple du célèbre monument mégalithique de Stonehenge, dans le Sud de l'Angleterre, construit entre 3000 et 1100 avant notre ère.



Comme chaque année depuis quelques décennies, des milliers de personnes peut-être crédules, peut-être juste curieuses, peut-être sensibles aux phénomènes naturels se rassemblent au solstice d'hiver (le 21 décembre en 2025), pour voir le Soleil se lever entre deux pierres bien particulières de Stonehenge.

Aussitôt se pose une question essentielle : qu'entend-on par « lever du Soleil » ? Il y a au minimum trois définitions directement acceptables, à savoir :

1. le premier « contact » de la sphère solaire avec l'horizon
2. le passage du centre du Soleil au niveau de l'horizon
3. le dernier contact avec l'horizon (Soleil entièrement levé).

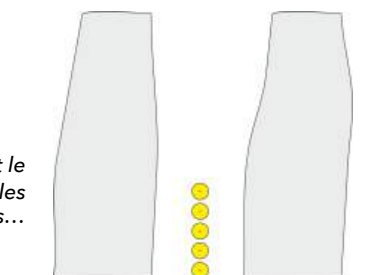


Ces définitions sont valables pour nous, c'est certain, mais quid des humains du Néolithique ou de l'âge du bronze ? Il est bien délicat de donner une réponse, même si certains « druides modernes » affirment le contraire. Il n'y avait d'ailleurs pas de druidisme à l'époque de la construction de Stonehenge, mais des chamans qui existaient déjà et seraient les ancêtres des vrais druides, qui étaient des philosophes.

Mais beaucoup d'autres difficultés apparaissent bien vite avec une observation des faits. Regardez donc les photos visibles dans de nombreux sites Internet ! Le Soleil est bien loin de toucher l'horizon. Il est largement levé, de plusieurs diamètres solaires, lorsqu'il passe entre les deux pierres levées en question. Il n'est

pas besoin de calculer quoi que ce soit : le Soleil passera de toute façon entre ces deux pierres, à une hauteur dépendant de la date ; il suffit d'attendre et d'appuyer sur le déclencheur pour obtenir LA photo démontrant à quel point les créateurs de ce monument exceptionnel étaient compétents.

Il suffit d'attendre et le Soleil passera entre les deux menhirs...

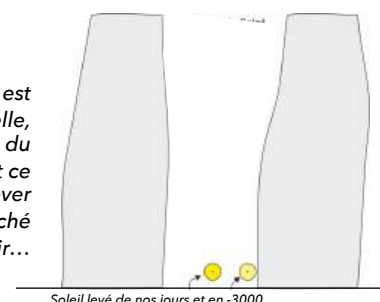


C'est terrible en vérité et démontre que le prodigieux outil qu'est l'Internet peut être détourné de multiples façons, pour affirmer les plus grosses sottises. Parce que c'est une sottise ! Les humains de cette époque n'ont pas pu créer Stonehenge pour une raison de ce type et il y a bien des explications à ce sujet.

1- l'azimut du Soleil à son lever - il s'agit là du centre de l'astre - est facilement calculable par la formule $\cos Ls = \sin \delta / \cos \varphi$ où φ est la latitude du lieu ($51^{\circ}10'44''$ pour Stonehenge), δ la déclinaison solaire ($-23,44^{\circ}$) au solstice d'hiver. Cela donne pour ce cas (voir détails en fin d'article) : lever du Soleil au solstice d'hiver à Stonehenge en 2025 à $129,38^{\circ}$, compté depuis le Nord géographique.

Mais il y a environ 5 000 ans, cette déclinaison (l'obliquité de l'écliptique) était d'environ 24° . Cela donne un lever du Soleil à $130,45^{\circ}$ soit un azimut différent de plus de 1° , soit un peu plus de deux diamètres solaires. Et donc toutes les prédictions, toutes les images, tous les romans ou toutes les idées à ce sujet s'effondrent, tout simplement...

Le dessin du Soleil est environ de la taille réelle, vu depuis le centre du Cromlech. Mais où est ce centre ? L'astre à son lever pourrait bien être caché par un menhir...



Soleil levé de nos jours et en -3000

2- L'horizon à Stonehenge n'est pas à 0° , ce n'est donc pas l'horizon astronomique. Et qu'en était-il il y a 5 000 ans ? Y avait-il encore des restes de glaciers ? Apparemment non. Les forêts recouvraient-elles toute la région ? Y a-t-il eu quelque soulèvement de terrain, modifiant la géologie, ou des tremblements de terre, ou des travaux humains, ou un raz de marée, ou une météorite pas très grande ? Autant de questions sans réponse.

3- Par ailleurs, si les humains avaient voulu montrer un évènement astronomique particulier, se seraient-il donné un tel mal, travailler des pierres énormes dans une carrière, les charrier sur des dizaines de kilomètres, les façonner de façon extraordinaire, avec tenons et mortaises, les dresser à la verticale puis, encore bien plus difficile, monter les pierres plates à cinq ou six mètres et les encastrent dans les menhirs ? Ce n'est pas très sérieux, lorsque quelques pierres de peut-être trois cents kilos, faciles à manier, à travailler, à placer correctement auraient largement suffi. Je ne crois pas une seule seconde à cette explication solsticiale.

Cependant, Stonehenge reste LE monument néolithique majeur. Je ne l'ai vu qu'une fois, en 1998, et je ne peux oublier le choc, lorsque, en conduisant prudemment à gauche, au sommet d'une colline, d'un seul coup ce chef d'œuvre se montra. Nous sommes tous, mon épouse, nos deux filles et moi restés bouche bée, en voyant ce que nous attendions pourtant. Comment rester insensible ?

Si j'habitais dans les environs, je resterais pantois, me sentirais petit et admiratif à la fois. Si vous le pouvez, allez à Stonehenge, regardez, mesurez, admirez, imprégnez-vous de cette colossale puissance spirituelle. Demandez-vous comment de telles pierres, de vingt à trente tonnes ont pu être placées à une telle hauteur, sans aucun engin mécanique. Même de nos jours, ce ne serait pas facile, avec tous nos outils modernes.

En conclusion, Stonehenge est bien plutôt un monument spirituel, religieux, en liaison avec l'au-delà, avec les esprits et les connaissances chamaniques (et non pas druidiques), qu'un observatoire astronomique de pierres

gigantesques. C'est un temple à ciel ouvert, dans lequel une sorte de protection, par toutes ces pierres levées, comme une grille indestructible, crée une ambiance très particulière. Dans mon livre écrit avec Paul Gagnaire « Le Rêve d'une ombre », j'ai détaillé un autre chef-d'œuvre, le cromlech de Crucuno dans le Morbihan. Il serait cinq cents ans plus vieux que Stonehenge et bien moins connu, mais l'ambiance y est comparable. Faut-il être très sensible pour ressentir cela ? Peut-être, et je le suis ! Mais toutes les personnes qui constatent quelque chose de naturel et pas particulièrement impressionnant - cela se passe sans cesse, et partout, il suffit d'ouvrir les yeux pour le constater, ne serait-ce qu'entre deux arbres - ces personnes le sont aussi. Donc elles ont raison de se rendre dans ce lieu magique, pour s'unir à leur passé, à notre passé, pour finalement toucher l'essentiel, à savoir que nous sommes tous liés. Tous les spectateurs, les visiteurs de ce lieu mythique en rapportent quelque chose. Et c'est bien !

COURTES PRÉCISIONS TRIGONOMÉTRIQUES

$$\cos \varphi = 0,62689, \sin \delta_{\text{actuelle}} = -0,39779, \\ \sin \delta_{-3000} = -0,40673$$

$$\cos (Ls_{\text{actuel}}) = 0,53884, Ls_{\text{actuel}} = 129,38^\circ \\ \cos (Ls_{-3000}) = 0,55333, Ls_{-3000} = 130,45^\circ$$

Pour presque tout comprendre sur les druides, je conseille fortement l'excellent livre de Jean-Louis Brunaux, « Les druides, des philosophes chez les Barbares », ISBN 978 2757 851630.



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

LONGUEUR DE L'OMBRE SUR UN CADRAN INCLINÉ DÉCLINANT

José Luis Tetuán

Les études gnomoniques ont souvent recours à la trigonométrie sphérique mais la géométrie analytique vectorielle permet aussi de résoudre des problèmes gnomoniques ardu, ce que démontre ici l'auteur, avec le calcul de la longueur de l'ombre d'un cadran incliné déclinant.

Soit :

- le Soleil, supposé réduit à son centre, situé à une position de la sphère céleste locale définie par le vecteur unitaire \vec{s} ,
- le plan du cadran défini par son vecteur normal unitaire \vec{n} ,
- le point Q , extrémité du style droit \overline{BQ} ou du style polaire \overline{CQ} .

Le point O , sur le cadran, est le centre de deux systèmes de coordonnées que l'on va énoncer ci-après. Ce point sera le point B ou le point C selon que l'on considère l'ombre du style droit ou celle du style polaire. ϕ est la latitude du lieu. P est le point d'ombre du point Q . Il s'agit de déterminer la distance OP . On suppose que la réfraction de l'atmosphère est négligeable.

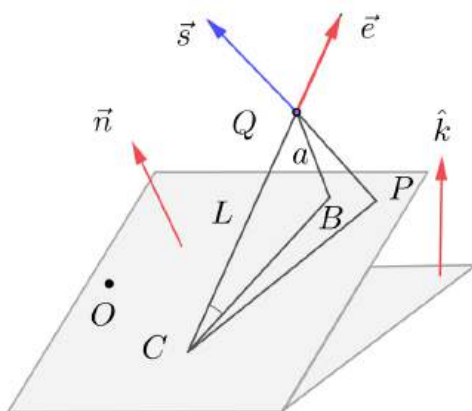


Figure 1 : Vecteurs dans le cadran

1 - SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

On utilise, d'une part, le système équatorial, où le vecteur unitaire $\vec{e} = (0, 0, 1)$ pointe toujours vers le pôle Nord, et le vecteur $\vec{s} = (\cos \delta \sin H, \cos \delta \cos H, \sin \delta)$, vers le Soleil.

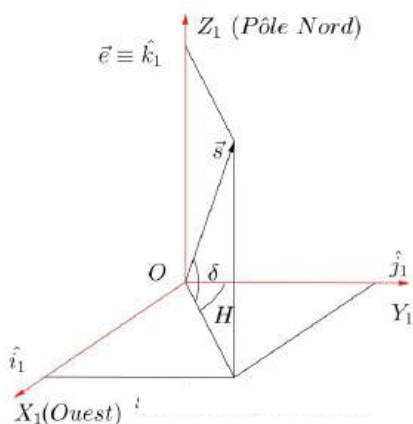


Figure 2 : Système équatorial

D'autre part, on utilise le système horizontal avec le vecteur vertical $\vec{k} = (0, 0, 1)$ et dont l'expression du vecteur normal au cadran est donnée par :

$$\vec{n} = (\sin I \sin D, \sin I \cos D, \cos I) \quad (1)$$

où I et D sont l'inclinaison et la déclinaison du cadran.

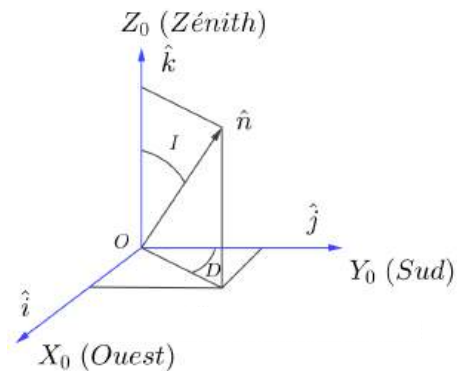


Figure 3 : Système horizontal

Exprimons alors les vecteurs \vec{e} et \vec{s} en coordonnées horizontales, en tenant compte de la figure 4.

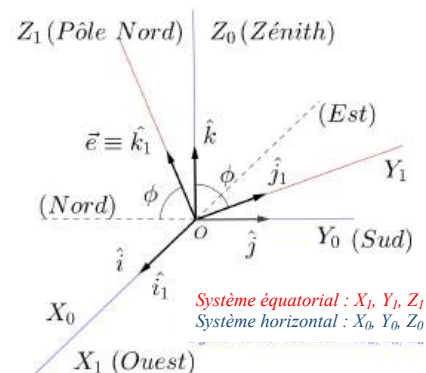


Figure 4 : Changement d'axes

On obtient alors :

$$\vec{e} = (0, -\cos \phi, \sin \phi) \quad (2)$$

et

$$\vec{s} = (\cos \delta \sin H, \sin \phi \cos \delta \cos H - \cos \phi \sin \delta, \cos \phi \cos \delta \cos H + \sin \phi \sin \delta) \quad (3)$$

2 - LE POINT D'OMBRE

Le point P est l'intersection, avec le cadran, de la droite qui passe par Q et dont la direction est celle du vecteur \vec{s} . Ainsi, le point recherché obéit à la solution d'un système d'équations, qui représente l'intersection de la droite avec le plan de vecteur caractéristique \vec{n} et qui passe par l'origine O .

Ce système d'équations est :

$$\begin{cases} \vec{X} = \vec{Q} + \lambda \vec{s} \\ \vec{X} \cdot \vec{n} = 0 \end{cases}$$

où $\vec{X} = \vec{OX}$ et $\vec{Q} = \vec{OQ}$.

En multipliant scalairement la première équation par le vecteur \vec{n} et en tenant compte de la seconde, on obtient :

$$\vec{X} \cdot \vec{n} = 0 = \vec{Q} \cdot \vec{n} + \lambda \vec{s} \cdot \vec{n}$$

et en éliminant la valeur de $\lambda = -\frac{\vec{Q} \cdot \vec{n}}{\vec{s} \cdot \vec{n}}$

$$\text{Donc : } \vec{OP} = \vec{P} = \vec{Q} - \frac{\vec{Q} \cdot \vec{n}}{\vec{s} \cdot \vec{n}} \vec{s} \quad (4)$$

dont nous connaissons, en coordonnées horizontales, les vecteurs \vec{Q} , \vec{s} et \vec{n} .

Pour que le point d'ombre se produise, deux conditions doivent être satisfaites : le Soleil doit être au-dessus de l'horizon, et au-dessus du cadran. Mathématiquement, ces deux conditions s'expriment respectivement par les inégalités $\vec{s} \cdot \vec{k} > 0$ et $\vec{s} \cdot \vec{n} > 0$.

Quand il s'agit de l'ombre du style droit, on situe l'origine de coordonnées au pied B , et alors, a est la hauteur du style, $\vec{Q} = a \vec{n}$.

Quand il s'agit de l'ombre du style polaire, on situe l'origine au centre C , et alors $\vec{Q} = L \vec{e}$ si Q a le sens du vecteur \vec{e} , ou $\vec{Q} = -L \vec{e}$ sinon. On peut écrire, en tout cas, $\vec{Q} = \text{sign}(\vec{e} \cdot \vec{n}) L \vec{e}$, où L est la longueur du style polaire.

3 - L'OMBRE DU STYLE

La longueur d de l'ombre du style est la norme du vecteur \vec{OP} trouvé en (4), et est donnée par :

$$d = \|\vec{OP}\| = \sqrt{\vec{P} \cdot \vec{P}} \quad (5)$$

On observe qu'il n'a pas été nécessaire de définir un système d'axes dans le cadran pour déterminer les coordonnées du point d'ombre qui s'y trouve. Cela s'explique par le fait que la norme d'un vecteur est un invariant par changement de repère ; il a donc suffi de calculer la longueur de l'ombre dans le système horizontal établi.

4 - EXEMPLES

Pour un cadran avec $\phi = 36^\circ$, $I = 30^\circ$, $D = 20^\circ$, on obtient, à partir des équations (1) et (2) :

$$\begin{cases} \vec{n} = (0.17101, 0.46985, 0.86603) \\ \vec{e} = (0, -0.80902, 0.58779) \end{cases}$$

Avec un style droit de longueur $a = 10$ cm :

$$\vec{Q} = (1.71010, 4.69847, 8.66025)$$

De l'équation (3) on obtient pour $H = -60^\circ$ et $\delta = -20^\circ$:

$$\vec{s} = (-0.81380, 0.55287, 0.17908)$$

On constate que :

$$\vec{s} \cdot \vec{k} = 0.17908 > 0 \text{ et } \vec{s} \cdot \vec{n} = 0.27568 > 0.$$

Le point d'ombre en coordonnées horizontales est donné par l'équation (4) :

$$\vec{P} = (31.22943, -15.35605, 2.16441)$$

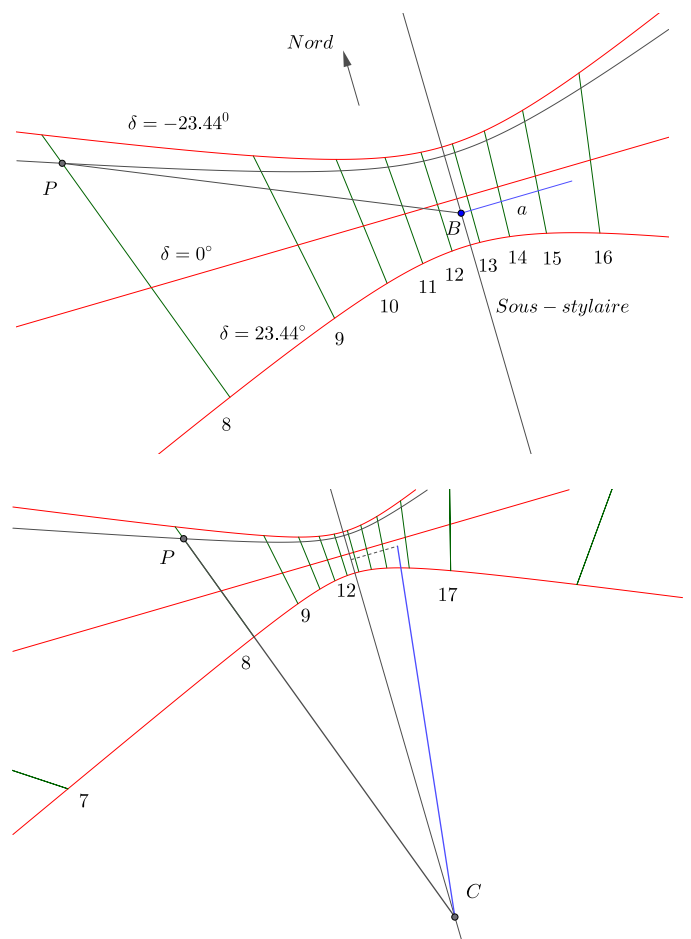
et de l'équation (5) on déduit la longueur d de l'ombre du style droit : 34,87 cm.

Pour le même cadran mais pourvu d'un style polaire de longueur $L = 20$ cm et pour les mêmes coordonnées célestes H et δ qu'auparavant, on a :

$$Q = (0, -16.18034, 11.75571)$$

$$P = (7.61146, -21.35133, 10.08077)$$

et la longueur de l'ombre du style polaire qui en résulte est $d = 24,81$ cm.



Les deux cadrans, avec l'ombre du style droit (en haut) et celle du style polaire (en bas). Les styles ont été rabattus (en bleu) sur le cadran selon la sous-styloire. Les ombres respectives sont BP et CP.

José Luis Tetuán iltetuan@telefonica.net vit dans la province de Cádiz. Ingénieur aéronautique de formation, il est, depuis sa retraite, passionné par les mathématiques des cadrans solaires et vient de publier l'ouvrage *Introducción a la gnomónica vectorial* (Introduction à la gnomonique vectorielle).

KIT DE SURVIE DU GNOMONISTE

Roger Torrenti

Si une catastrophe majeure intervenait, aurait-on vraiment besoin d'un gnomoniste pour permettre à une communauté locale de mieux (sur)vivre ? L'auteur démontre pourquoi et propose aux gnomonistes de mémoriser un « kit de survie », ensemble de notions, méthodes et principes à la portée de tous.

L'évolution du monde est de plus en plus inquiétante et pourrait conduire à une catastrophe majeure (guerre mondiale, catastrophe climatique ou nucléaire, pandémie dévastatrice, dérive incontrôlée de l'IA, etc.) faisant disparaître instruments de mesure, sources bibliographiques, ordinateurs et téléphones portables, etc. Il s'agira alors de repartir de zéro avec les ruines que la catastrophe aura laissées...

Les communautés qui se réorganiseront localement auront-elles besoin d'un gnomoniste qui aura mémorisé un « kit de survie » constitué de quelques notions, principes et méthodes simples, ne nécessitant que « morceaux de bois et bouts de ficelle » ?

Oui, et nous allons démontrer ce que le gnomoniste pourra entreprendre pour le bénéfice incontestable de la communauté dans laquelle il devra survivre.

Précisons à ce stade que l'auteur espère bien qu'aucune catastrophe majeure ne surviendra, l'éventualité formulée n'étant qu'un prétexte pour démontrer que la gnomonique de base (sans formules ni calculatrice !) est utile, réellement à la portée de tous et adaptée notamment à des activités scolaires !

Que fera donc notre cher gnomoniste dans ce « monde d'après », ayant en mémoire son « kit de survie » ?

Tout d'abord, il commencera par une question fondamentale : de quelle mesure du temps aurons-nous besoin, quelle notion de temps sera réellement utile à l'organisation, à la vie de la nouvelle communauté, d'une taille supposée nécessairement réduite à un hameau ou un village ?

Il considèrera tout d'abord que sa communauté vivra essentiellement localement et à un rythme certainement moins trépidant que celui de nos sociétés actuelles.

Dans ce contexte, un temps mesuré avec une grande précision serait superflu et un temps « légal » (tenant compte de la longitude du lieu et de l'équation du temps) incongru.

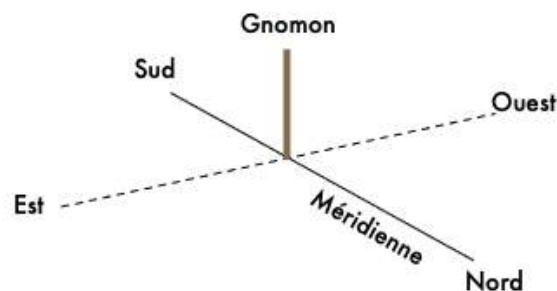
Le **temps local** sera donc le choix le plus adapté, utilisé par les membres de la communauté pour se situer dans une journée, fixer des rendez-vous, savoir quand commencer ou mettre fin à une activité, etc.

Notre gnomoniste se dira alors que ses premiers travaux doivent consister à déterminer les **points cardinaux** du lieu où la communauté est établie : leur connaissance permettra en particulier de mieux orienter les bâtiments à reconstruire, de mieux concevoir les espaces consacrés à l'agriculture, de nommer les endroits proches de la communauté (« le lac Sud » par exemple), etc.

Et le gnomoniste fera alors ce geste qui remonte probablement à la Préhistoire : il fixera verticalement un bâton rectiligne, un « gnomon », dans un sol horizontal et observera la course de son ombre au cours d'une journée ensoleillée. Le moment où l'ombre sera la plus courte marquera la **direction nord-sud**, et il fera appel à une méthode très simple (voir annexe¹ - Étape 1) pour identifier ce moment avec plus de précision.

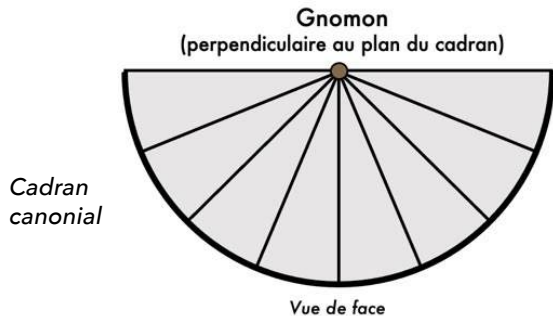
Il déduira aisément, de cette direction nord-sud, une **direction est-ouest**, perpendiculaire (voir méthode en annexe¹ - Étape 2).

Ayant identifié la direction nord-sud, il disposera également d'une **méridienne**, indiquant tous les jours « midi solaire », l'instant de « la moitié du jour ».



« Voilà une bonne chose de faite ! » se dit-il, pensant même qu'avec cette connaissance de la direction nord-sud, il est alors très facile (voir annexe¹ - Étape 3) de réaliser ici et là, sur des murs verticaux plein sud, des **cadrons canoniaux** à 8 secteurs. Certes, ces cadrons ne sont pas de « vrais cadrons solaires » car, jour

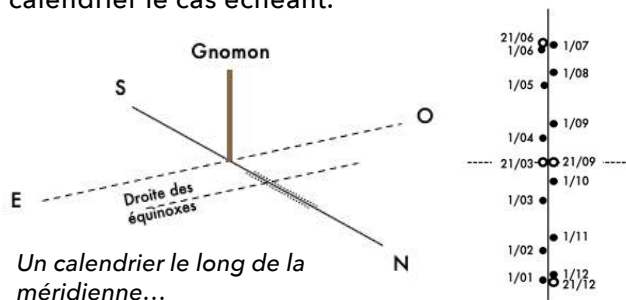
après jour, les lignes tracées ne correspondent pas à des heures identiques, ni les secteurs à des durées égales. Ils seront cependant bien suffisants « pour se fixer des rendez-vous, savoir quand commencer et mettre fin à une activité ». La communauté peut donc désormais (et rapidement) compter sur ces cadrans canoniaux pour mieux s'organiser...



Mais il souhaite aller plus loin... Tout d'abord, avec une méthode similaire à celle utilisée pour tracer les cadrans canoniaux, il réalise (voir annexe¹ - Étape 4) un premier instrument : un **rappporteur**, qui pourra s'avérer bien utile...

Puis, il va commencer par perfectionner sa méridienne et noter, jour après jour et pendant une année, l'emplacement précis de l'ombre de l'extrémité du gnomon sur la méridienne. Il mettra ainsi à terme, à la disposition de la communauté un **calendrier**, délimité par les solstices d'hiver (qu'il fixera au 21 décembre) et d'été (fixé au 21 juin), calendrier bien utile pour rythmer les activités agricoles, célébrer les anniversaires ou le solstice d'hiver, etc.

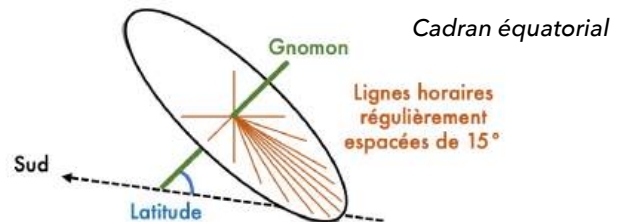
Il vérifiera quand même au premier équinoxe (21 mars ou 23 septembre) que la course de l'ombre de l'extrémité du gnomon sur le sol est (quasiment) une droite parallèle à la direction est-ouest, ce qui lui permettra d'ajuster son calendrier le cas échéant.



Il se souvient aussi que la déclinaison du Soleil est nulle aux équinoxes, et que la hauteur du Soleil à midi solaire est égale au complément de la latitude du lieu, c'est-à-dire à 90° diminués de la valeur de la latitude. Au premier équinoxe, il mesurera donc avec son rapporteur la hauteur du Soleil à midi, et en déduira la **latitude** du

lieu, en profitant au passage pour construire une « **équerre latitude** » (voir annexe¹ - Étape 5), second instrument qui lui sera bien utile.

Et comme il souhaite doter sa communauté de « vrais cadrans solaires » (indiquant le temps avec des heures de durée égale) il construira d'abord un **cadran équatorial** (voir annexe¹ - Étape 6) composé du rapporteur et de « l'équerre latitude » qu'il orientera vers le sud. Il disposera ainsi d'un « vrai cadran solaire ».



Pour permettre aux autres membres de la communauté de disposer eux aussi d'un vrai cadran solaire, il ne lui reste plus qu'à procurer à chacun l'équerre latitude et une équerre complémentaire, ce qui permettra à tout membre de sa communauté de placer correctement un **style polaire** (dans la direction de l'étoile Polaire) sur le mur vertical sud de sa maison (voir annexe¹ - Étape 7).

Puis il prêtera son cadran équatorial à chaque membre de la communauté souhaitant disposer d'un « **vrai cadran solaire** ». Celui-ci ou celle-ci pourra alors, par un jour ensoleillé, à chaque heure solaire pile indiquée par le cadran équatorial, immortaliser d'un point la position de l'ombre du style. Cinq points, de 7 h à 11h, suffiront et permettront de tracer cinq lignes horaires, lorsque chaque point aura été relié à l'endroit où le style est fixé au mur (voir annexe¹ - Étape 8). Les droites correspondant aux heures de 13 h à 17 h, symétriques des premières par rapport à la ligne de 12 h, pourront être facilement déduites. Et un « vrai cadran solaire », qui indiquera l'heure solaire précise tout au long de l'année, sera ainsi prêt en quatre à cinq heures chrono !

Notre gnomoniste se dira alors, qu'avec tout cela, il aura réussi à suffisamment « maîtriser le temps » au bénéfice de la communauté et qu'elle (sur)vivra mieux !

Cet article a fait l'objet d'une communication² à la conférence internationale WSD 2026.

Roger Torrenti roger@torrenti.net est ingénieur de formation et s'intéresse depuis longtemps à la gnomonique et aux cadrans solaires. Il est le responsable de publication du présent magazine et l'auteur du MOOC *cadrans solaires*. Pour plus de détails voir <https://www.cadrans-solaires.info>.

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2026/03/annexe-kit-survie_R-Torrenti-CSPTn20.pdf

² https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2026/03/WSD2026-Roger_Torrenti.pdf

LE NOCTURLABE D'OURSSEL David Alberto

Dans le numéro précédent de ce magazine¹, l'auteur avait présenté la partie « cadran solaire » du double instrument astronomique de mesure du temps inséré dans l'almanach publié en 1680 par le libraire rouennais Jean Oursel. Il aborde aujourd'hui la partie « nocturlabe » de l'instrument.

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2026/02/maq-CSpourtous-n19_D-Alberto.pdf

GÉNÉRALITÉS SUR LES NOCTURLABES

Le nocturlabe permet de connaître l'heure moyenne de nuit, grâce à la position de certaines étoiles dans le ciel. Si les origines de cet instrument ne sont pas connues précisément, on sait que son usage s'est répandu à partir du xv^e siècle parmi les marins pratiquant la navigation océanique. Son usage est en effet assez simple, et indépendant de la latitude d'utilisation, sous réserve que l'étoile Polaire reste visible assez haut sur l'horizon, c'est-à-dire pour la majeure partie de l'hémisphère nord.



Fig.1. Nocturlabe en laiton, 1516 (Royal Museum Greenwich).

Dans les musées, on trouve des nocturlabes en bois qui étaient plutôt destinés à un usage maritime, ainsi que des exemplaires en matériaux plus nobles qui ont fait l'objet de commandes par des amateurs aisés.

DESCRIPTION ET UTILISATION DU NOCTURLABE D'OURSSEL

Le nocturlabe de l'almanach d'Oursel est constitué de trois pièces en papier (Fig.2).



Fig.2. (Source BNF / Gallica).

Le disque rouge, dessiné sur la page, est un double calendrier circulaire (calendrier zodiacal et civil de 365 jours), tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

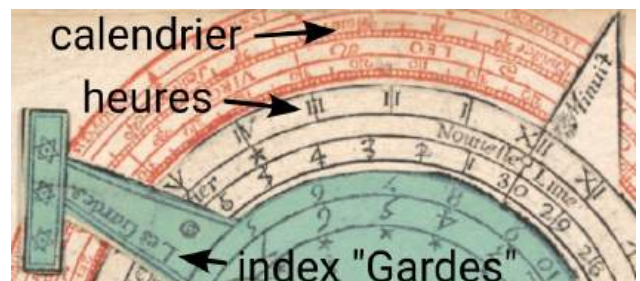


Fig.3.

Le disque blanc, mobile, est gradué en deux fois 12 heures en chiffres romains, et muni d'un index « minuit ». Il est également gradué régulièrement de 1 à 30 : c'est une échelle de l'âge de la Lune, c'est-à-dire du nombre de jours écoulés depuis la dernière Nouvelle Lune. L'intervalle de temps entre deux Nouvelles Lunes (ou lunaison) dure en moyenne 29,53 jours. Les noms des quatre principales phases lunaires (Nouvelle Lune, Premier Quartier, Pleine Lune, Dernier Quartier) sont indiqués tous les 7,5 jours, soit à 90° d'intervalle.

Enfin le disque bleu, mobile lui-aussi, comporte un index libellé « Les Gardes » et se termine par trois étoiles. Une quatrième étoile est dessinée vers le centre avec l'indication « Étoile du Nord » pour l'étoile Polaire.

Sur ce disque on voit également une fenêtre circulaire, entre le pivot et l'index (les nocturlabes en bois et en laiton possédaient un pivot évidé permettant de viser cette étoile à travers le centre de l'instrument).

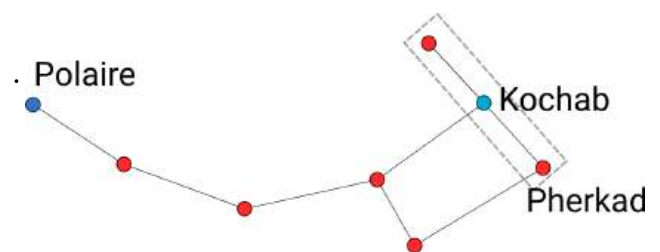


Fig.4. Constellation de la Petite Ourse. Les étoiles encadrées sont celles de l'index des Gardes.

Pour déterminer l'heure de nuit, il faut pouvoir identifier dans le ciel nocturne la constellation de la Petite Ourse, et notamment l'étoile Polaire ainsi que Kochab et Pherkad, appelées les Gardes. Ces dernières sont circumpolaires (constamment au-dessus de l'horizon) pour les latitudes supérieures à 17° nord.

L'utilisateur se tourne vers le nord face à la Petite Ourse, en tenant la page du livre devant lui. Idéalement, le centre des disques devrait être dirigé vers l'étoile Polaire, pour que les disques soient dans le plan de l'équateur.

On tourne l'index « minuit » du disque horaire pour qu'il indique la date d'utilisation. Enfin, on tourne l'index du petit disque pour que les étoiles représentées (étoile du Nord et Gardes) soient dans la même orientation relative sur l'instrument que dans le ciel. Alors, l'index des Gardes indique l'heure moyenne sur le disque horaire.

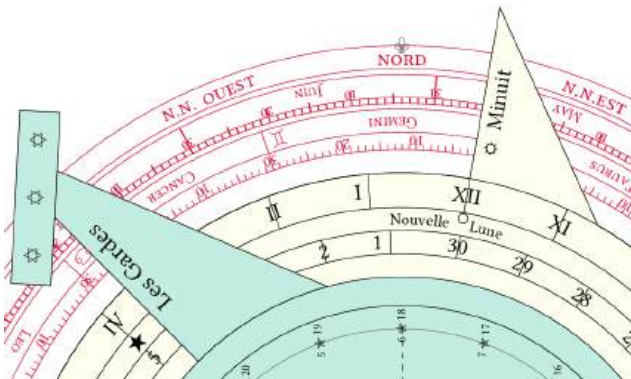


Fig.5. Exemple de lecture de l'heure avec une reproduction du nocturlabe. L'index «minuit» est réglé pour le 25 mai ; l'index des Gardes indique 3h30.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La rotation de la Terre sur elle-même occasionne un mouvement apparent de l'ensemble de la voûte céleste, d'est en ouest. C'est le mouvement diurne (mais aussi nocturne !), qui entraîne aussi bien le Soleil que les étoiles. Alors que le Soleil passe au méridien toutes les 24 heures en moyenne par définition, la période de rotation des étoiles ne dure que 23 h 56 min environ. Pour cette raison, une étoile observée à la même heure plusieurs jours consécutifs décrit un peu plus d'un tour en 24 h (environ 1° de plus). Au fil des jours ce décalage s'accumule et occasionne une lente rotation des étoiles avec une période d'un an. Les étoiles ont donc à la fois un mouvement apparent de rotation au cours de la journée, et un mouvement de rotation au cours de l'année.

Le centre de rotation est le pôle céleste. L'étoile Polaire est actuellement très proche du pôle céleste nord (moins de $0,5^\circ$), mais à l'époque de

l'almanach d'Oursel sa distance au pôle avoisinait $2,5^\circ$; c'est pourquoi l'étoile du Nord du disque ne se trouve pas au centre de l'instrument.

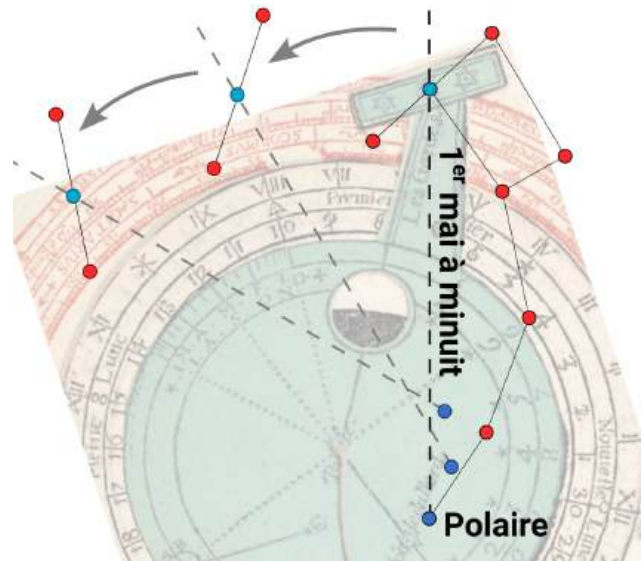


Fig.6. Rotation de la Petite Ourse. Le 1^{er} mai à minuit, Kochab est à la verticale de la Polaire. La position suivante est 2 heures plus tard le même jour, ou bien 1 mois plus tard à minuit.

Le nocturlabe d'Oursel a été construit en remarquant que vers le 1^{er} mai Kochab passe à la verticale de l'étoile Polaire à minuit. On le vérifie avec le logiciel Stellarium de carte du ciel, en le réglant pour le 1^{er} mai 1680.

Si on observe ces étoiles à minuit les jours suivants, la direction Polaire-Kochab tourne lentement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, du fait du mouvement annuel de 1° par jour (Fig.6). Au cours de la même nuit, cette direction tourne à cause du mouvement journalier d'environ 15° par heure.

Ainsi, à deux dates différentes et à deux horaires différents, la différence angulaire entre l'index « minuit » et l'index des Gardes est une combinaison des mouvements annuel et journalier.

En orientant le disque bleu comme la constellation dans le ciel, on matérialise l'angle horaire des Gardes (fig.7 page suivante) ; l'index «minuit» placé sur la date permet de soustraire de cet angle horaire la partie due au mouvement annuel, pour ne conserver que l'angle dû au mouvement journalier : c'est l'angle horaire du Soleil moyen, exprimé en heures.

Il faut noter que le nocturlabe est sensiblement moins précis qu'un cadran solaire. Et pour diverses raisons, il ne faut pas compter sur une précision meilleure que 20-30 minutes environ.

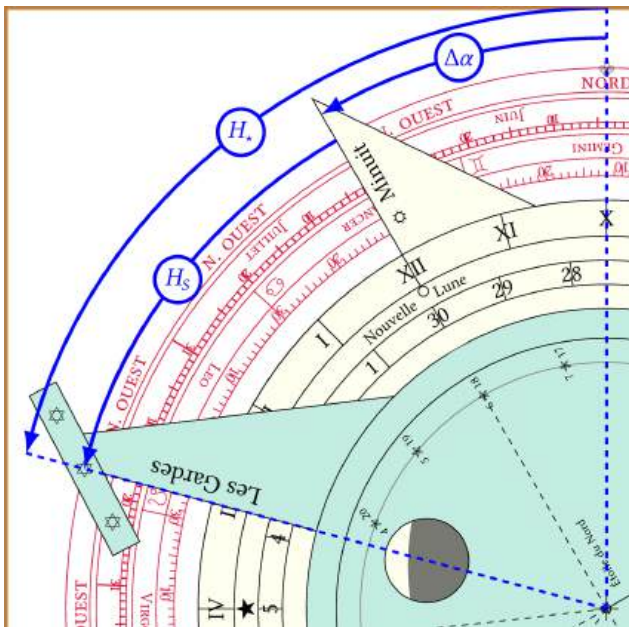


Fig.7. L'angle H^* est l'angle horaire de l'étoile Kochab (défini par rapport au méridien local). $\Delta\alpha$ est la variation entre la date de référence et celle du jour ; H_S est l'angle horaire du Soleil moyen.

HEURE DE LA PLEINE MER ET ASPECT DE LA LUNE

Jean Oursel ne mentionne pas l'utilisation de l'échelle de l'âge de la Lune ni la fenêtre circulaire du petit disque. Ces éléments, courants sur les nocturlabes, servaient à matérialiser sur l'instrument l'angle formé par les directions Terre-Soleil et Terre-Lune, afin d'estimer l'heure de la prochaine pleine mer.

À la Nouvelle Lune, le Soleil et la Lune passent au méridien d'un lieu au même moment, à midi au méridien supérieur et à minuit au méridien inférieur. À la Pleine Lune, ces deux astres sont diamétralement opposés, si bien que la Lune passe au méridien supérieur à minuit et au méridien inférieur à midi. Sur une roue figurant l'équateur céleste, on peut représenter ces situations en plaçant le Soleil et la Lune tantôt dans la même direction (Nouvelle Lune), tantôt diamétralement opposés (Pleine Lune).

En un port donné, il y a un délai entre le passage du Soleil au méridien et l'heure de la pleine mer, car l'onde de marée nécessite plusieurs heures pour se répandre (s'établir) partout sur le globe. On appelle établissement d'un port la durée qui s'écoule entre le passage du Soleil au méridien et l'heure de la pleine mer en ce port. L'établissement d'un port est fixe dans le temps et dépend de sa position géographique.

Chaque jour, la Lune s'écarte de la direction du Soleil d'environ 12° (une lunaison dure 30 jours ; un tour complet est effectué en 360° donc $360^\circ/30 = 12^\circ/\text{jour}$). Ce décalage angulaire se traduit par un retard journalier de 48 minutes de la Lune à son passage au méridien, par rapport au Soleil. Deux jours après la Nouvelle Lune, ce décalage est de $2 \times 12^\circ = 24^\circ$, soit 96 min, etc.

S'il connaît l'âge de la Lune et l'établissement du port où il se trouve, le marin peut s'aider du nocturlabe pour estimer l'heure de la prochaine pleine mer : il dirige l'index des Gardes sur la graduation de l'âge de la Lune ; ce même index tombe en face d'une heure sur le disque horaire, qui est directement le produit de l'âge de la Lune par le retard journalier converti en minutes. Il reste à ajouter l'établissement du port pour trouver l'heure de la pleine mer (Fig.7 : l'index des Gardes est réglé sur un âge voisin de 4 jours, et indique 3h).

Exemple : notre marin se trouve au Havre, où l'établissement vaut 9 heures, à une date située 5 jours après la Nouvelle Lune. Il dirige l'index des Gardes sur la graduation 5 de l'échelle de 1 à 30, ce qui amène à la graduation de 4 heures*. À cela il ajoute 9 heures et obtient que ce jour-là la pleine mer se produira vers 13 heures.

* En faisant ce réglage, la petite fenêtre circulaire sur le disque bleu prend l'aspect approximatif de la Lune à cette date (proche du Premier Quartier).

Le résultat peut dépasser une heure d'écart avec l'heure réelle ; on suppose qu'une telle approximation restait raisonnable pour prévoir l'heure de départ du navire en profitant de la marée haute.

VERSION MODERNE À IMPRIMER

Vous trouverez sur le site de l'auteur (voir page suivante) les documents à imprimer pour fabriquer une version modernisée du nocturlabe et du cadran solaire.

RÉFÉRENCES

- Hauguel, Véronique. Le nocturlabe. Cahiers Clairaut n° 144 hiver 2013.
- Hauguel, Véronique. Un atelier sur les marées. Cahiers Clairaut n°173, printemps 2021.

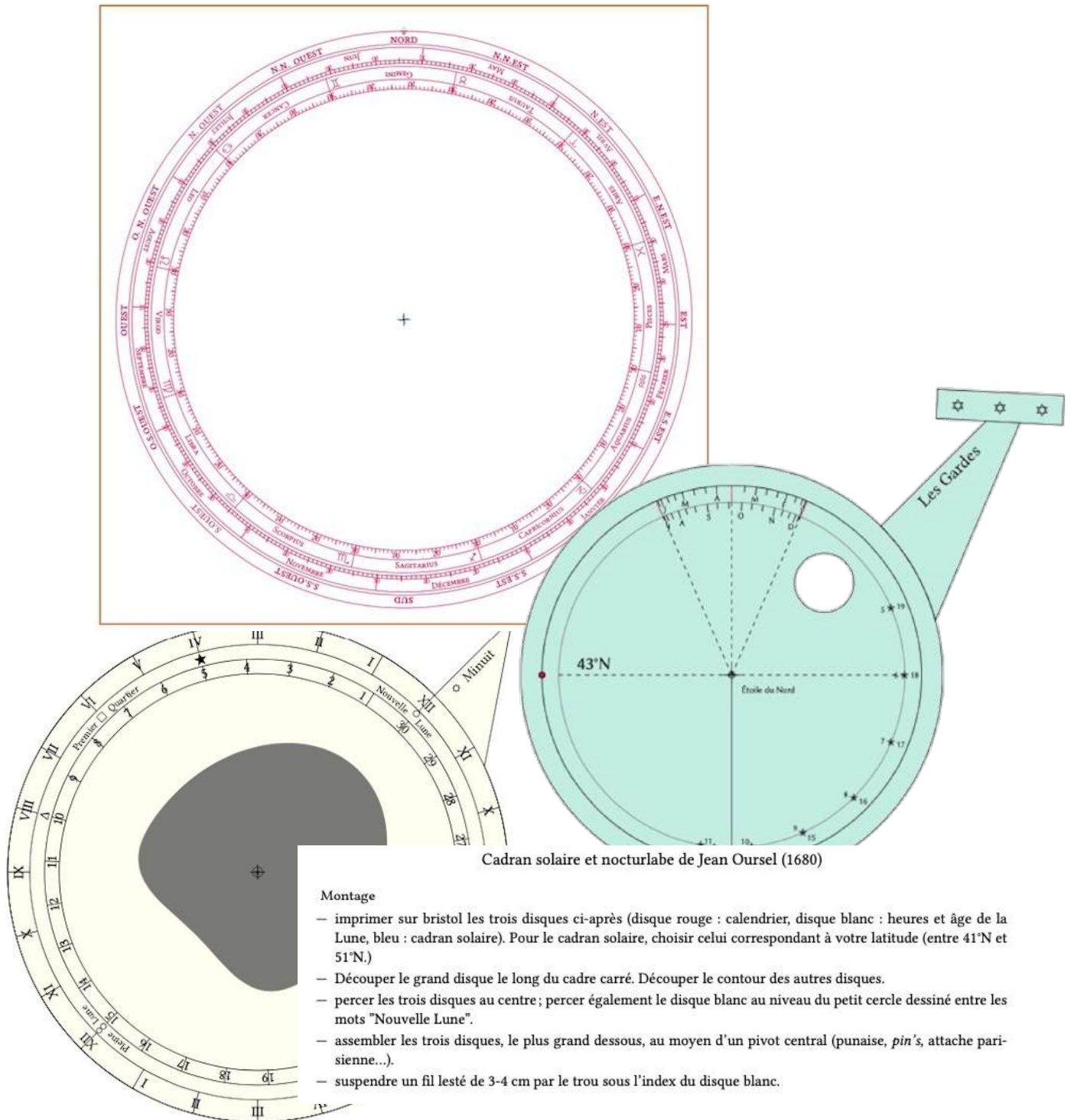
(ces deux articles sont disponibles en ligne : <http://clea-astro.eu/archives/web/>)

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

DOCUMENTS DISPONIBLES SUR LE SITE DE DAVID ALBERTO POUR FABRIQUER UNE VERSION MODERNISÉE DU « DOUBLE INSTRUMENT ASTRONOMIQUE D'OURSSEL » (UN NOCTURLABE ET UN CADRAN SOLAIRE) : UNE NOTICE DE MONTAGE ET 3 DISQUES À IMPRIMER.

À télécharger depuis <https://www.astrolabe-science.fr/gnomonique-almanach-oursel/>

À noter : la Polaire - à présent très proche du pôle - a été placée au centre de l'instrument. Du fait de la lente précession des équinoxes, les positions des étoiles varient au cours des siècles, rendant le nocturlabe d'Oursel obsolète. La date de passage de Kochab au-dessus de la Polaire est passée au 4 juin au lieu du 1^{er} mai. Pour le cadran solaire, le tracé est fourni pour les latitudes entières de 41° à 51°, couvrant la France métropolitaine, la Suisse, le Luxembourg, la Belgique et le Québec.



Il y a plus de trois ans déjà (au printemps 2023) nous vous avons proposé, dans ce magazine, un article¹ intitulé « ChatGPT et les cadrans solaires », dénonçant les approximations, voire les erreurs contenues dans les réponses de ce *chatbot* (ou agent conversationnel d'intelligence artificielle) mis au point par OpenAI, tout en reconnaissant qu'il était « bluffant », donnant des réponses instantanées et globalement satisfaisantes. Depuis lors l'intelligence artificielle (IA) a fait des progrès extrêmement rapides, et nous avons souhaité tester ces progrès en posant à ChatGPT la question suivante : *les cadrans solaires et leur science, la gnomonique, peuvent-ils donner lieu à des activités pédagogiques intéressantes dans le primaire et le secondaire ?* Nous vous laissons évaluer au fil de votre lecture, les réponses de ChatGPT à cette question, reportant notre propre évaluation en fin d'article.

Précision importante : nous avons choisi ChatGPT car nous l'avons choisi il y a 3 ans (c'était alors le chatbot le plus avancé) et que c'est peut-être le plus connu, mais nous n'avons rien pour ou contre ChatGPT et nous aurions certainement trouvé des réponses similaires avec tout autre agent conversationnel.

¹ https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2023/02/mag-CSpour-tous-n7_R-Torrenti.pdf

RÉPONSE DE CHATGPT

Oui, tout à fait. Les **cadrans solaires** et la **gnomonique** (la science qui étudie leur conception) sont d'excellents supports pédagogiques du primaire au secondaire. Ils permettent de relier plusieurs disciplines de manière concrète : sciences, mathématiques, géographie, histoire et même arts.

1. Comprendre le mouvement du Soleil (primaire – début collège)

On peut partir d'observations simples.

Activités possibles :

- Planter un bâton (gnomon) dans la cour et **observer l'ombre au fil de la journée**.
- Marquer les positions de l'ombre toutes les heures.
- Tracer la courbe obtenue et discuter :
 - Pourquoi l'ombre change de direction ?
 - Pourquoi elle est plus courte à midi ?

Notions travaillées :

- Rotation de la Terre
- Orientation Est / Ouest
- Notion de midi solaire

C'est une très bonne introduction aux bases de l'astronomie.

2. Construire un cadran solaire (primaire – collège)

Les élèves peuvent **fabriquer leur propre cadran solaire**.

- Cadran solaire horizontal en carton
- Cadran en papier avec gnomon plié
- Cadran solaire dans la cour de l'école

Compétences mobilisées :

- Lecture de l'heure
- Géométrie (angles, cercles)
- Orientation (Nord-Sud)

On peut aussi comparer l'heure du cadran avec l'heure d'une montre.

3. Activités mathématiques (collège – lycée)

La gnomonique permet d'aborder des notions mathématiques de façon appliquée.

Exemples :

- Calculer l'angle du gnomon en fonction de la latitude
- Comprendre pourquoi les lignes horaires ne sont pas espacées régulièrement
- Utiliser la trigonométrie pour tracer les lignes d'heure

Cela relie directement les mathématiques à une application réelle.

4. Géographie et sciences de la Terre

Les cadrans solaires permettent d'aborder :

- La latitude
- Les saisons
- L'inclinaison de l'axe terrestre
- Les fuseaux horaires

Les élèves comprennent aussi pourquoi un cadran solaire ne donne pas exactement l'heure de leur montre.

5. Histoire et patrimoine

Les cadrans solaires sont aussi un **objet culturel**.

On peut étudier :

- Les cadrans anciens dans les villages
- Leur rôle avant l'invention des horloges précises
- Les devises inscrites sur les cadrans

Dans des régions comme la Provence ou les Alpes, il en existe beaucoup sur les façades d'églises ou de maisons.

6. Activités artistiques et interdisciplinaires

Les élèves peuvent aussi :

- Décorer un cadran solaire
- Inventer une devise poétique
- Créer un cadran mural pour l'école

Cela mélange sciences, arts plastiques et littérature.

ChatGPT propose alors de compléter sa réponse par la description d'un mini-projet complet pour un collège/lycée : construire un cadran solaire fonctionnel dans la cour de l'école.

Construire un vrai cadran solaire pour l'école.

Durée : 4 à 6 séances

Séance 1 – Observer le Soleil

Activités : planter un gnomon, relever l'ombre, déterminer le midi solaire

Notions : rotation de la Terre, mouvement apparent du Soleil

Séance 2 – Comprendre la géométrie du cadran

On introduit la **latitude du lieu**. Pour un cadran horizontal, l'angle du gnomon = latitude (dans le sud de la France $\approx 43^\circ$ – 44°).

Notions : angles, trigonométrie (niveau collège/lycée).

Séance 3 – Tracer les lignes horaires

Les élèves peuvent :

- tracer les lignes avec un rapporteur
- utiliser un logiciel ou un générateur de cadrans

Ils découvrent que les lignes **ne sont pas régulières**.

Séance 4 – Construction

Matériel possible : bois, métal, pierre, peinture murale
Les élèves réalisent : le cadran, le gnomon, les chiffres, une devise

Séance 5 – Installation et test

Installer le cadran dans la cour.

Comparer : heure solaire / heure légale

On introduit : fuseaux horaires, équation du temps.

ChatGPT propose ensuite de réaliser un cadran analemmatique, « le plus spectaculaire » des cadrans solaires...

Principe

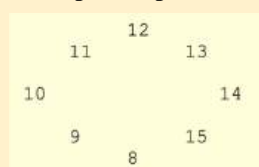
Les heures sont placées sur une **ellipse au sol**.

Mais le gnomon **se déplace selon la date**.

L'élève se place sur une ligne correspondant au mois.

Ensuite son ombre indique l'heure.

Exemple simplifié



Au centre se trouve une **ligne des mois**.

Intérêt pédagogique

Il permet d'expliquer :

- les saisons
- l'inclinaison de l'axe terrestre
- la variation de la hauteur du Soleil.

C'est souvent **le cadran préféré des projets scolaires**.

ChatGPT propose enfin de décrire une méthode simple pour tracer un cadran sans calculs.

Méthode

- Planter un gnomon vertical.
- Observer l'ombre chaque heure exacte.
- Marquer les positions pendant plusieurs jours.
- Relier les points.

Les lignes obtenues deviennent les lignes horaires du cadran. C'est très précis et les élèves découvrent la science par l'observation réelle.

Alors que pensez-vous des réponses de ChatGPT ?

De notre côté, comme dans l'exemple d'il y a 3 ans, si nous reconnaissons que la spontanéité des réponses est « bluffante » et l'apparence globale convenable, nous notons que l'ensemble, tant par sa structure que par ses textes, manque ostensiblement de rigueur. En outre, lorsque l'on en vient à des questions plus précises les réponses sont loin d'être sans défauts... L'exemple simplifié du cadran analemmatique est totalement erroné. Quant à la méthode simple ci-dessus, elle donne à penser que l'on peut, point par point et en seulement quelques jours, tracer un cadran d'azimut, ce qui est simplement grotesque...

Si, au lieu de demander à un chatbot de répondre à la question posée, nous avons fait des recherches sur l'Internet, nous aurions trouvé des ressources que des professeurs ont mis en ligne, décrivant leurs motivations, leurs projets, leur expérience, et en aurions déduit, certes moins spontanément, des réponses plus complètes et plus correctes, que nous aurions adaptées à nos besoins.

Sur un plan plus général, les progrès de l'IA sont tellement rapides (et non réglementés) que l'on ne peut ignorer les risques de l'IA sur la capacité de réflexion et le lien social (voire la santé mentale) d'utilisateurs addicts, l'impact néfaste sur l'environnement (eau, énergie), les conséquences du développement de l'IA dans le domaine militaire, la destruction d'emplois associée systématiquement aux progrès de l'IA, les perspectives dystopiques d'une intelligence artificielle générale (IAG) devenant autonome, etc. Enfin, que devient la vérité avec l'IA ? Pour paraphraser George Orwell, quand une IA affirmera demain $2 + 2 = 5$, combien de personnes croiront que c'est la vérité ?

Dans notre article de 2023 nous avons cité la parade d'un professeur : donner la réponse de l'IA à critiquer aux élèves. Aujourd'hui certains professeurs « objecteurs de conscience » ne veulent plus utiliser l'IA. À méditer...

SOLEIL, OÙ ES-TU ? Francis Reymann

Francis Reymann vous a déjà proposé dans ce magazine, sous la forme de fichiers Excel, plusieurs outils simples d'utilisation que les gnomonistes, même débutants, peuvent explorer facilement. Aujourd'hui c'est un nouvel outil¹ permettant de suivre la course du Soleil ... jour et nuit !

¹ <https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2026/03/Jour-solaire.xlsx>

L'idée est d'illustrer en grandeurs réelles les coordonnées locales de la position du Soleil, en un lieu donné, pour une heure donnée et pour toutes les heures d'une journée. Les heures s'entendent légales, donc dépendantes des méridiens horaires de référence (MHR).

Les coordonnées locales du Soleil sont :

- L'azimut, défini comme l'angle entre le plan vertical contenant la direction nord-sud et le plan vertical passant par le Soleil. Il est négatif vers l'Est et positif vers l'Ouest
- La hauteur, définie comme l'angle entre l'horizontale et le Soleil dans un plan vertical. La hauteur est positive lorsque le Soleil est levé, négative si le Soleil est couché.

Le « lieu » :

- Un lieu considéré est caractérisé par sa latitude, sa longitude ainsi que par le méridien horaire de référence dont il dépend.

Europe (page « Accueil ») :

- Conçu au départ pour les lieux d'Europe dépendant du fuseau +1 en heure d'hiver et +2 en heure d'été (Central European Time, CET, en anglais) avec les passages automatiques d'une heure à l'autre, le fichier a été élargi aux zones d'Europe de l'Est décalées d'une heure en plus et de l'Ouest décalées d'une heure en moins.

Monde (encart page « Tracés ») :

- Un encart apposé aux tracés permet de choisir tout endroit sur Terre (sauf zones entre les tropiques) avec le méridien horaire de référence associé.

Le fichier comporte les modalités de déclaration des données.

LES TRACÉS (FEUILLE « TRACÉS »)

Cadran central :

- C'est une rose des vents sur laquelle on peut lire les azimuts du Soleil du moment, du lever, du coucher, des crépuscules, des heures pleines, d'un moment quelconque.

Cadrans gauche et droite :

- On peut y lire les hauteurs du Soleil pour les mêmes moments que pour les azimuts.

- Il y a un cadran pour le Soleil montant (entre le lever et le midi solaire) et le « Soleil descendant » (entre le midi solaire et le coucher).

On remarquera que (hors zone tropicale toutefois) :

- L'observateur de l'hémisphère nord admire toujours la course du Soleil en regardant vers le Sud. Il voit le Soleil se lever sur sa gauche (Est) et se coucher sur sa droite (Ouest).
- L'observateur de l'hémisphère sud admire toujours la course du Soleil en regardant vers le Nord. Il voit le Soleil se lever sur sa droite (Est aussi) et se coucher sur sa gauche (Ouest aussi).

L'ensemble des cadrans du fichier s'adapte à ces orientations.

SOLEIL COUCHÉ/ CRÉPUSCULES

Les tracés prenant en compte toutes les heures pleines de la journée, ils représentent aussi les coordonnées du Soleil couché, en particulier des crépuscules pour lesquels on distingue :

- Le crépuscule civil (Soleil entre 0° et -6°). On a coutume de dire qu'il faut allumer la lumière à la fin du crépuscule civil.
- Le crépuscule nautique (Soleil de 0° à -12°). À la fin du crépuscule nautique la mer et le ciel se confondent à l'horizon.
- Le crépuscule astronomique (Soleil entre 0° et -18°). À -18° c'est la nuit noire.

Les azimuts des différents crépuscules sont représentés sur l'alidade des azimuts. On remarquera que pour des latitudes qui s'éloignent de l'équateur de plus de 49° environ les crépuscules « profonds » disparaissent progressivement autour du solstice d'été.

UTILISATION DU FICHIER

Position du Soleil du moment :

- C'est celle qui apparaît à l'ouverture du fichier ou suite à toute modification de donnée sous réserve de ne pas avoir demandé un jour ou une heure particulière sur la feuille « Tracés ».

Elle satisfait surtout notre curiosité quand le Soleil est caché ou voilé.

Simulations :

L'encart gauche de la feuille « Tracés » permet de simuler la position du Soleil pour tout endroit de la planète (hors zones tropicales) à tout moment. Tout paramètre qui n'est pas modifié en cellule bleue reprend la valeur du paramètre par défaut déclaré en feuille « Accueil ». Ainsi si on ne change que le quantième du mois, les mois et l'année restent ceux « par défaut ».

Exemple d'utilisation :

Lieu	Nice			
Latitude	Deg	Min.	Sec.	N ou S
Par défaut	47	44	58	N
Demandé	43	41	45	
Longitude	Deg	Min.	Sec.	E ou O
Par défaut	7	20	24	E
Demandé	7	16	17	
Date	Jour	Mois	Année	Jour
Par défaut	15	3	2026	Di
Demandé				
Heure	Heure	Minute		MHR
Par défaut	5	6		1
Demandé	11	0		

Simulation de date, d'heure :

- Intéressant par exemple pour l'éclairément de nos lieux de vie, éventuellement en fonction des obstacles environnants.

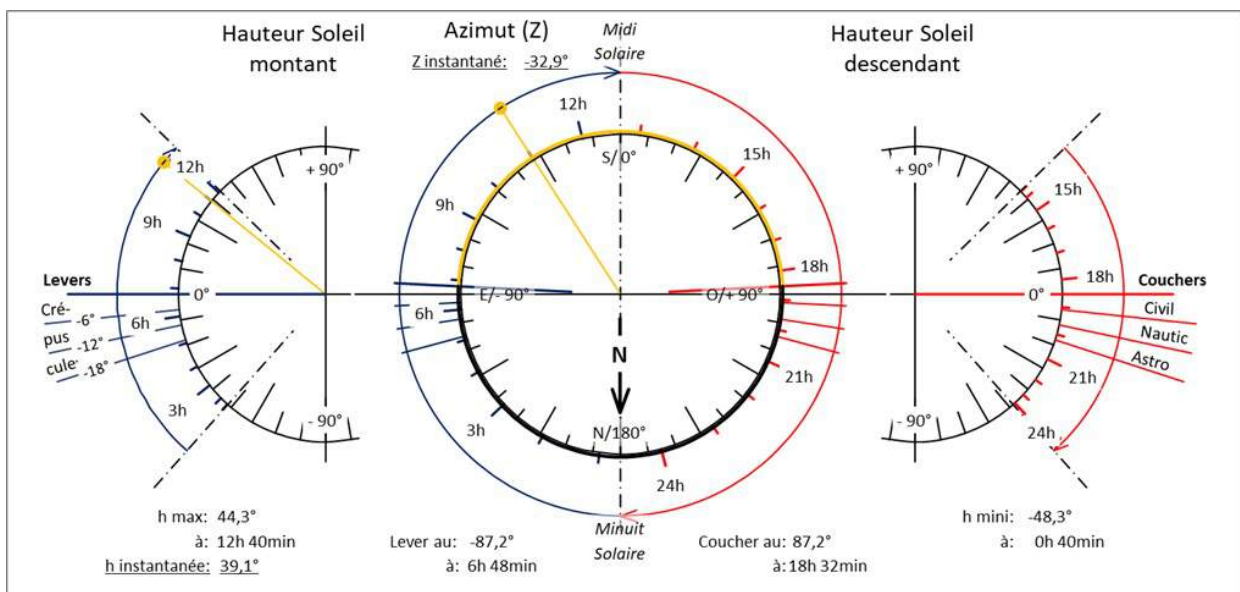
Simulation de lieux :

- Il est intéressant de constater les courses du Soleil pour des lieux très nordiques voire des calottes polaires parfois en nuits ou jours permanents. Et pourquoi pas pour des lieux de vacances, de séjours, de déplacements voire des lieux de vie de proches... lointains.

Les latitudes, longitudes et MHR par défaut sont ceux déclarés en page Accueil. Les dates et heures par défaut sont celles à l'ouverture du fichier.

Les paramètres demandés prennent le pas sur les paramètres par défaut. Ainsi les tracés prendront en compte le Soleil à Nice le 15 Mars à 11 h 00 (en MHR +1 qui est en vigueur le 15 Mars à Nice).

En cas de changement de lieu ne pas oublier de déclarer le MHR associé s'il est différent de celui par défaut.



Les indications des tracés suite aux données du tableau ci-dessus : hauteur à 11 h 00 (soulignée) : 39,1° / azimut à 11 h 00 (souligné) : - 32,9° / variation journalière de hauteur le 15/3/26 : de - 48,3° à 0 h 40 (minuit solaire) à 44,3° à 12 h 40 (midi solaire). A noter que l'amplitude de cette variation est la même pour un lieu donné quelle que soit la date.

Amplitude journalière de hauteur = $180^\circ - 2 \times \text{Absolu}(\text{Latitude})$

Variation journalière en azimut 15/3/26. Du lever au -87,2° à 6 h 48 au coucher à 87,2° à 18 h 32. On voit qu'à 9 h 00, le Soleil est à environ 23° de hauteur et - 62° d'azimut.

Code de couleurs : bleu pour les matins, rouge pour les après-midi, sur l'alidade « azimut » : liseré jaune pour le Soleil levé, noir pour le Soleil couché. Le Soleil et son rayon sont en jaune orangé.

Francis Reymann reymann.francis@orange.fr est ingénieur de formation et s'est intéressé par hasard mais avec passion au fonctionnement du système solaire, ce qui l'a conduit à concevoir diverses maquettes explicatives et à réaliser de nombreux cadrans solaires.

LES CADRANS SOLAIRES DE LAIGUEGLIA

Ferdinando Roveda

L'auteur nous emmène ici à la découverte d'un beau village de la côte ligure (Italie), entre Andora et Alassio, et nous décrit plus particulièrement deux cadrans solaires que vous ne manquerez probablement pas d'admirer si vous avez la chance qu'un voyage vous conduise dans cette région...



Laigueglia (43° 58' 28" N, 8° 09' 30" E) est un petit village balnéaire de Ligurie d'environ 1 700 habitants, bien connu aujourd'hui comme un lieu idéal pour des vacances d'hiver comme d'été, et avec une riche histoire derrière lui. C'est un village qui me tient particulièrement à cœur car c'est le lieu de naissance de ma grand-mère paternelle.

Comme toute ville, Laigueglia possède également des cadrans solaires, et cinq d'entre eux méritent l'attention. Ici nous n'en considérerons que deux en détail, mais vous invitons à consulter la base de données SundialAtlas, en particulier un chemin spécifique¹, dans lequel j'ai inclus également le cadran du village perché voisin de Colla Micheri où le célèbre anthropologue et explorateur Thor Heyerdahl a vécu ses dernières années (ce village fait partie de la municipalité voisine d'Andora, mais est facilement accessible depuis Laigueglia).

Les maisons de la partie la plus ancienne du village sont situées au bord de la mer, le long d'un itinéraire suivant la direction sud - nord : la meilleure façon d'observer ses cadrans solaires est donc de le longer à pied en partant de l'extrémité sud du village.

Le premier cadran solaire que vous croisez est vertical (photo 1) et placé à l'intérieur du jardin d'une splendide villa : malheureusement la végétation le cache en partie, et on ne peut donc le voir que si l'on choisit bien son point de vue.

Le cadran est très beau, de grande taille, exposé presque parfaitement au sud, et dessiné sur un mur d'une belle couleur rouge brique intense. Cette couleur (comme toutes celles dans les tons jaune et orange - et parfois même bleu) est l'une

des caractéristiques de l'architecture ligure : elle était autrefois utilisée pour peindre les bâtiments d'une couleur intense afin de permettre aux pêcheurs de reconnaître au premier coup d'œil leur maison lorsqu'ils étaient encore en mer, sur le chemin du retour.

D'un point de vue esthétique il est à la fois imposant et sévère, enrichi de peintures reproduisant des volutes et un grand vase en partie haute, un masque en partie centrale, et un rideau en partie basse. La devise, écrite en italien poétique, est peut-être unique : « Je me réjouis de vous donner l'heure / même si l'ombre est mon défaut / et le mois si vous voulez savoir / venez voir à midi ».

La première partie de la devise nous rappelle que l'ombre est le « défaut » du Soleil, son contraire : mais nous, gnomonistes, utilisons généralement le Soleil (qui est un symbole de lumière et de chaleur) pour générer une ombre (c'est-à-dire l'obscurité, le froid) afin d'obtenir les informations d'heure et de calendrier que nous recherchons. Les amateurs de psychanalyse se souviendront de l'analyse de Carl Gustav Jung sur l'ombre humaine, symbole de la « mauvaise » partie de nous-mêmes, celle que nous essayons de cacher et d'oublier, mais que nous portons toujours avec nous et dont nous ne pouvons nous séparer.

La deuxième partie de la devise est en revanche une référence claire à la fonction calendaire du cadran solaire : dans la partie inférieure, et seulement sur la ligne de midi, une boîte allongée contenant une échelle est encore partiellement visible, ce qui permet de relier la longueur de l'ombre du gnomon à la saison, permettant ainsi d'obtenir également, à midi solaire, cette deuxième information.

Dirigeons-nous maintenant vers le nord, en passant par la rue centrale ou en suivant la promenade du bord de mer, et arrivons ainsi à la jetée principale de la ville (connue sous le nom de « jetée de Coenda »), au sommet de laquelle se trouve le deuxième cadran dont nous traitons plus en détail dans cet article : un merveilleux cadran analemmatique horizontal (photo 2) ; c'est un cadran (peut-être le seul) littéralement construit au milieu de la mer.

Ce cadran indique le véritable fuseau horaire (Laigueglia se trouve à un peu plus de 27 minutes - en temps - à l'ouest du méridien central de l'Europe centrale) et est positionné au centre d'une rose des vents en marbre noir et blanc : ces couleurs sont une autre des caractéristiques de nombreuses constructions ligures de la fin du Moyen Âge, et permettent donc au cadran de très bien s'intégrer dans l'environnement dans lequel il se trouve.

Les références des heures, de l'échelle des quantièmes et des indications avec les noms des huit vents principaux sont réalisés par des gravures sur inserts spéciaux en cuivre ; le choix de ce matériau a également été dicté par la

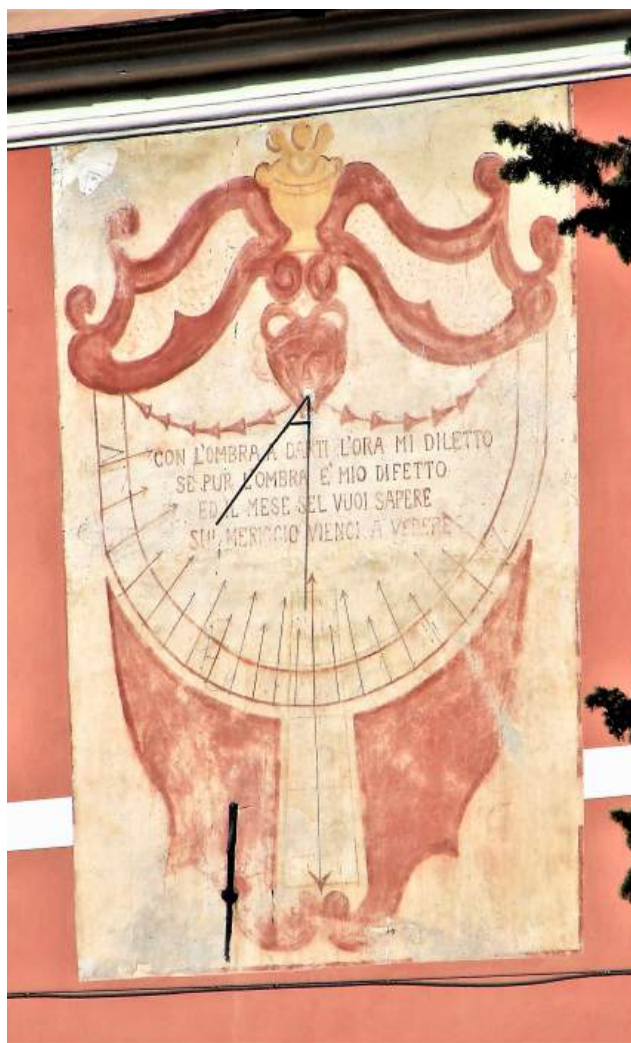


Photo 1

nécessité de résister à la corrosion due à la salinité : par mer agitée, il est en effet très facile que le cadran solaire soit mouillé par l'eau des vagues qui s'écrasent sur les rochers de la jetée.

Le cadran a été conçu par Lucio Maria Morra et mis en œuvre en 2012.

Une autre curiosité de ce cadran solaire est que, grâce à sa taille, on peut l'apercevoir depuis le ciel : si nous utilisons Google Maps, nous pourrions également le voir sous cette perspective absolument inhabituelle.

D'autres photos, avec des informations complémentaires, peuvent être trouvées sur le site de Lucio Maria Morra². On peut également voir sur YouTube³ une séquence, avec des vues aériennes, qui illustre très bien le positionnement unique de ce cadran.

Assis au milieu de la mer, respirant « un air au goût de sel » (c'est ce qu'écrivait Tommaso Schivo - un poète local - dans une de ses œuvres), sous un beau soleil mais rafraîchi par une légère brise, observant devant nous un beau cadran solaire : le paradis terrestre des gnomonistes... Et pas seulement des gnomonistes si l'on considère le paysage environnant.



Photo 2

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.

¹ www.sundialatlas.eu/atlas.php?sp=275

² <https://www.luciomariamorra.com/meridiane/opere/it-LMM-203.html>

³ <https://www.youtube.com/watch?v=HSmSIBQYox8>

JEUX ET ÉNIGMES

UNE DEVINETTE

SOLEIL : MASCULIN OU FÉMININ ?

Soleil est masculin en français et Lune est féminin, et c'est l'inverse en allemand : die Sonne et der Mond. Et dans les différents mythes et légendes associés au Soleil et à la Lune, qu'en était-il ? Dans les exemples choisis ci-dessous, un (seulement) est erroné : saurez-vous trouver l'intrus ?

- Dans la tradition japonaise, le Soleil est le kami (divinité ou esprit) Amaterasu, sœur de Tsukuyomi, kami de la Lune.
- Dans la mythologie nordique, Sol est déesse du Soleil et Máni dieu de la Lune.
- Dans l'Égypte antique, Râ (ou Rê) était le dieu Soleil, qui aurait été mis au monde, selon certaines sources, sous la forme d'un œuf.
- Dans la mythologie grecque, c'est Apollon, fils de Zeus, qui incarne le Soleil et est personnifié sous le nom d'Helios, dont le char a permis à Hercule de réaliser l'un de ses douze travaux.
- Pour les Nordiques, la divinité Mundilfari a donné à son fils le nom de Máni (Lune) et à sa fille celui de Sól (Soleil).
- Chez les Aztèques, Tonatiuh était le dieu du Soleil qui exigeait des sacrifices humains afin de continuer à se mouvoir dans le ciel.
- Dans la mythologie congolaise, le dieu Lisa symbolise le Soleil.



Rê à bord de sa barque

UNE ÉNIGME

QUAND UNE CARTE POSTALE DEVIENT UN CADRAN SOLAIRE...

Une énigme, ou plutôt un exercice gnomonique intéressant, s'adressant même aux débutants !

Sur son site¹ Martins Gills, qui nous avait présenté dans ce magazine les cadrans solaires de Lettonie², montre une carte postale qu'il a imaginée, représentant la belle ville de Riga, et qui, une fois découpée, se transforme en un cadran solaire horizontal. Sauriez-vous concevoir une telle carte postale que vous désirez envoyer à un ami (vous connaissez les coordonnées de son lieu de résidence) ?

¹ <https://tempus-sol.eu/>

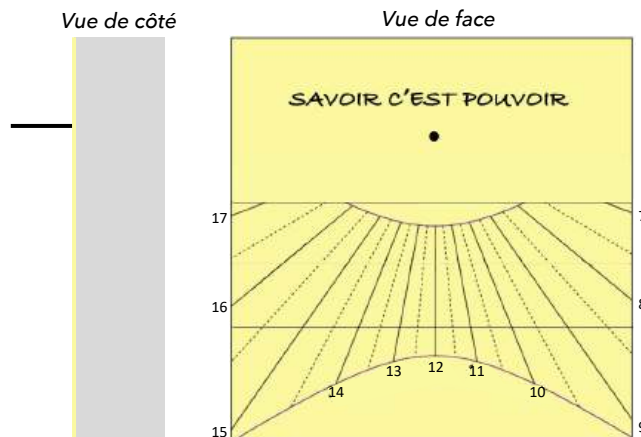
² https://www.cadrans-solaires.info/wp-content/uploads/2025/05/mag-CSpourtous-n16_M-Gills.pdf



UN TEST RAPIDE

TROIS ERREURS MANIFESTES

Un collège de la région lyonnaise a lancé un concours pour la conception et la réalisation d'un cadran solaire destiné à orner la façade sud du bâtiment principal. Membre du jury, une professeure de sciences du collège a commencé à examiner les candidatures reçues et tombe sur celle illustrée ci-dessous (un cadran à gnomon horizontal) dont elle aime bien la devise « SAVOIR C'EST POUVOIR ». Mais elle relève rapidement trois erreurs manifestes dans le projet. Vous sautent-elles aux yeux ?



UN PROBLÈME GNOMONIQUE

UNE JOURNÉE MAGIQUE

Vous demandez à l'un de vos amis, que vous n'avez pas vu depuis longtemps, quel a été son dernier voyage. Il vous répond : « J'ai enfin pu, récemment, réaliser mon rêve, celui de rester au même endroit pendant 24 h et de voir le Soleil tourner autour de moi en restant à la même hauteur, juste au-dessus de l'horizon, une journée magique ! ». Il ajoute « Bon, au bout de 24h le Soleil était quand même un petit peu monté sur l'horizon ».

Connaissant votre intérêt pour l'astronomie et plus particulièrement pour la gnomonique, il vous demande alors malicieusement :

- Où donc suis-je allé, et à quelle date ?
- Peux-tu préciser le « petit peu » : de combien le Soleil est-il monté sur l'horizon en une journée ?



SOLUTIONS DES JEUX ET ÉNIGMES

UNE DEVINETTE

Seule la dernière affirmation comporte une erreur car ce n'est pas au Congo mais au Dahomey que le dieu Lisa symbolise le Soleil !

*Le caméléon, symbole de Lisa, marchant sur un fil entre la Lune et le Soleil
(porte du palais royal d'Abomey Atelier Sossa Dede, vers 1889, exposée au musée du quai Branly)*



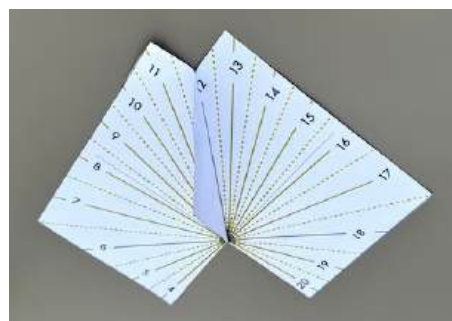
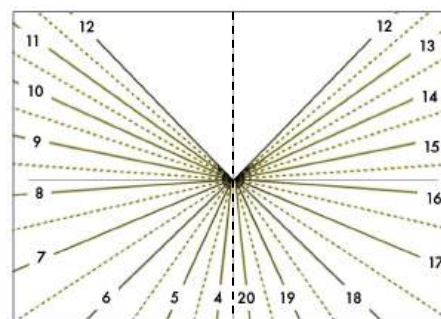
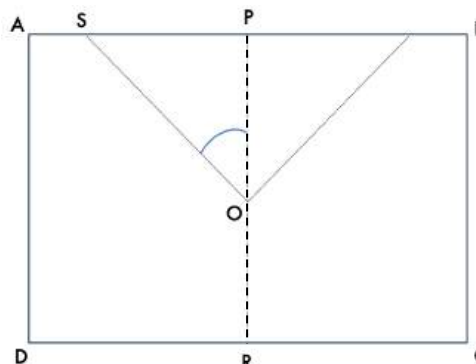
UNE ÉNIGME

La méthode est simple:

- Découper une feuille de carton ABCD de dimension correspondant à celle d'une carte postale (format A6 : 14,8 cm de long sur 10,5 cm de large).
- Tracer la droite PR qui partage la carte en 2 et choisir un point O sur cette droite, situé environ au milieu de PR.
- Tracer le segment OS tel que l'angle POS soit égal à la latitude du lieu d'utilisation.
- À l'aide d'un logiciel gratuit en ligne tel que Tracad¹ ou CadSolOnline² (ou d'un logiciel en téléchargement gratuit tel que Shadows³), tracer les lignes horaires de 4 h (solaire) à 12 h puis les reproduire sur la partie gauche de la carte, la ligne de 12 h devant se confondre avec le segment OS. Faire de même pour les lignes de 12 h à 20 h.

Lorsque votre ami aura reçu votre carte postale, il ne lui restera qu'à découper avec une paire de ciseaux le segment RO et à faire les pliages nécessaires. Il devra orienter correctement ce cadran horizontal : la ligne de 12 h est dans la direction nord-sud et le style du cadran pointe vers le nord. Il pourra alors utiliser votre « cadran - carte postale » toute l'année !

Bien entendu vous aurez au préalable convenu d'un fond pour ce cadran, plus esthétique que le fond blanc choisi ici, ainsi que des ornements pour les côtés du style. Vous pouvez également penser à demander au logiciel utilisé de tracer des lignes horaires tenant compte de la longitude et convenir d'un double affichage des marques horaires afin de disposer d'un cadran donnant l'heure de la montre à l'équation du temps près... mais vous pouvez aussi faire figurer l'équation du temps sur un côté du style !



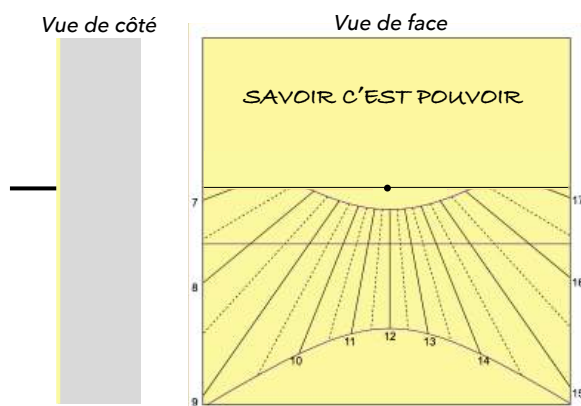
¹ <https://gnomonique.fr/forum/viewtopic.php?t=151>

² <https://cadsolonline.web-pages.fr/>

³ <https://www.shadowspro.com>

UN TEST RAPIDE

Le candidat a été pour le moins étourdi en traçant son cadran : il a fixé le gnomon horizontal au centre du cadran (où se rejoignent les lignes horaires) et non à l'endroit indiqué sur cette version corrigée ; et il a écrit les marques horaires dans le sens horaire alors qu'elle se répartissent dans le sens antihoraire. Enfin sa droite des équinoxes a été mal placée car elle est, comme représentée ci-dessous, plus proche de l'arc du solstice d'hiver que de celui du solstice d'été.

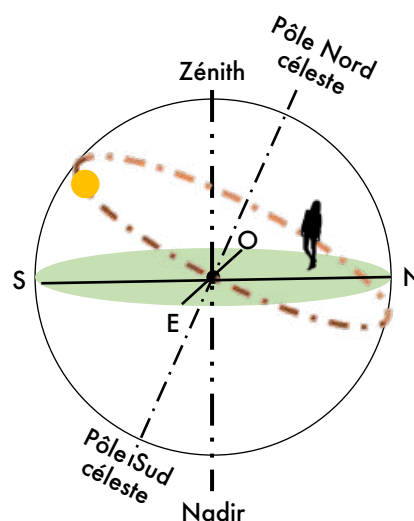


UN PROBLÈME GNOMONIQUE

Considérons la sphère céleste locale ci-dessous : la course journalière du Soleil autour de l'observateur n'est parallèle au plan horizontal que lorsque l'axe des pôles se confond avec l'axe zénith - nadir, c'est-à-dire au pôle Nord (de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne) et au pôle Sud (le reste de l'année). Comme votre ami parle d'un séjour « récent » et que le Soleil était « juste au-dessus de l'horizon » et « un petit peu monté » en 24 h, il était au pôle Nord peu de jours après l'équinoxe de printemps !

Répondons maintenant à la question « de combien le Soleil est-il monté ? » (on ne tiendra pas compte de la réfraction dans les calculs, afin de les simplifier). Au pôle Nord, la hauteur du Soleil est égale à sa déclinaison d , qui est, dans le cas présent, proche de 0° . Comme on se situe juste après l'équinoxe de printemps, la longitude L du Soleil¹ est, elle aussi, proche de 0° . Ces grandeurs sont reliées par la relation $\sin d = \sin L \cdot \sin e$, e étant l'obliquité de l'écliptique égale à $23,44^\circ$. Puisque d et L sont proches de 0° on peut confondre les sinus avec leurs angles en radian², d'où $d(\text{en radian}) \approx L(\text{en radian}) \cdot \sin e$.

En changeant les unités d'angle la relation reste homogène et $d(\text{en degré}) \approx L(\text{en degré}) \cdot \sin e$. L'augmentation moyenne de L étant de $(360/365,25)^\circ$ par jour, la réponse à la question « de combien le Soleil est-il monté sur l'horizon en une journée ? » est donc environ $(360/365,25)^\circ \cdot \sin 23,44^\circ$ ce qui donne $0,392^\circ$ (proche donc du diamètre solaire de $0,5^\circ$). La valeur exacte, qui prend en compte le mouvement képlérien, est de $0,395^\circ$.



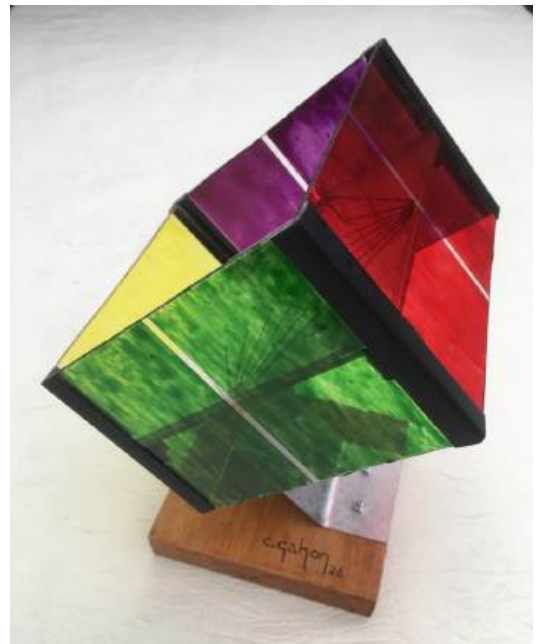
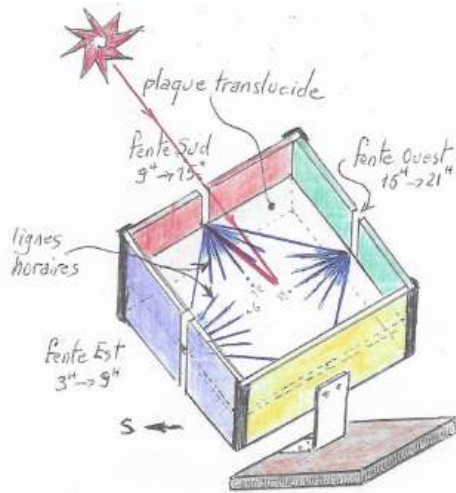
¹ La longitude du Soleil est l'angle dont le Soleil s'est déplacé le long du plan de l'écliptique, mesuré à partir de l'équinoxe de printemps (lorsque le Soleil est au « point vernal »). Il est donc égal à 0° à l'équinoxe de printemps.

² Lorsque x tend vers 0, la tangente à la courbe $y = \sin x$, de pente égale à $\cos x$, tend vers 1, donc la courbe $y = \sin x$ se confond avec la courbe $y = x$, autrement dit $\sin x$ tend vers x quand x tend vers 0.



COLOR BOX

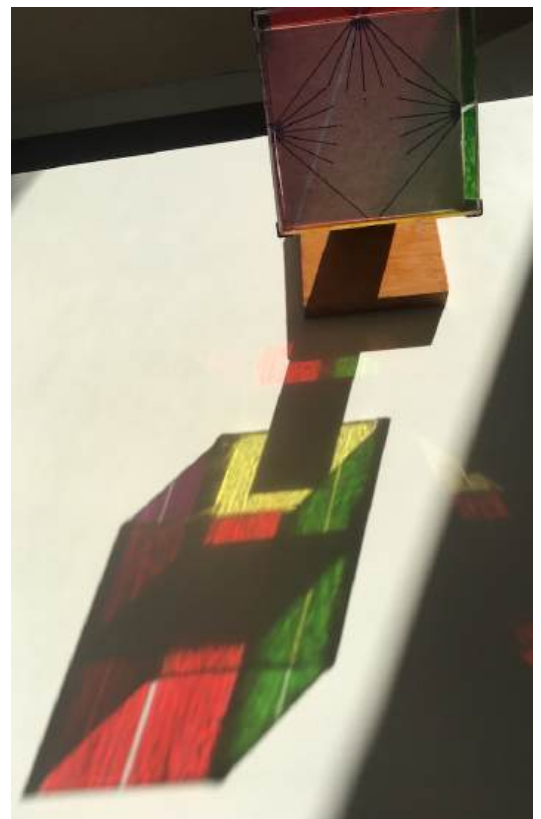
Cette page de *Cadran solaires pour tous* est traditionnellement consacrée à l'une des créations du prolifique gnomoniste-cadranier Claude Gahon claudegahon@yahoo.fr, membre du comité éditorial de ce magazine. Comme la plupart de ses créations, celle présentée ici est originale, simple, esthétique, et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



Cadran de type "équatorial" à plusieurs styles.
Chaque fente est un style parallèle à l'axe polaire et possède ses propres lignes horaires réparties tous les 15°.
La plaque translucide est à mi-hauteur des côtés de la "boîte", elle est parallèle au plan équatorial.
Cette plaque permet, par transparence, une lecture des heures de la période "automne-hiver", quand le soleil est sous le plan équatorial.
L'heure s'apprécie selon la position du rai de lumière sur les lignes horaires.
Sur le croquis ci-dessus on peut estimer à environ 11h15.

Nota : l'appareil est réglable en latitude grâce à la flexibilité de la plaque du pied.

c.gahon



CRÉDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS



- Couverture : Photo MA2F
- Page 2 : Dessin Esteban Martínez
- Page 3 : Document Wikimedia Commons (Auteur : jimnista - Fichier : Sunset Beach Eclipse May 20th 2012.jpg - Licence CC BY 2.0)
- Page 6 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Jack Weir - Fichier : Land on the Moon 7 21 1969-repair.jpg - Domaine public) - Photo extraite du site mentionné - Photo Martins Gills
- Page 7 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Sascha Kohlmann - Fichier : Man Reading Newspaper (92181097).jpeg - Licence CC BY 3.0) - Photo extraite du site mentionné - Photo Roger Torrenti
- Pages 8-9 : Illustrations Yvon Massé
- Pages 10-11 - Photos mises à disposition par l'auteur
- Pages 12-13 - Illustrations Pierre-Louis Cambefort - Document Wikimedia Commons (Auteur : Jfishburn - Analemma fishburn.tif - Licence CC BY 3.0)
- Page 15 : Photos mises à disposition par l'autrice
- Page 16-17 : Illustrations Henri Gagnaire - Document Wikimedia Commons (Auteur : JeanLibou - Fichier : Transito del Sole all'equinozio.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Pages 18-19 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Moonraker - Fichier : Stonehenge winter solstice gathering, 22 December 2018.jpg - Licence CC BY-SA 3.0) - Illustrations Yves Opizzo - Document Wikimedia Commons (Auteur : Vicky WJ - Fichier : Stonehege (2148722919) (cropped).jpg - Licence CC BY-SA 2.0)
- Pages 20-21 : Illustrations José Luis Tetuán
- Pages 22-23 : Illustrations Roger Torrenti
- Pages 24-27 : Illustrations David Alberto
- Page 31 : Illustrations Francis Reymann
- Pages 32-33 : Photos Ferdinando Roveda
- Page 34 : Document Wikimedia Commons (Fichier : Ra Barque.jpg - Domaine public) - Photos Martins Gills
- Page 35 : Illustration Roger Torrenti - D'après document Wikimedia Commons (Auteur : Gzen92 - Fichier : Coucher de soleil à Canari (8).jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 36 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Atelier Sossa Dede/ phot. Ji-E - Fichier : Porte du palais royal d'Abomey-N° 71.1893.45.6-Musée du Quai Branly (3).jpg - Licence CC BY-SA 4.0) - Illustrations et photo Roger Torrenti
- Page 37 : Illustrations Roger Torrenti
- Page 38 : Photos et illustration Claude Gahon
- Page 39 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Moussa Kalapo - Fichier : Femmes Photographes.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 41 : Illustration Yves Opizzo
- Page 42 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Gravure de Sidney Barclay - Fichier : Colosse de Rhodes (Barclay).jpg - Domaine public)



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

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

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

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

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

La version papier de chaque numéro peut enfin être commandée depuis

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

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

Dépôt légal BNF : juin 2026

ISSN 2824-057X

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

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

A compilation of all issues can also be downloaded from

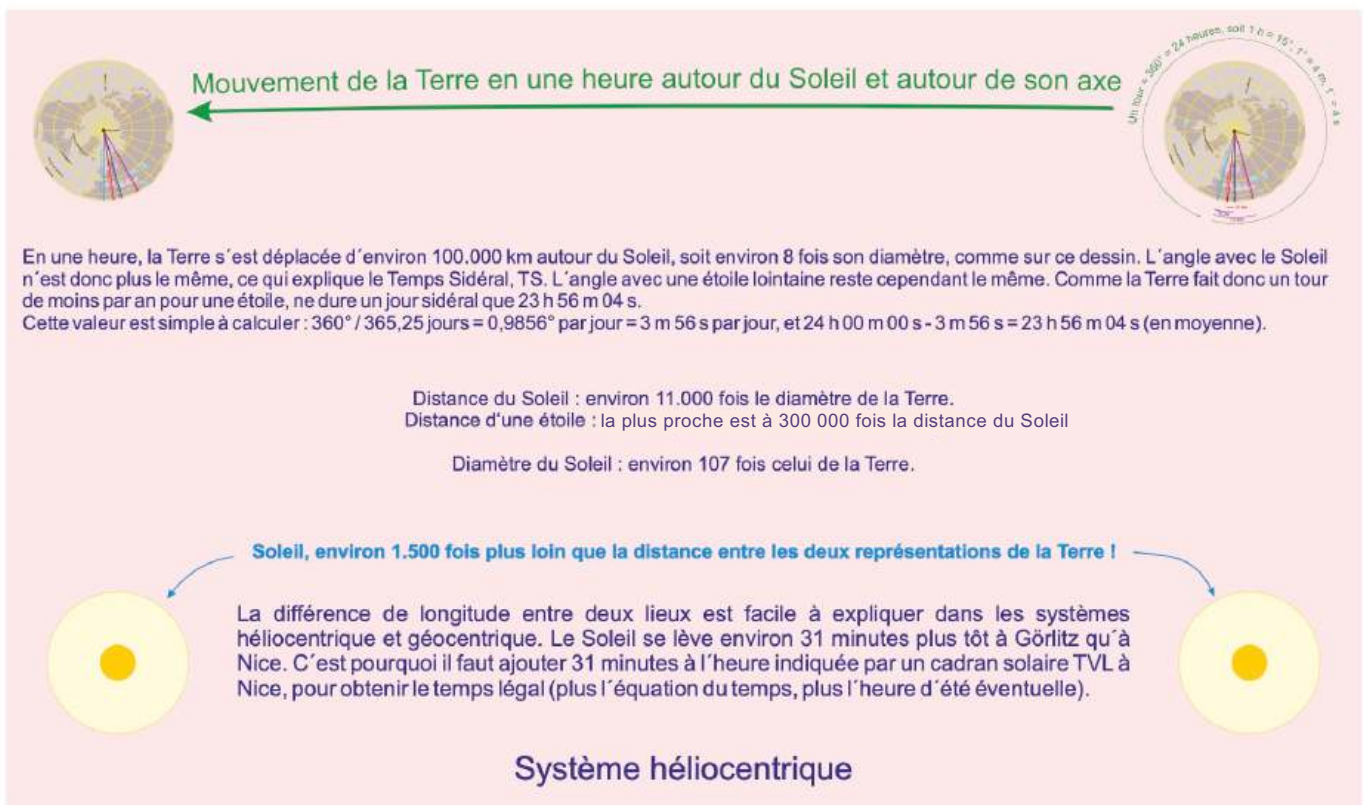
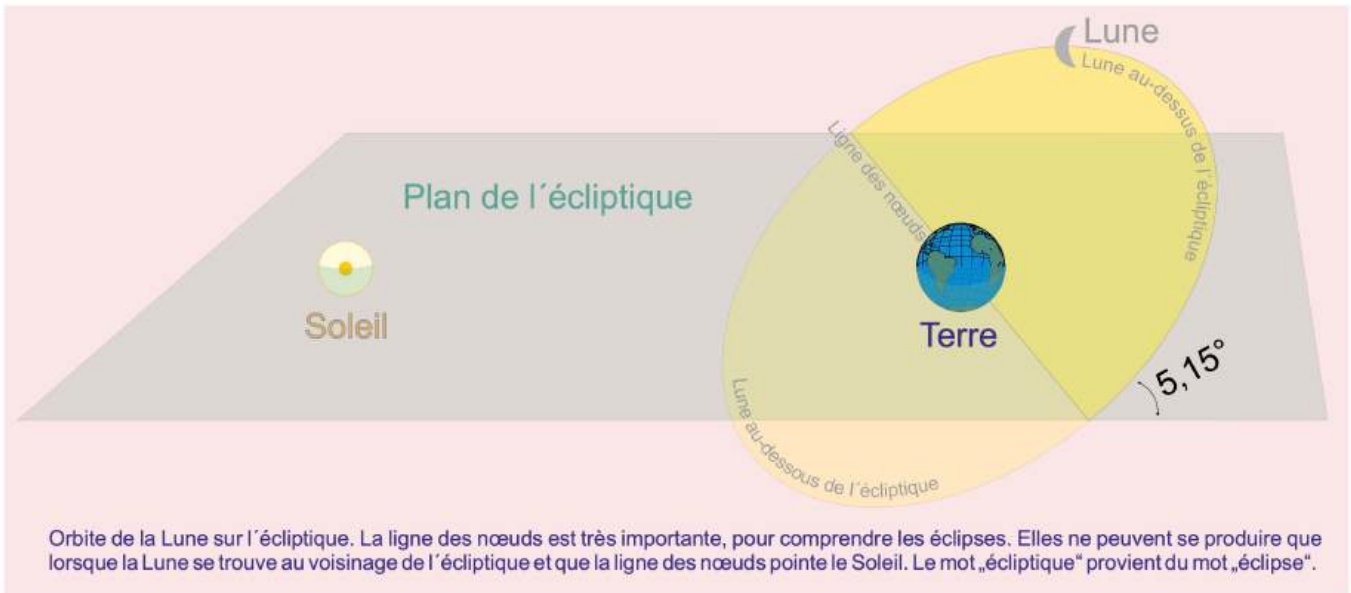
The paper version of each issue can also be ordered from

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

BNF Legal deposit: June 2026

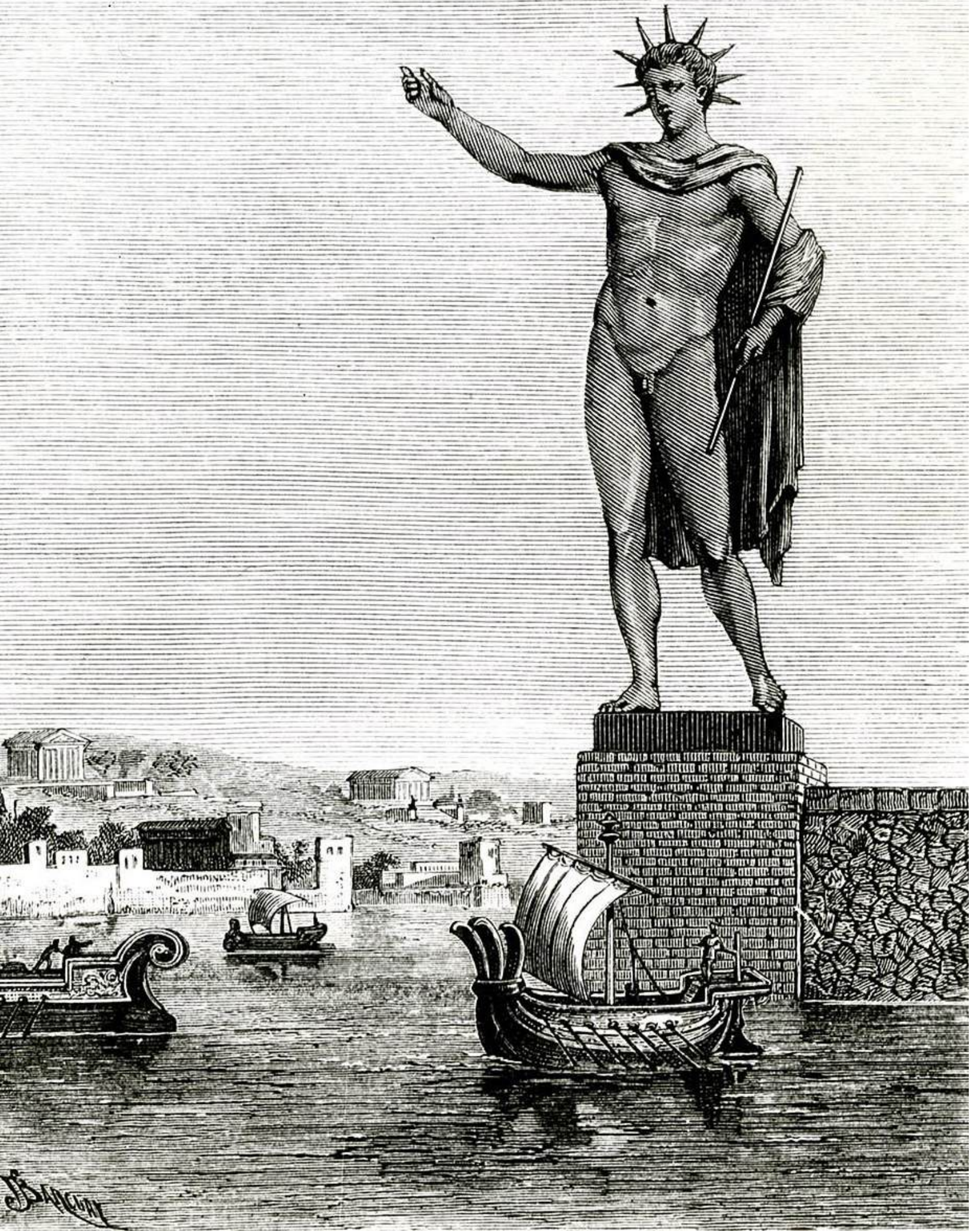
ISSN 2824-057X

Contact : contact@cadrans-solaires.info



CI-DESSUS - Deux des nombreux posters didactiques qu'Yves Opizzo, membre du comité éditorial de ce magazine, a créés, et qu'il utilise lors d'expositions et autres événements astronomiques ou gnomoniques. Le premier est consacré à « La ligne des nœuds », le second au « Système héliocentrique ».

PAGE SUIVANTE - Le colosse de Rhodes de 32 m de haut, l'une des « sept Merveilles du monde », était dédié au dieu Hélios (dieu du Soleil) auquel l'île de Rhodes livrait un culte important dans la Grèce antique.



BANCHE