

# **Jeux et énigmes sur la gnomonique et les cadrans solaires**

**Devinettes, énigmes, problèmes, et tests rapides**

**Roger Torrenti**

**Juin 2024**

Publié en juin 2024 sous licence Creative Commons BY-NC-SA  
(Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Partage à l'identique)  
Pour plus de détails voir <https://creativecommons.org>



978-1-4476-3065-4  
Imprint: Lulu.com



*À mes amis,  
membres du comité éditorial  
du magazine « Cadrans solaires pour tous »*

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

## Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>Jeux et énigmes .....</b>	<b>11</b>
Pourquoi la ligne de midi n'est-elle pas verticale ?.....	12
Êtes-vous sûr de votre date de naissance ?.....	13
H est-il plus grand que L ?.....	14
Testez vos connaissances générales sur les cadrans solaires....	15
Un cadran solaire conçu pour une mauvaise latitude... ..	17
Quelle heure est-il au pôle Sud?.....	18
Veiller à ce que les enfants ne se blessent pas... ..	19
Heures intruses... ..	20
Un cadran solaire sur un mur nord .....	21
Une mystérieuse signature.....	22
Plus grand que son ombre... ..	23
A propos de gnomons.....	24
Quel est ce type de cadran ? .....	25
De mystérieuses lignes tracées sur un cadran... ..	26
Lire l'heure avec une ficelle.....	27
Qui a écrit... ..	28
Que fait cette enfant ? .....	29
En y regardant de plus près... ..	30
Parcours de l'ombre d'un bâton à la Réunion ?.....	31
Que représente cette figure ? .....	32
En relisant « Le temple du Soleil »... ..	33
Un demi-analemme.....	34
Un style plus stable... ..	35
Votre voisin vous demande.....	36

Trop de cadrans solaires ? .....	37
Pourquoi un double cadran ? .....	38
Où se situe ce cadran ? .....	39
Trop de lignes ! .....	40
Des médaillons disséminés dans Paris.....	41
Quel jour sommes-nous ? .....	42
Où chercher midi à quatorze heures ? .....	43
Un curieux cadran solaire.....	44
Et si l'on inclinait le cube ? .....	45
L'énigme du grand mage.....	46
En bon citoyen.....	47
Un poing levé dans la nuit.....	48
Trouvez l'intrus.....	49
Sur le mur d'une église.....	50
Deux fois plus haut ! .....	51
Éclairement d'un cadran solaire.....	52
Qui s'est trompé ? .....	53
Des jours de la semaine à l'ordre des planètes... ..	54
Éclairer une place de village.....	55
Votre mission, si vous l'acceptez... ..	56
Quelle est l'affirmation incorrecte ?.....	57
Une curieuse poche .... ..	58
Votre ami, artiste renommé... ..	59
Un cadran équatorial à style horizontal.....	60
<b>Solutions des jeux et énigmes .....</b>	<b>61</b>
Pourquoi la ligne de midi n'est-elle pas verticale ? .....	62
Êtes-vous sûr de votre date de naissance ? .....	63
H est-il plus grand que L ? .....	64
Testez vos connaissances générales sur les cadrans solaires....	65

Un cadran solaire conçu pour une mauvaise latitude.....	66
Quelle heure est-il au pôle Sud?.....	67
Veiller à ce que les enfants ne se blessent pas... ..	68
Heures intruses... ..	69
Un cadran solaire sur un mur nord .....	70
Une mystérieuse signature.....	71
Plus grand que son ombre.....	72
A propos de gnomons.....	73
Quel est ce type de cadran ?.....	74
De mystérieuses lignes tracées sur un cadran... ..	75
Lire l'heure avec une ficelle.....	76
Qui a écrit... ..	77
Que fait cette enfant ? .....	78
En y regardant de plus près.....	79
Parcours de l'ombre d'un bâton à la Réunion ?.....	80
Que représente cette figure ? .....	81
En relisant « Le temple du Soleil »... ..	82
Un demi-analemme.....	83
Un style plus stable... ..	84
Votre voisin vous demande.....	85
Trop de cadrans solaires ? .....	86
Pourquoi un double cadran ?.....	87
Où se situe ce cadran ?.....	88
Trop de lignes !.....	89
Des médaillons disséminés dans Paris.....	90
Quel jour sommes-nous ? .....	91
Où chercher midi à quatorze heures ?.....	92
Un curieux cadran solaire.....	93
Et si l'on inclinait le cube ? .....	94

L'énigme du grand mage.....	95
En bon citoyen.....	96
Un poing levé dans la nuit.....	97
Trouvez l'intrus.....	98
Sur le mur d'une église.....	99
Deux fois plus haut ! .....	100
Éclairage d'un cadran solaire.....	101
Qui s'est trompé ? .....	102
Des jours de la semaine à l'ordre des planètes... ..	103
Éclairer une place de village.....	104
Votre mission, si vous l'acceptez... ..	105
Quelle est l'affirmation incorrecte ?.....	106
Une curieuse poche .... ..	107
Votre ami, artiste renommé... ..	108
Un cadran équatorial à style horizontal.....	109
<b>Crédits photos et illustrations .....</b>	<b>111</b>





# Introduction

Le contenu de cet ouvrage est issu des 12 premiers numéros du magazine trimestriel « Cadrans solaires pour tous » lancé fin 2021<sup>1</sup>

L'ouvrage regroupe plus précisément les devinettes, énigmes, problèmes gnomoniques, et tests rapides de la section « Jeux et énigmes » de chaque numéro du magazine paru à ce jour, soit un total de 48 jeux et énigmes, accompagnés des 48 solutions.

Une façon différente, ludique, de tester ou d'améliorer ses connaissances, de se familiariser avec les cadrans solaires et leur science : la gnomonique...

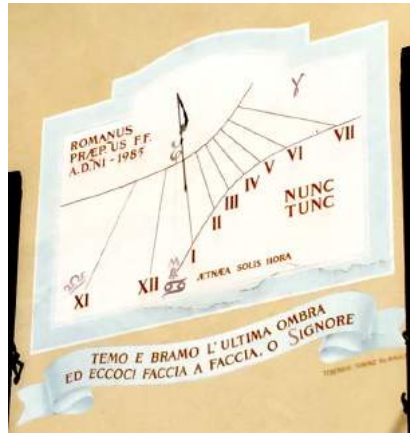
---

<sup>1</sup> <https://www.cadrans-solaires.info/le-magazine/>



# **Jeux et énigmes**

## Pourquoi la ligne de midi n'est-elle pas verticale ?



Dès vos premiers pas dans le domaine des cadrans solaires vous apprenez que, logiquement, la ligne de 12 h d'un cadran solaire dessiné sur un mur vertical plein sud est verticale (et que les lignes de 6 h et 18 h sont sur la même droite horizontale).

Pourtant en flânant dans les rues d'un village (ici Limone en Italie) vous apercevez un cadran dessiné sur un mur vertical plein sud dont la ligne de 12h n'est pas verticale. Le gnomoniste - cadranier a-t-il commis une erreur ?

PS : la question est aussi pertinente si vous découvrez un cadran horizontal dont la ligne de 12 h n'est pas dans la direction nord-sud (ni les lignes de 6 h et 18 h sur une même droite est-ouest...)

*Solution page 62*

## Êtes-vous sûr de votre date de naissance ?



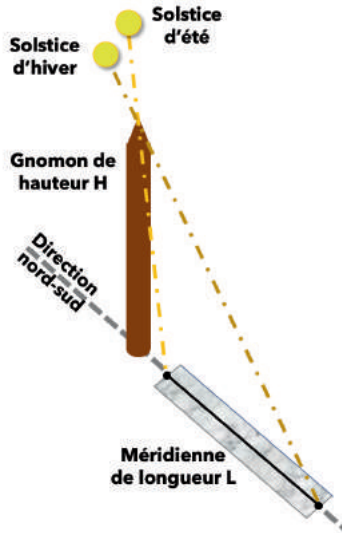
Si l'on vous demande votre date de naissance, vous n'hésitez pas une seconde et, si quelqu'un en doute, vous lui montrerez une pièce d'identité confirmant indéniablement votre affirmation.

Mais si l'on vous demande quel jour l'homme a posé pour la première fois le pied sur le sol lunaire (Neil Armstrong lors de la mission Apollo 11) vous risquez d'avoir quelques surprises avec des interlocuteurs étrangers, qui pourraient, par la même occasion, contester votre date de naissance...

Essayez de réfléchir pourquoi avant de consulter la solution...

*Solution page 63*

**H est-il plus grand que L ?**



Vous avez décidé de réaliser une méridienne (c'est-à-dire un cadran solaire indiquant, seulement, le midi solaire) : vous notez sur le sol, au centre d'une plaque, les différents endroits où l'ombre de la partie supérieure du gnomon (de hauteur  $H$ ) sera à midi solaire tout au long de l'année, en délimitant cette plaque à sa partie utile, de longueur  $L$ , déterminée par les positions de l'ombre, à midi solaire, aux 2 solstices.

H est-il plus grand que L ?

*Solution page 64*

## **Testez vos connaissances générales sur les cadrans solaires**

Comment appelle-t-on l'endroit sur lequel les lignes horaires d'un cadran sont tracées ?

- La table
- La plaque
- Le plan

Comment appelle-t-on la tige qui, par son ombre, indique l'heure sur un cadran solaire mural ?

- L'indicateur
- La flèche
- Le style

Aux pôles, combien de temps peut fonctionner un cadran solaire ?

- 3 mois
- 6 mois
- Toute l'année

Si l'on utilise une boussole pour déterminer le nord géographique, il ne faut pas oublier de corriger la lecture par la valeur de :

- La latitude du lieu
- La déclinaison du Soleil
- La déclinaison magnétique

Qui sont les artisans-artistes spécialisés dans la réalisation et la rénovation des cadrans solaires ?

- Les cadraniers
- Les cadranniers
- Les cadranistes

On peut (dans l'hémisphère nord) tracer un cadran solaire sur un mur plein nord

- Oui, mais il ne fonctionnera que si le mur est situé au pôle Nord
- Oui, mais il ne fonctionnera que le matin et le soir en été
- Non, il ne peut fonctionner

Une méridienne est un cadran solaire particulier :

- On y lit seulement le midi solaire
- L'ombre du Soleil ne peut s'observer que depuis une position assise
- Elle servait au XIX<sup>e</sup> siècle à marquer l'heure de la sieste (qui se disait alors méridienne)

Le style des cadrans les plus couramment dessinés sur les murs est incliné selon :

- la longitude
- le libre choix du cadranier
- l'axe de rotation de la Terre

*Solutions page 65*



## Un cadran solaire conçu pour une mauvaise latitude...



On vient de vous offrir un beau cadran horizontal à installer sur le rebord de votre fenêtre, sur votre balcon, ou sur une colonne dans votre jardin si vous en possédez un !

Vous appréciez le cadeau mais rencontrez un petit problème... Le cadran a été très bien tracé, par un gnomoniste de toute confiance, mais pour une latitude de  $55^\circ$  alors que la latitude de votre lieu d'habitation, près de Nantes, est de  $47^\circ$  environ !

Que faire ? Accepter que le cadran ne soit pas précis ? Retourner le cadeau ? Faire une correction de lecture ? Ou... ?

*Solution page 66*

## Quelle heure est-il au pôle Sud?



Votre amie vient de rejoindre l'équipe de recherche de la station américaine Amundsen-Scott au pôle Sud et va avoir la chance d'y passer 3 mois.

N'ayant pas de nouvelles d'elle depuis son arrivée prévue à la station, vous vous apprêtez à la joindre par téléphone mais hésitez... Quelle heure est-il au pôle Sud alors que tous les fuseaux horaires s'y rejoignent et que vous ne pouvez donc pas calculer le décalage horaire avec ce lieu ?

Et si votre amie avait décidé d'atteindre le pôle Nord, à quelle heure pourriez-vous l'appeler ?

*Solution page 67*

## **Veiller à ce que les enfants ne se blessent pas...**



Vous avez enfin réussi à décider la directrice de l'établissement scolaire qu'il était pertinent d'installer un cadran solaire sur un mur plein sud de la cour de récréation afin que les enseignantes et enseignants puissent notamment utiliser le cadran dans leur approche de l'astronomie.

Le cadran sera cependant à hauteur des enfants et un parent d'élève vous fait remarquer avec raison que l'extrémité du style peut être dangereuse et vous recommande donc de concevoir un tel cadran mais sans style.

Un cadran mural sans style ? Comment faire ? (problème inspiré d'un « cadran solaire du mois » de Joël Robic<sup>2</sup>).

*Solution page 68*

---

<sup>2</sup> <http://www.cadran-solaires.fr>

## Heures intruses...



Au-delà de « l'heure solaire vraie », on peut indiquer sur un cadran solaire bien d'autres heures...

Sauriez-vous trouver l'intrus dans la liste ci-après :

- l'heure solaire moyenne.
- l'heure normale d'Europe centrale.
- les heures babyloniennes.
- les heures calendaires.
- les heures italiennes.
- les heures temporaires.

*Solution page 69*

## Un cadran solaire sur un mur nord

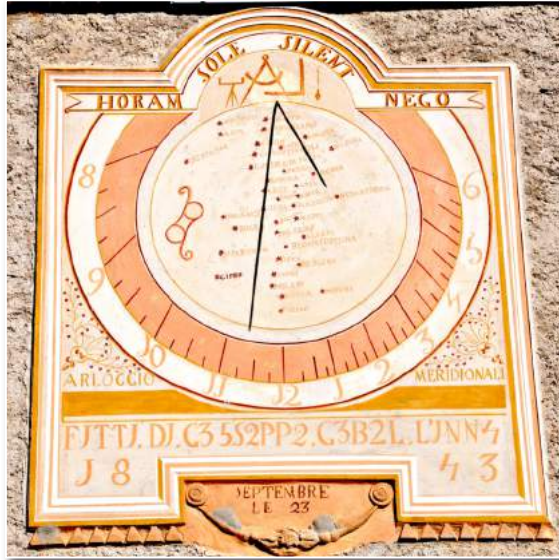


Un ami, résidant près de Genève en Suisse, a appris votre passion naissante pour la science des cadrans solaires et est épaté. Il vous demande de lui fournir le tracé d'un cadran solaire, auquel il donnera vie sur une des façades de sa maison. Mais il y a un problème... Le mur plein sud n'est pas utilisable car il est toujours à l'ombre des arbres qui ont beaucoup poussé dans le jardin depuis la construction de la maison. Même situation pour les murs plein est et plein ouest... Seul le mur plein nord, dégagé de tout obstacle, peut faire l'affaire. Vous vous apprêtez donc à tracer sur le mur nord un cadran solaire classique, avec son style parallèle à l'axe des pôles. Mais outre que le style sera « à l'envers » (il pointera vers le pôle nord céleste !), ce qui pourra paraître pour le moins curieux à votre ami, le cadran solaire ne fonctionnera au mieux que 2 heures matin et soir autour du solstice d'été (lorsque le Soleil se lève et se couche respectivement au nord-est et au nord-ouest) !

Que faire pour concevoir un cadran solaire qui fonctionnera toute l'année et épatera réellement votre ami ? (merci à Yves Opizzo d'avoir suggéré cette devinette !).

*Solution page 70*

## Une mystérieuse signature...



Sauriez-vous déchiffrer la curieuse signature **FJTTJ DJ G35S2PP2 G3B2L L'JNN4 J843** placée au bas du beau cadran solaire de l'église du hameau d'Entraigues, à Saint-Jean d'Arves en Savoie (France), cadran solaire étudié dans l'ouvrage « Le rêve d'une ombre » (Burillier - 2007) de Paul Gagnaire et Yves Opizzo.

*Solution page 71*

## Plus grand que son ombre...



David Alberto avait récemment, dans un de ses posts Twitter (@David\_Alb\_astro), posé la question suivante : *quand l'ombre de votre silhouette sur le sol (supposé horizontal) est-elle plus grande que votre taille ?*

Sauriez-vous résoudre simplement ce problème ?

*Solution page 72*

## **A propos de gnomons...**

Un gnomon ? Cette tige qui, bien sûr, indique sur un cadran solaire l'heure par son ombre. Oui mais, pas que... Sauriez-vous trouver la bonne réponse aux questions suivantes ?

### **Qu'est-ce qu'un gnomon d'or?**

- Un triangle aux proportions particulières?
- Le prix décerné chaque année au lauréat du concours cadrans solaires de l'association mondiale des gnomonistes (IGA)

### **La chiromnomie est...**

- L'étude du caractère d'une femme ou d'un homme par l'examen de l'aspect de ses mains
- La possibilité, en tenant un gnomon perpendiculairement à la paume de sa main, d'y lire l'heure solaire en dirigeant la main vers le sud

### **Un gnomon est aussi...**

- Un petit rongeur (*el gnomon*) que l'on trouve dans les forêts amazoniennes
- Une figure géométrique permettant de résoudre une équation du second degré

*Solution page 73*



## Quel est ce type de cadran ?

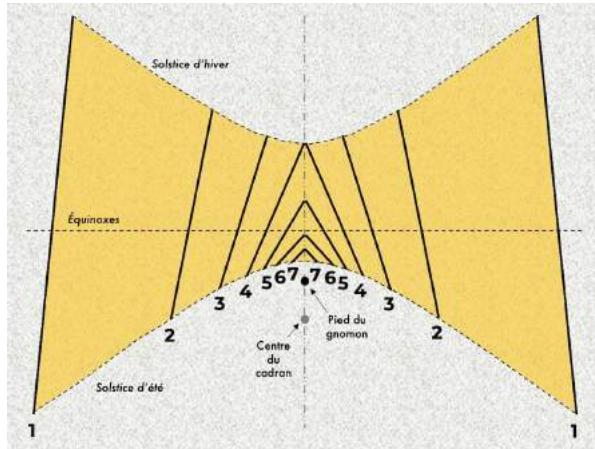


Quel est ce type de cadran qui célèbre les vins de la région de Beaune (France) et dont la devise, *In vino veritas* (la vérité est dans le vin), invite à les découvrir ?

- Un cadran à style polaire incliné par rapport à l'horizontale ?
- Un cadran polaire ?
- Un cadran équatorial ?

*Solution page 74*

## De mystérieuses lignes tracées sur un cadran...



Pierre-Louis Cambefort a tracé ce curieux cadran horizontal (à style vertical, dont l'ombre de l'extrémité indique l'heure solaire) pour la latitude de La Celle Saint-Cloud (France).

Les lignes sont bien symétriques à l'axe du cadran mais sont curieuses: elles ne convergent pas au centre du cadran comme sur tout cadran horizontal classique, et les heures indiquées ne vont pas de 5 h ou 6 h du matin à 6 h ou 7 h du soir mais de 1 h à 7 h pour le matin et de 7 h à 1 h pour l'après-midi.

Quelles lignes Pierre-Louis Cambefort a-t-il tracées sur ce cadran qui le rend en fait original et intéressant ?

*Solution page 75*

## Lire l'heure avec une ficelle...



Sur son site Internet<sup>3</sup>, Joël Robic montre un curieux cadran solaire qu'il a conçu et installé dans son jardin.

Pour lire l'heure à l'aide de marques horaires disposées sur le sol, il suffit que l'on tende une ficelle afin que son ombre passe sur une marque au sol...

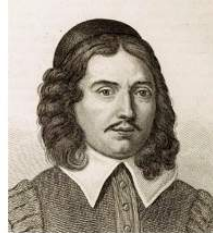
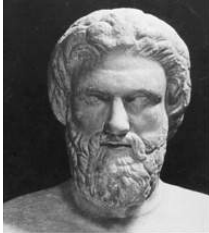
Sauriez-vous trouver le principe de conception d'un tel cadran ?

*Solution page 76*

---

<sup>3</sup> <http://www.cadran-solaires.fr>

## Qui a écrit...



Dans quelle comédie classique trouve-t-on ces mots : « Toi, tu n'auras pas de souci, lorsque l'ombre du cadran (solaire) sera de dix pieds, que d'aller, gros et gras, vers le dîner » ?

- « L'Assemblée des femmes » d'Aristophane (v<sup>e</sup> siècle avant notre ère)
- « Le Songe d'une nuit d'été » de Shakespeare (fin du xvi<sup>e</sup> siècle)
- « Dom Juan ou le Festin de Pierre » de Molière (xvii<sup>e</sup> siècle)

*Solution page 77*

**Que fait cette enfant ?**

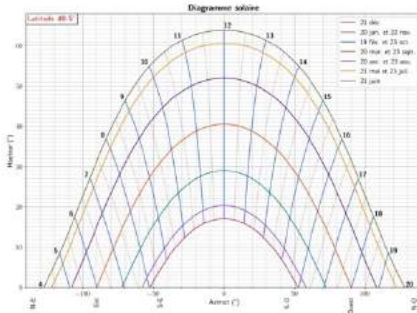


Que fait cette enfant en pleine nuit ?

Une précision importante : elle est dans un champ de France métropolitaine et tourne le dos au sud...

*Solution page 78*

## En y regardant de plus près...



David Alberto a repéré, au Havre (France), une magnifique sphère armillaire (comprenant notamment un cadran équatorial) installée en 2008 dans le parc de Rouelles.

Cette œuvre de Jean-Michel Ansel (dont la belle devise est *Faire et faire savoir*) a inspiré à David Alberto une double question pour les lecteurs de ce magazine :

- Comment peut-on lire l'azimut du Soleil sur cette photo ?
- Comment déduire, à l'aide du diagramme solaire (ci-dessus), tracé pour la latitude du Havre, une date approximative pour la prise de vue ?

*Solution page 79*

## Parcours de l'ombre d'un bâton à la Réunion ?



Monique Turpin avait écrit à la fin d'un article dans le magazine *Cadrans solaires pour tous* : « Je n'ai pas réussi à faire un time lapse pour visualiser l'ombre portée du bâton sur le sol. Alors, question, quel est le parcours de l'ombre d'un bâton sur l'île de la Réunion ? ».

Rappelons au passage qu'un time lapse (ou timelapse) est ce terme anglais qui désigne une vidéo mettant en valeur l'évolution lente d'un phénomène en assemblant (à raison de 24 images par seconde environ) des photos successives de ce phénomène. La vidéo ci-dessus est le time lapse imaginé par Monique Turpin (réalisé ici par une professeure australienne avec ses élèves<sup>4</sup>).

Mais sauriez-vous répondre à la question initiale « Quel est le parcours de l'ombre d'un bâton sur l'île de la Réunion ? ».

*Solution page 80*

---

<sup>4</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=yJo674TYGMs>

**Que représente cette figure ?**



Pierre-Louis Cambefort, dont on connaît à la fois les compétences gnomoniques et artistiques, a tracé la figure ci-dessus.

Que peut-elle bien représenter ?

- Le logo d'une nouvelle association gnomonique ?
- Une figure abstraite inspirée par la musique du ballet *L'Oiseau de feu*, composée par Igor Stravinsky ?
- Une figure gnomonique ?

*Solution page 81*



## En relisant « Le temple du Soleil »...



En relisant le bel album de Tintin « Le Temple du Soleil » (Hergé, Éd. Casterman, 1949), Pierre-Louis Cambefort a noté sur le dessin ci-dessus deux erreurs gnomoniques, que l'on pardonnera bien volontiers à Hergé.

Quelles sont ces erreurs?

Précisons que Tintin et ses amis doivent être sacrifiés par les Incas à 11 h...

*Solution page 82*

## Un demi-analemme



Un cadran solaire équatorial monumental est installé à l'Observatoire royal de Greenwich dans la banlieue de Londres, à l'endroit même où passe le « méridien origine ».

L'heure se lit à l'endroit où l'ombre de l'extrémité des queues de deux dauphins (constituant une sculpture ornementale) se rejoignent. Comme la longitude est nulle, pas de correction de longitude à faire pour la lecture, ni d'équation du temps puisque des analemmes (courbes en huit) remplacent les lignes horaires. On y lit donc l'heure légale avec une belle précision.

Oui, mais en fait ce sont des demi-analemmes.

Pourquoi?

*Solution page 83*

## Un style plus stable...

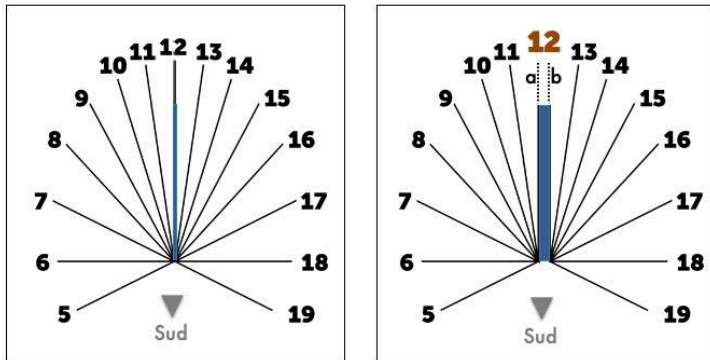


Schéma pour l'hémisphère nord

Vous avez tracé (illustration de gauche - vue de dessus) un cadran horizontal classique dont le style (en bleu) fait un angle avec le plan horizontal égal à la latitude du lieu. Mais vous craignez que le style, trop fin, ne soit pas assez stable (ou difficile à fixer, présentant une extrémité trop dangereuse, etc.).

Vous décidez donc d'installer un style plus épais (illustration de droite). Vous séparez donc les deux parties du tracé délimitées par la ligne de midi, prenez soin de tracer logiquement deux lignes (a et b) de 12 h et comptez bien entendu sur chaque arête du style pour indiquer l'heure solaire le matin (arête côté a) et l'après-midi (arête côté b).

Oui mais votre tracé n'est pas tout à fait correct... Pourquoi?

*Solution page 84*

## Votre voisin vous demande...



Votre voisin a scellé il y a longtemps, sur une table de son jardin, un très beau cadran solaire horizontal, calculé pour la latitude où il est installé et au tracé très précis.

Mais voilà, il souhaite aujourd'hui desceller ce cadran car il veut supprimer la table afin d'agrandir son jardin. Il vous demande s'il peut le sceller sur le mur vertical plein sud de sa maison (le voisin réside dans l'hémisphère nord) et s'il restera aussi précis.

Qu'en pensez-vous?

*Solution page 85*

## Trop de cadrans solaires ?



A l'occasion d'une lecture récente, Roger Torrenti est tombé sur la citation suivante : « *Alors que désormais la ville est (malheureusement) remplie de cadrans solaires, la plupart des gens se traînent, desséchés par la faim* ».

Qui a dit cela ?

- Emmanuel Macron lors du mouvement des Gilets jaunes, en visite à Saint-Véran ?
- Un auteur de l'Antiquité ?
- Jack Lang, alors ministre de la Culture, lors des Journées du patrimoine ?

*Solution page 86*

## Pourquoi un double cadran ?

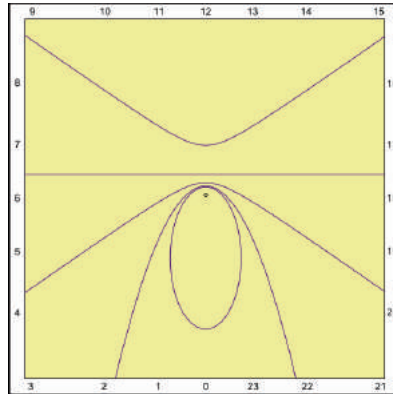


Yves Opizzo avait installé, lorsque ses enfants étaient jeunes, un double cadran dans son jardin, composé d'un cadran analemmatique et d'un cadran horizontal sans style.

Que proposait-il à ses enfants et à leurs amis de faire avec ce double cadran ?

*Solution page 87*

## Où se situe ce cadran ?

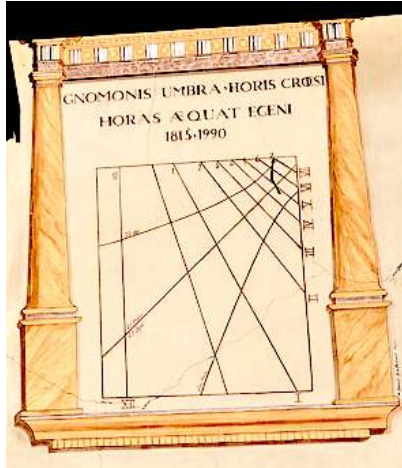


La figure ci-dessous vous rappelle probablement ces arcs d'hyperboles et droites dessinés sur le sol par l'extrémité d'un gnomon vertical.

Mais Yvon Massé pose la question : où doit se situer un tel cadran solaire pour que la course journalière de l'extrémité du gnomon à l'entrée de chaque signe du zodiaque (c'est-à-dire pour des déclinaisons du Soleil de  $0^\circ$ ,  $\pm 11,5^\circ$ ,  $\pm 20,2^\circ$  et  $\pm 23,5^\circ$ ), se traduise, en plus de la droite des équinoxes, par une ellipse, une parabole et une hyperbole « complète » comme représenté ci-dessus ?

*Solution page 88*

## Trop de lignes !



Un test rapide proposé par Roger Torrenti : sur ce beau cadran vertical situé à Thorame-Haute dans les Alpes-de-Haute-Provence (France), le gnomoniste ou le cadranier, emporté peut-être par son enthousiasme, a représenté des lignes horaires inutiles.

Sauriez-vous identifier lesquelles ?

*Solution page 89*



## Des médaillons disséminés dans Paris



Si vous flânez dans Paris, vous pourrez être étonnés de rencontrer, incrusté dans le sol, un médaillon en bronze de 12 cm portant en son centre l'inscription ARAGO ainsi que les lettres N et S.

Pourquoi avoir incrusté dans les rues et jardins parisiens 135 de ces médaillons ?

La réponse sera facile pour ceux qui ont lu *Da Vinci Code* de Dan Brown, ou vu son adaptation cinématographique...

*Solution page 90*

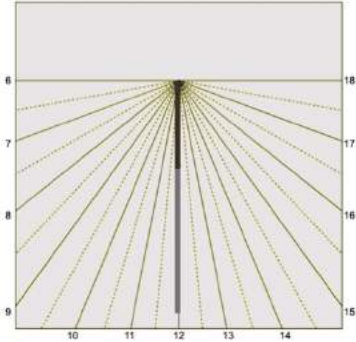
## Quel jour sommes-nous ?



Si vous êtes à la recherche d'un livre captivant et bien écrit et n'avez pas encore lu « Magellan » de Stefan Zweig, plongez-vous vite dans le récit de cette odyssee du grand navigateur et explorateur portugais Fernand de Magellan, parti en septembre 1519 de Séville à la tête d'une petite flotte de cinq bateaux, et naviguant vers l'ouest pour trouver un passage de l'océan Atlantique à l'océan Pacifique, le conduisant aux îles Moluques riches en épices. Il mourra, ainsi que de nombreux membres de l'expédition, au cours de ce voyage, après avoir découvert un passage connu aujourd'hui sous le nom de « détroit de Magellan ». Un seul bateau revint en fait au port après avoir accompli le périple (en près de 3 ans !), et avoir fait escale au Cap-Vert où se produisit un événement étrange, repéré par Yvon Massé dans ses recherches : le livre de bord, très soigneusement tenu, porte la date du 9 juillet 1522 mais les habitants de Cap-Vert affirment au contraire que la date exacte est le 10 juillet 1522... Saurez-vous résoudre cette énigme ?

*Solution page 91*

## Où chercher midi à quatorze heures ?

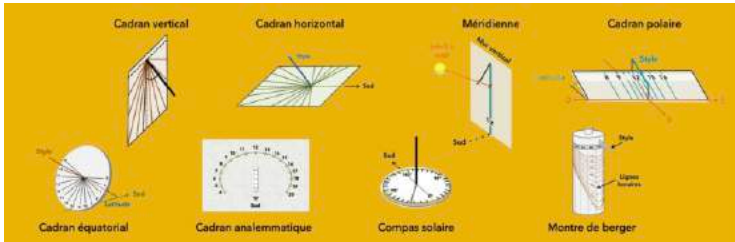


L'expression « Chacun voit midi à sa porte » est encore employée de nos jours, signifiant que l'on a tendance à ne juger les choses qu'à partir de ses seuls intérêts, ses seules opinions. Elle aurait ses origines dans le fait que pendant longtemps, midi était celui indiqué par le cadran solaire au-dessus de sa porte (et pas un autre).

L'expression « Chercher midi à quatorze heures » est également souvent entendue pour reprocher à quelqu'un de compliquer inutilement les choses, de « chipoter », de ne pas reconnaître la simple évidence (qu'il est effectivement midi). Cette expression est l'occasion d'un problème gnomonique classique : est-il possible de *trouver* midi (heure solaire) à 14 h (heure de nos montres et téléphones). Un problème que l'on peut par exemple formuler par la question suivante : peut-il être midi à 14 h en tout point de la France métropolitaine ?

*Solution page 92*

## Un curieux cadran solaire...



Un test rapide pour les amateurs de gnomonique, proposé par Roger Torrenti : quel type de cadran solaire devient curieusement équatorial aux pôles et polaire à l'équateur ?

*Solution page 93*

## Et si l'on inclinait le cube ?



*Cadran cubique (de 1 mètre d'arête) comportant un cadran solaire sur chacune de ses cinq faces visibles, réalisé en 2009 par les élèves du lycée polyvalent de Carmaux, France, dans le cadre d'un « atelier solaire ».*

Une devinette extraite du MOOC cadrans solaires<sup>5</sup> : un gnomoniste peut être tenté de réaliser un cadran cubique (portatif ou monumental comme celui représenté ci-dessous) et démontrera sa maîtrise de la science des cadrans solaires en traçant, sur chacune de ses faces, des lignes horaires adaptées. Mais supposons que vous choisissiez d'utiliser un cube qui serait incliné d'un angle avec l'horizontale égal à la latitude du lieu. Pouvez-vous rapidement imaginer comment seraient tracées les lignes horaires sur les 6 faces ?

*Solution page 94*

---

<sup>5</sup> <https://www.cadrans-solaires.info/acces-au-mooc/>

## L'énigme du grand mage...

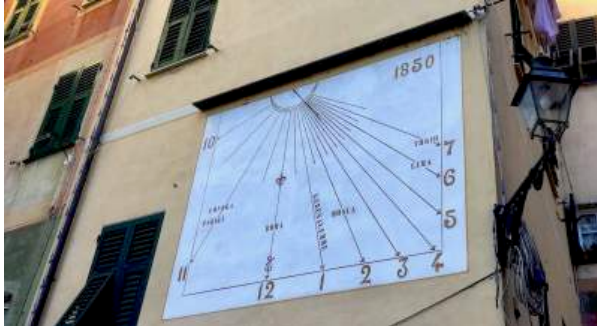


*Portrait de Voltaire par Maurice Quentin de La Tour (détail).*

Dans « Zadig ou la destinée », Voltaire (1694-1778), par ce « conte philosophique » qu'il situe en Orient afin de détourner la censure, dresse une satire de la France du xviii<sup>e</sup> siècle. Le héros est Zadig, ministre du roi Moabdar de Babylone et amoureux de la reine Astarté. Il fuit la ville, son amour ayant été découvert par le roi et n'y revient qu'à la mort de celui-ci, participant à des épreuves visant à désigner « le plus vaillant et le plus sage » des hommes, digne d'épouser Astarté. Le grand mage lui pose cette énigme : « *Quelle est de toutes les choses du monde la plus longue et la plus courte, la plus prompte et la plus lente, la plus divisible et la plus étendue, la plus négligée et la plus regrettée, sans qui rien ne peut se faire, qui dévore tout ce qui est petit et qui vivifie tout ce qui est grand ?* ». En tant qu'amateur de cadrans solaires vous devriez trouver la réponse assez facilement...

*Solution page 95*

## En bon citoyen...



*Cadran solaire sur un mur de Camogli (Italie), daté de 1850, indiquant également l'heure dans d'autres villes du monde (de Paris à Tokyo).*

Un problème gnomonique assez simple, pour toutes et tous, proposé par Roger Torrenti... Le maire de votre commune se réjouit de compter un gnomoniste parmi ses concitoyens et vous propose de calculer un cadran solaire qui serait installé sur le mur de la mairie faisant face au sud. En bon citoyen (et fier gnomoniste) vous acceptez sans hésiter d'accomplir cette tâche facile mais il ajoute qu'il souhaite également faire figurer sur le cadran solaire l'heure de midi de la ville grecque avec laquelle la commune est jumelée, ville située à  $23^\circ$  E de longitude alors que votre commune est située à  $6^\circ$  E de longitude.

Comment ferez-vous pour tracer cette autre ligne de midi solaire ?

*Solution page 96*

## Un poing levé dans la nuit...



Pourquoi cet homme a le poing levé vers le ciel étoilé et incite-t-il son enfant à faire de même ?

Une indication : il ne veut pas apprendre à son enfant un geste révolutionnaire mais plutôt scientifique...

*Solution page 97*



## Trouvez l'intrus

Parmi les affirmations ci-dessous, une seule est fausse. Saurez-vous identifier laquelle ?

- Dans le style emprunté des « précieuses ridicules » moqué par Molière, Voltaire (dans *La vie de Molière*) nous apprend qu'un cadran solaire a pu être appelé « greffier solaire ».
- Au-dessus de notre tête, à la verticale, se trouve le zénith, et sous nos pieds, à l'opposé, le nadir.
- La position de yoga ci-contre s'appelle « le cadran solaire ».
- En 2008, pour célébrer ses 50 ans d'existence, la NASA a envoyé par radio vers l'espace un message contenant la chanson *Imagine* de John Lennon.
- La phrase « La Terre tourne autour du Soleil » est à valeur gnomique (adjectif de même racine que gnomonique)
- On appelle Amphisciens les peuples de la zone intertropicale car leur ombre est dirigée tantôt au nord, tantôt au sud selon la période de l'année. Et on appelle Périsciens ceux habitant au-delà des cercles polaires, qui peuvent voir leur ombre faire un tour complet autour d'eux aux périodes de l'année où le Soleil ne se couche pas de la journée.



*Solution page 98*

## Sur le mur d'une église



Vous flânez près d'une église en Écosse et apercevez cette gravure sur le mur principal de l'édifice. De quoi s'agit-il ?

*Solution page 99*

## Deux fois plus haut !



Récemment, le fil X (anciennement Twitter) de @PatrimoineHorlo rappelait qu'en 1988, Fanchon et Laurent Maget ont conçu, réalisé et filmé un projet de cadran solaire monumental au Mont Saint-Michel (photo ci-dessous extraite du site <http://maget.maget.free.fr/>). Utilisant comme gnomon la statue de saint Michel placée au sommet de l'église abbatiale et culminant à 150 mètres au-dessus du rivage, ils ont installé des infrastructures à marée basse permettant d'indiquer les heures et demi-heures, formant une ligne au pied du Mont, afin que ce cadran solaire puisse fonctionner à l'équinoxe d'automne. Magnifique projet poétique de « land art », éphémère puisque les marées ont rapidement emporté les infrastructures. À ce tweet, un autre fil X, @chilled\_wizard, répondait que l'on pourrait envisager une œuvre comparable utilisant le sommet de la tour Eiffel, qui culmine à 330 m (antennes comprises).

Et si vous relevez le défi ? Sauriez-vous déterminer l'endroit précis à Paris où l'ombre de l'extrémité de l'antenne de la tour Eiffel est située, à midi solaire, à l'équinoxe d'automne ?

*Solution page 100*

## Éclairement d'un cadran solaire

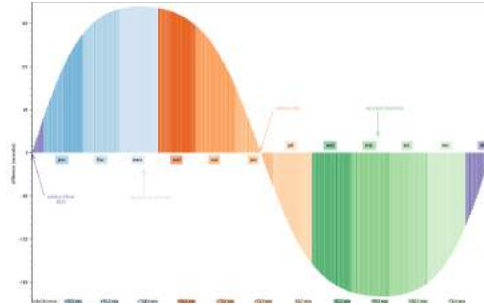


*Cadran solaire sur le mur de l'hôtel Dupin à Paris.*

La durée d'éclairement d'un cadran solaire vertical plein sud (c'est-à-dire la durée pendant laquelle le cadran est éclairé par le Soleil) est-elle, en Europe continentale, plus longue au début de l'été qu'au début du printemps ?

*Solution page 101*

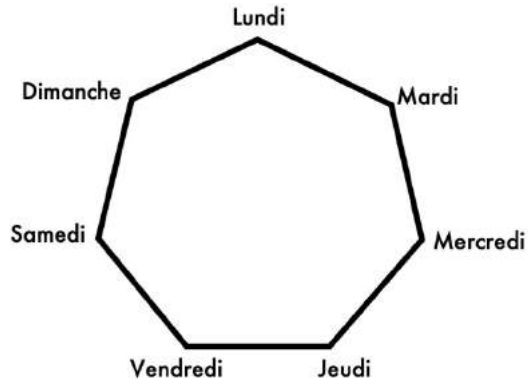
## Qui s'est trompé ?



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

*Solution page 102*

## Des jours de la semaine à l'ordre des planètes...



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

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

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

*Solution page 103*

## Éclairer une place de village...

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

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



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

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

Sauriez-vous écrire ces équations ?

*Solution page 104*

## Votre mission, si vous l'acceptez...



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

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

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

Quel type de cadran allez-vous donc concevoir ?

*Solution page 105*



## Quelle est l'affirmation incorrecte ?



- Le terme astéroïde vient du grec ancien ἀστεροειδής signifiant « qui ressemble à une étoile ».
- L'équinoxe de printemps est célébré le 19, 20 ou 21 mars, mais il faudra, à la longitude de Paris, attendre 2044 pour qu'il soit célébré le 19, et 2102 pour une célébration le 21.
- Tous les satellites artificiels en orbite terrestre, ainsi que la Lune, sont en chute libre autour de la Terre.
- Le phénomène de « Lune bleue », popularisé par la chanson *Blue Moon*, se produit lorsque la Lune est à son périhélie (la plus proche de la Terre).
- Un des arguments des Grecs anciens pour affirmer la rotondité de la Terre était que les voiles d'un navire s'approchant des côtes apparaissaient avant sa coque.
- L'héliotrope est le nom d'une plante, mais aussi d'un instrument, utilisé jusque dans les années 1980, qui permettait aux arpenteurs, grâce à un miroir, de réfléchir les rayons du Soleil à de grandes distances.

*Solution page 106*

## Une curieuse poche ....



Vous savez peut-être déjà que le nom du célèbre « jean » (ou *blue jeans*) vient du fait que le tissu dans lequel il est coupé, le « bleu de Gênes », était utilisé dès le xvi<sup>e</sup> siècle dans la confection des voiles et des vêtements de la marine génoise.

Mais savez-vous à quoi sert cette curieuse petite poche au-dessus de l'une des deux poches principales ?

Une indication : cela a rapport avec la mesure du temps...

*Solution page 107*

### **Votre ami, artiste renommé...**



Votre ami, artiste renommé, vous présente sa dernière œuvre : une surface ondulée, représentant une mer agitée, qu'il vient de réaliser sur une façade verticale plein sud. L'œuvre sera inaugurée dans quelques jours, au solstice d'été.

Vous lui parlez de gnomonique ; il est enthousiaste, et vous propose d'ajouter à cette œuvre un style parallèle à l'axe de rotation de la Terre, vous demandant de tracer, sur la mer agitée, les lignes horaires de ce cadran original.

Vous êtes en vacances, n'avez pas d'ordinateur, ni instrument élaboré, et n'avez que deux ou trois jours. Que faire ?

*Solution page 108*

## Un cadran équatorial à style horizontal

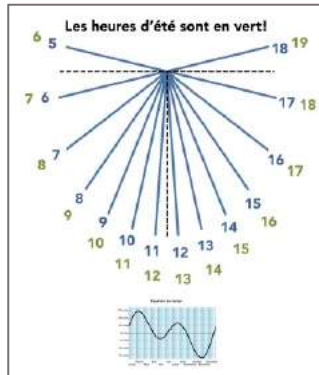


Sauriez-vous donner une indication sur le lieu où a été installé ce très beau cadran équatorial ?

*Solution page 109*

# **Solutions des jeux et énigmes**

## Pourquoi la ligne de midi n'est-elle pas verticale ?



Un cadran solaire indique traditionnellement l'heure solaire et pour en déduire l'heure légale, on doit faire une correction de longitude, ajouter la valeur de l'équation du temps, enfin ajouter 1 h si l'on est en été.

Afin que la conversion heure solaire - heure légale soit plus rapide, certains gnomonistes ou cadraniers calculent les lignes horaires en tenant compte de la correction de longitude ; dès lors la ligne de midi n'est plus verticale. Le cadran sera couramment accompagné d'une courbe ou d'un tableau donnant la valeur de l'équation du temps tout au long de l'année et la conversion heure solaire - heure légale sera ainsi plus simple.

Afin de simplifier encore, certains choisiront même d'avoir 2 indications sur chaque ligne horaire, une pour l'heure d'été, l'autre pour l'heure d'hiver. Le cadran solaire, semblable à celui ci-dessus, indiquera alors une heure très proche de l'heure légale (à la valeur de l'équation du temps près).

## Êtes-vous sûr de votre date de naissance ?



Quand l'homme a-t-il pour la première fois posé le pied sur le sol lunaire?

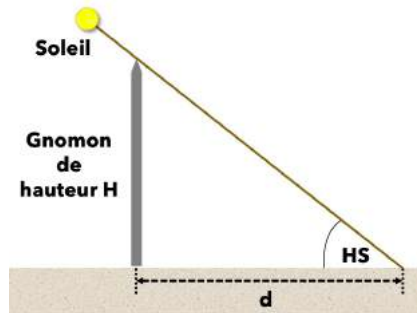
Un Français affirmera sans hésiter « Le 21 juillet 1969 ». Un Américain affirmera tout aussi sûr de lui « Le 20 juillet 1969 ». Qui a raison ?

Les deux personnes ont en fait raison car cela s'est passé le 21 juillet 1969 à 2 h 56 min 20 s UTC.

Il était alors 3 h 56 min 20 s à Paris le 21 juillet, mais il était 21 h 56 min 20 s à Houston le 20 juillet !

Il est donc nécessaire, lorsque vous parlez d'un événement, de bien préciser l'heure UTC de l'événement ! Il en va de même pour le jour de votre naissance... même si l'on pourra trouver bizarre que vous précisiez l'heure UTC de votre venue au monde !

## H est-il plus grand que L ?



Considérons un gnomon à midi solaire.

HS étant la hauteur du Soleil, la figure ci-dessus permet de déduire facilement que  $\tan HS = H / d$

On sait par ailleurs que, à midi solaire,  $HS = 90^\circ - LAT + DS$ , LAT étant la latitude du lieu et DS la déclinaison du soleil au jour (plus précisément à l'heure) d'observation.

De ces deux formules on peut alors déduire la valeur de d au solstice d'hiver ( $d_2$ ) et celle au solstice d'été ( $d_1$ ) et donc déduire  $L = d_2 - d_1$  en fonction de h.

On peut faire ce calcul pour différentes latitudes et on découvrira alors que  $L = 1,3 H$  environ à une latitude de  $30^\circ$ ,  $L = 2 H$  environ à une latitude de  $45^\circ$  et  $L = 8 H$  environ à une latitude de  $60^\circ$ .

Il se passe en outre des phénomènes particuliers si l'on se rapproche des pôles ou de l'équateur, que nous vous laissons découvrir...



## **Testez vos connaissances générales sur les cadrans solaires**

Comment appelle-t-on l'endroit sur lequel les lignes horaires d'un cadran sont tracées ?

- ✓ La table

Comment appelle-t-on la tige qui, par son ombre, indique l'heure sur un cadran solaire mural ?

- ✓ Le style

Aux pôles, combien de temps peut fonctionner un cadran solaire ?

- ✓ 6 mois

Si l'on utilise une boussole pour déterminer le nord géographique, il ne faut pas oublier de corriger la lecture par la valeur de :

- ✓ La déclinaison magnétique

Qui sont les artisans-artistes spécialisés dans la réalisation, la rénovation des cadrans solaires ?

- ✓ Les cadraniers

On peut (dans l'hémisphère nord) tracer un cadran solaire sur un mur plein nord

- ✓ Oui, mais il ne fonctionnera que le matin et le soir en été

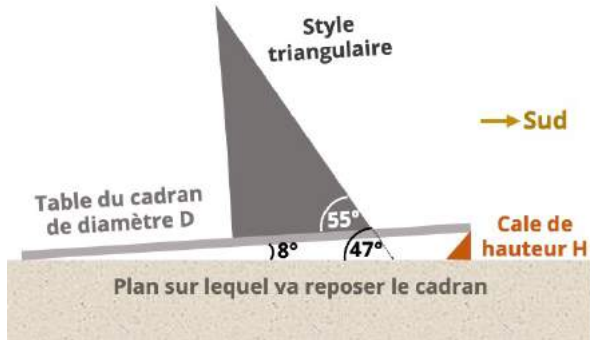
Une méridienne est un cadran solaire particulier :

- ✓ On y lit seulement le midi solaire

Le style des cadrans les plus couramment dessinés sur les murs est incliné selon :

- ✓ L'axe de rotation de la Terre

## Un cadran solaire conçu pour une mauvaise latitude...



Ce serait bien dommage de posséder un si bel instrument de mesure et d'accepter qu'il ne soit pas précis lorsque vous aurez vérifié son horizontalité et l'aurez dirigé comme il convient vers le sud (dans l'hémisphère nord).

Une correction de lecture est difficile à imaginer mais il est inutile de retourner le cadeau. Comme le cadran est correctement tracé, il suffit d'orienter le style afin qu'il fasse un angle de  $47^\circ$  (et non plus de  $55^\circ$ ) avec l'horizontale et ce sera facile, en inclinant la table de  $8^\circ$  ( $= 55^\circ - 47^\circ$ ), ajoutant par exemple une petite cale sur le bord sud du cadran ! La hauteur  $H$  de la cale sera de  $D \sin 8^\circ$  ( $D$  étant le diamètre de la table du cadran) comme vous pouvez le retrouver sur la figure ci-dessus.

Vous pourrez alors lire l'heure solaire avec précision sur votre cadran, voire en déduire l'heure l'écale avec la formule bien connue.

## Quelle heure est-il au pôle Sud?



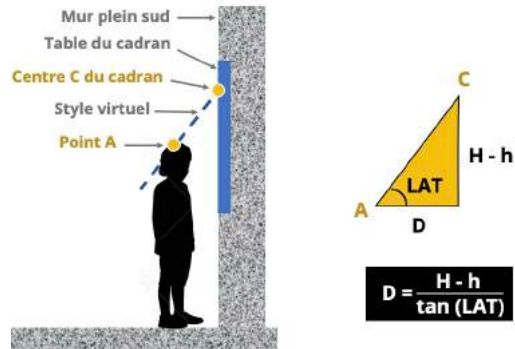
L'heure au pôle Sud (ou au pôle Nord) est celle... que l'on veut puisque tous les fuseaux horaires s'y rejoignent !

Au pôle Nord, il a été cependant convenu de se référer au fuseau horaire contenant le méridien de Greenwich (UTC  $\pm$  0).

Au pôle Sud, par commodité, les occupants des stations scientifiques choisissent comme fuseau de référence celui de leur base de ravitaillement (ce qui contribue à la curieuse répartition des fuseaux horaires représentée ci-dessus).

La station américaine Amundsen-Scott a donc adopté le fuseau horaire de la Nouvelle-Zélande (UTC +12 pendant l'hiver austral, UTC +13 pendant l'été austral), puisque la base McMurdo, près de Christchurch en Nouvelle-Zélande, sert de base logistique à la station. Vous pouvez maintenant appeler votre amie à une heure convenable...

## Veiller à ce que les enfants ne se blessent pas...



Considérons l'illustration ci-dessus : sur la partie gauche est représenté un enfant face au cadran solaire sans style (vue de côté). Un style virtuel est représenté, à la place qu'occuperait le style d'un traditionnel cadran mural. Soit le centre C du cadran, c'est-à-dire le point où le style est fixé à la table, à une hauteur H du sol. Le point A est le point où le sommet de la tête de l'enfant rencontre le style virtuel. L'heure solaire se lit donc sur le mur au sommet de la tête de l'enfant ! Supposons que la taille de l'enfant soit h. La partie droite du schéma permet de déduire assez facilement la distance D du mur à laquelle doit se tenir l'enfant. Pour permettre aux enfants de différentes tailles d'indiquer l'heure solaire avec le sommet de leur tête, il conviendra de tracer sur le sol des marques successives de taille (sur la droite perpendiculaire au mur et formant un plan vertical avec le style). Cela manquera un peu de précision mais sera amusant. Certains préféreront cependant, pour des raisons pédagogiques, conserver le style mais installer le cadran plus haut sur le mur, évitant ainsi tout danger avec le style...

## Heures intruses...

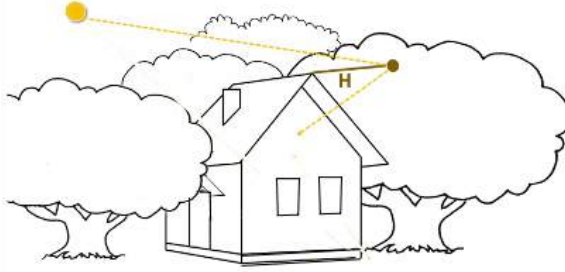
L'heure solaire moyenne est l'heure solaire vraie corrigée de l'équation du temps ; on peut traditionnellement indiquer l'heure solaire moyenne par une « courbe en huit » entourant la ligne de midi solaire (ou chaque ligne horaire).

L'heure normale d'Europe centrale (CET en anglais) est l'heure légale en France, comme dans de nombreux pays européens : il suffit donc de tracer des lignes horaires corrigées de l'écart de longitude (on devra en fait indiquer 2 marques horaires sur chaque ligne horaire, l'une pour l'heure d'été et l'autre pour l'heure d'hiver).

On peut également tracer sur un cadran solaire les heures babyloniennes et italiennes, comptant respectivement les heures à partir du lever et du coucher du Soleil, ainsi que les heures temporaires (le jour et la nuit sont divisés en 12 h quel que soit le jour de l'année) mais tout cela devient peut-être un peu compliqué pour le gnomoniste amateur, qui trouvera une aide précieuse dans des ouvrages gnomoniques de référence tel « Les cadrans solaires » de René R. J. Rohr (Gauthier-Villars - 1965).

Quant aux heures calendaires, elle constituent les heures intruses...

## Un cadran solaire sur un mur nord



Pour réaliser un magnifique cadran solaire qui indiquera l'heure toute l'année sur un mur nord (dans l'hémisphère nord), il suffit simplement de... concevoir un cadran solaire à réflexion !

Le miroir (de forme quelconque mais de taille réduite de préférence afin que la tâche apparaissant sur le mur soit la plus lisible possible) pourra être installé près de la toiture au bout d'une tige de longueur  $H$  perpendiculaire au mur nord. La valeur de  $H$  devra être choisie, ainsi que celle de l'inclinaison du miroir (d'un miroir vertical à un miroir légèrement incliné), selon la partie du mur sur laquelle seront tracées les lignes horaires.

Quant au tracé de ces lignes horaires, l'article consacré aux cadrans à réflexion dans le numéro 2 du magazine « Cadrans solaires pour tous »<sup>6</sup> vous aidera !

---

<sup>6</sup> <https://www.cadrans-solaires.info/le-magazine/>

## Une mystérieuse signature...



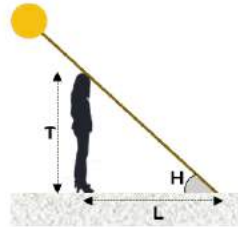
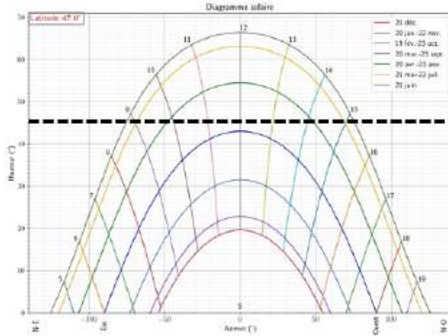
Le cadranier était probablement un amateur de messages chiffrés...

De toute évidence le cryptogramme FJT TJ DJ G35S2PP2 G3B2L L'JNN4 J843 ne comporte pas de voyelles. L'idée peut venir alors de remplacer les chiffres par des voyelles, avec logiquement A pour 1, E pour 2, I pour 3, etc.

Cela donne FJT TJ DJ GIUSEPPE GIBEL L'JNNO J843. Seuls les J restent à remplacer, mais on peut assez facilement deviner FATTA DA GIUSEPPE GIBEL L'ANNO 1843, une signature en italien (la Savoie n'a été remise à la France qu'en 1860 par le Traité de Turin).

Cette phrase se traduit en français par « Faite par Giuseppe Gibel en l'an 1843 », le mot « cadran solaire » en italien (*meridiana*) étant de genre féminin, mais que l'on traduira finalement, puisque l'on parle de cadran solaire ici, par **Fait par Giuseppe Gibel en l'an 1843.**

## Plus grand que son ombre...



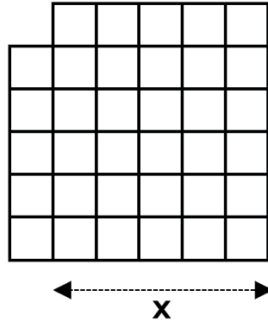
En fait, dans son post, David Alberto avait rendu plus facile le problème en l'illustrant du diagramme ci-dessus (à gauche) donnant les valeurs de la hauteur et de l'azimut du Soleil tout au long de l'année (pour une latitude donnée, ici 47°N). Or le schéma ci-dessus à droite permet de déduire que l'ombre de la personne sera plus grande que sa taille lorsque la hauteur du Soleil  $H$  sera inférieure à 45°. Pour savoir quand votre ombre sera plus grande que votre taille, il suffira donc de tracer le diagramme ci-dessous pour votre latitude (à l'aide par exemple d'une application en ligne<sup>7</sup>) et de tracer une droite horizontale (ici en pointillés) correspondant à  $H = 45^\circ$ . Pour toutes les dates et heures figurant sous cette droite  $L$  sera plus grand que  $T$  ! Et Yvon Massé ajoute judicieusement qu'une publication scientifique a montré que, lorsque la hauteur du Soleil est inférieure à 45°, les rayons UV sont suffisamment bloqués par la couche d'ozone et que des coups de soleil ne sont plus à craindre !

---

<sup>7</sup> <http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.php>



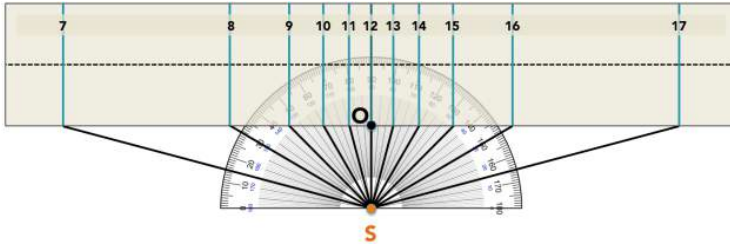
## A propos de gnomons...



Les bonnes réponses sont :

- **Un gnomon d'or** est un triangle isocèle dans lequel la longueur du « côté double » est égale à la longueur du « côté base » multipliée par le nombre d'or (soit environ 1,618)
- **La chiromnomonie** est l'étude du caractère d'une femme ou d'un homme par l'examen de l'aspect de ses mains (c'est en quelque sorte la chiromancie sans sa dimension divinatoire)
- **Un gnomon est aussi...** une figure géométrique permettant de résoudre une équation du second degré. Un gnomon est en fait un parallélogramme amputé à l'un de ses bords. Si l'on considère l'équation  $x^2 + 2x = 35$  par exemple, et le carré amputé ci-dessus où  $x$  représente la longueur de 5 petits carrés, on retrouve dans ce carré amputé l'équation en question. Donc  $x = 5$  ! Vous pouvez maintenant penser à d'autres équations similaires à résoudre ainsi...

## Quel est ce type de cadran ?

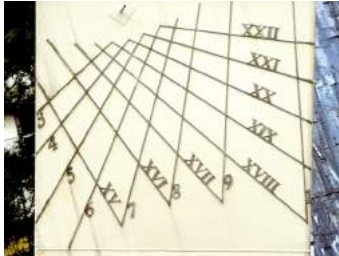


On remarque des lignes horaires parallèles et symétriques par rapport à la ligne de midi, ce qui est une des caractéristiques d'un cadran polaire.

Sa table (où sont tracées les lignes horaires) est perpendiculaire au plan de l'équateur terrestre et donc inclinée par rapport au sol d'un angle égal à la latitude.

L'heure solaire se lit à l'ombre de l'extrémité du style, parallèle à la table. C'est, avec le cadran équatorial, l'un des plus simples cadrans solaires à réaliser : il suffit d'un rapporteur pour en tracer les lignes horaires !

## De mystérieuses lignes tracées sur un cadran...



*Cadran solaire du parc scientifique du Près-la-Rose à Montbéliard (France) indiquant l'ensemble des heures babyloniennes et italiennes.*

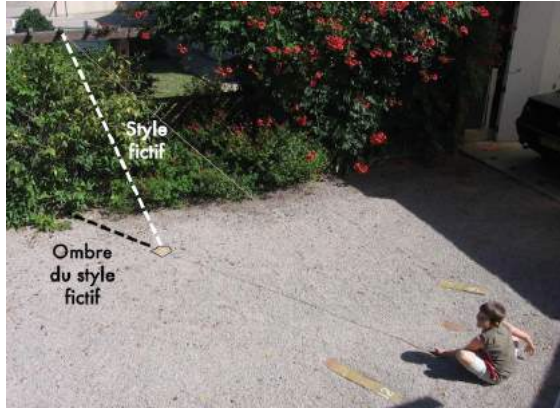
Un cadran solaire indique traditionnellement l'heure solaire vraie.

Mais il peut également indiquer des heures temporaires (inégaies) qu'indiquaient les cadrans solaires dans l'Antiquité, ainsi que des heures babyloniennes qui comptent le nombre d'heures écoulées depuis le lever du Soleil, et des heures italiennes, qui comptent celles écoulées depuis le coucher du Soleil.

Dans le cadran qui est l'objet de cette énigme, sont représentées à la fois les heures babyloniennes pour le matin (partie gauche du tracé) et les heures italiennes pour l'après-midi (partie droite), ou plutôt pour la partie droite, une dérivée des heures italiennes : le nombre d'heures restant jusqu'au coucher du Soleil.

Ce cadran ne donne donc pas l'heure solaire vraie (on peut superposer au tracé un tracé classique des lignes horaires mais la lecture devient difficile...) mais constitue un cadran original et intéressant pour ceux qui veulent vivre à l'heure du Soleil...

## Lire l'heure avec une ficelle...



C'est un simple, mais très astucieux cadran solaire horizontal !

Le concepteur, Joël Robic, a en fait positionné la marque au sol et l'endroit où la ficelle est accrochée de sorte qu'en reliant les 2 points, on retrouve un style polaire, c'est-à-dire parallèle à l'axe de rotation terrestre. Avec ce style fictif, nous nous retrouvons dans la configuration d'un cadran horizontal classique : lorsque l'enfant aligne l'ombre de la corde avec la marque, cette ombre se retrouve alignée avec celle du style fictif. Or cette ombre du style fictif indique l'heure solaire. Il suffira dès lors de reporter cette heure solaire à l'endroit où se trouve l'enfant (l'ensemble des heures solaires où l'enfant lit l'heure pouvant être indifféremment disposées selon une ellipse, un cercle, etc.). Attention cependant : pour les heures solaires avant 6 h ou après 18 h, en été dans l'hémisphère nord, la haie empêchera l'enfant d'aligner l'ombre de sa ficelle avec la marque au sol...

## Qui a écrit...

On trouve cette réplique dans « L'Assemblée des femmes » d'Aristophane, une preuve que les cadrans solaires étaient bien présents dans la vie de la Grèce antique...

« L'Assemblée des femmes » est une pièce écrite vers 392 avant notre ère, à une période où la démocratie athénienne a été mise à mal par des tyrannies successives. Les Athéniennes, constatant l'incapacité des hommes à définir une société adéquate, sont décidées à prendre les choses en main. Elles se retrouvent à l'aube, vêtues en hommes (car les femmes n'avaient pas de citoyenneté politique), pour aller à l'Ecclésia (l'Assemblée) proposer de nouvelles lois...

Une pièce qui, outre son intérêt historique, se lit facilement et a conservé une grande partie de sa puissance comique et de sa pertinence...

## Que fait cette enfant ?

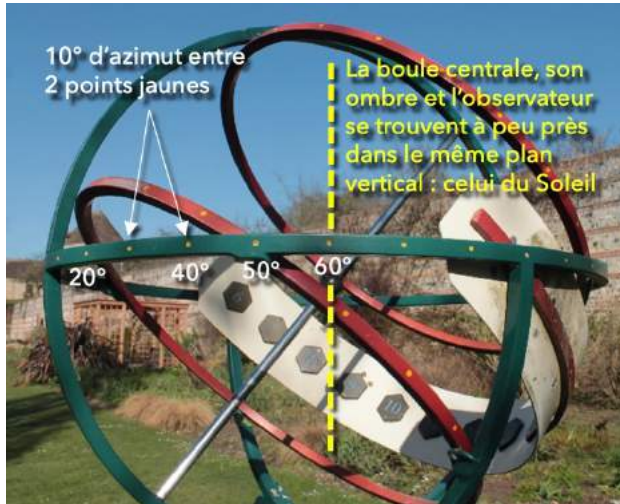
Cette enfant a son bras incliné d'environ  $45^\circ$ , à mi-distance entre une position horizontale et verticale, ce qui constitue une latitude moyenne pour la France métropolitaine. Comme l'enfant a son bras orienté vers le nord (puisqu'elle tourne le dos au sud), son index pointe logiquement vers l'Étoile polaire : le bras de l'enfant est en effet « polaire », dans l'alignement de l'axe de rotation terrestre, comme l'est le style d'un cadran solaire !

Si vous voulez dorénavant repérer l'Étoile polaire, au lieu de scruter le ciel dans toutes les directions à la recherche de la Grande Ourse et de la Petite Ourse, imitez cette enfant ! Vous n'aurez qu'une direction approximative mais pourrez aisément situer l'Étoile polaire : elle n'est pas très brillante, mais est relativement isolée des autres étoiles brillantes et facile à identifier...

Il existe d'ailleurs dans plusieurs parcours astronomiques des « lunettes » (de simples cylindres sans lentilles) fixes et dirigées, comme le bras de l'enfant, mais avec une orientation et une direction plus précises (ci-contre une telle lunette sur le *Sentier planétaire* de Valberg, Alpes-Maritimes, France).



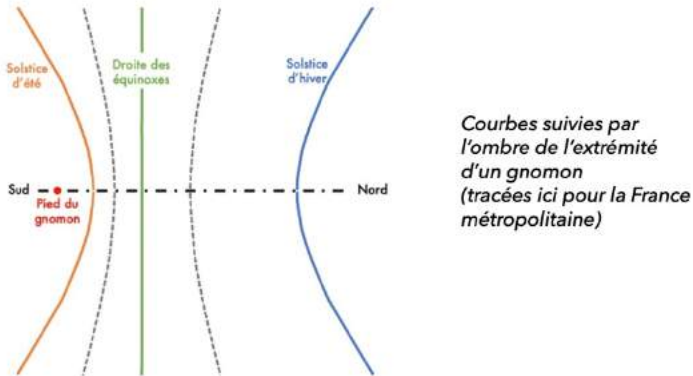
## En y regardant de plus près...



En y regardant de plus près... la couronne horizontale de la sphère armillaire est munie de points jaunes marquant l'azimut (de 10° en 10°) et la photo a été prise avec l'objectif dans le même plan vertical que la boule centrale (qui indique l'heure solaire sur les marques horaires hexagonales) et son ombre. À l'heure où la photo a été prise, ce plan coïncide avec un point jaune éloigné de 60° du méridien local du cadran. L'azimut du Soleil au moment de la prise de vue était donc voisin de 60° vers l'est ou -60°, l'heure lue sur le cadran étant par ailleurs 8 h 45.

À l'aide du diagramme solaire, nous constatons que 2 dates correspondent à un azimut de -60° et une heure de 8 h 45 : un peu après le 20 mars ou un peu avant le 23 septembre. Effectivement, la photo a été prise le 30 mars !

## Parcours de l'ombre d'un bâton à la Réunion ?

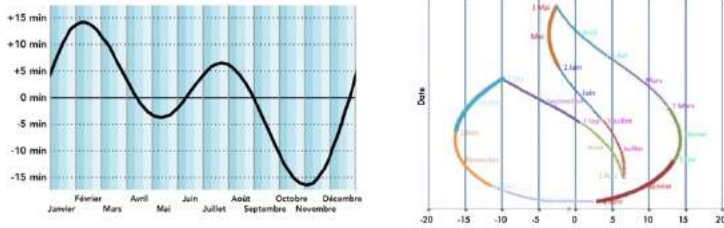


Quelle que soit la latitude, sauf au-delà des cercles polaires, l'ombre, sur le sol, suivie par l'extrémité d'un gnomon au cours d'une journée est une hyperbole (aux équinoxes cependant, l'ombre suit une droite perpendiculaire à la direction nord-sud). Ces hyperboles journalières s'inscrivent dans un espace délimité par les hyperboles des solstices. Sous les tropiques, le pied du gnomon se trouve à l'intérieur de cet espace. À l'équateur, il sera sur la droite des équinoxes.

Et pour La Réunion, ce département et région d'outre mer français? Comme cette île de l'océan Indien a une latitude moyenne de  $-21^\circ$  ( $21^\circ\text{S}$ ), proche donc du tropique du Capricorne ( $-23^\circ 26'$ ), le pied du gnomon sera à l'intérieur de cet espace mais quasiment tangent à l'hyperbole du solstice d'hiver, le gnomon ne produisant, à midi solaire, qu'une ombre à peine visible ce jour-là...



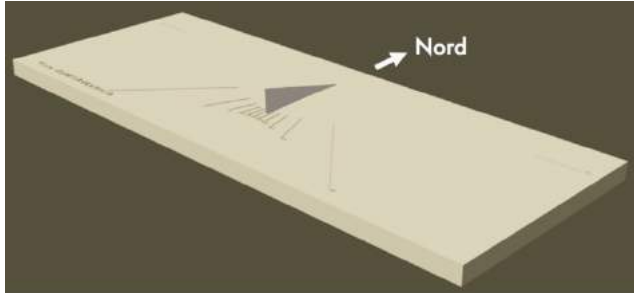
## Que représente cette figure ?



Pierre-Louis Cambefort a en fait repéré cette courbe sur un pilier de l'Abbaye de Bury, dans le Suffolk, en Angleterre.

Elle représente l'évolution de la valeur de l'équation du temps au cours de l'année, mais tracée d'une façon différente de la façon traditionnelle qui conduit à une courbe sinusoïdale (illustration de gauche). Ici les dates sont en ordonnée et la valeur de l'équation du temps en abscisse (illustration de droite), ce qui donne, convenons-en, une intéressante figure !

## En relisant « Le temple du Soleil »...



L'action se déroule donc au Pérou, terre des Incas, et plus précisément près de Cuzco où se situent le temple du Soleil et Machu Picchu, à une latitude d'environ 13°S.

Le style d'un cadran horizontal devant être incliné d'un angle égal à la latitude par rapport au plan horizontal, le style devrait être beaucoup moins incliné !

En outre, comme nous sommes dans l'hémisphère sud le cadran doit être orienté vers le nord et l'ombre du Soleil, le matin (vers 11 h), se trouve donc... de l'autre côté du style !

Ci-dessus le tracé réel d'un cadran horizontal pour Cuzco que Jean-Luc Astre a réalisé avec CadsolOnLine, son logiciel (gratuit) en ligne<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> <https://cadsol.web-pages.fr/>

## Un demi-analemme

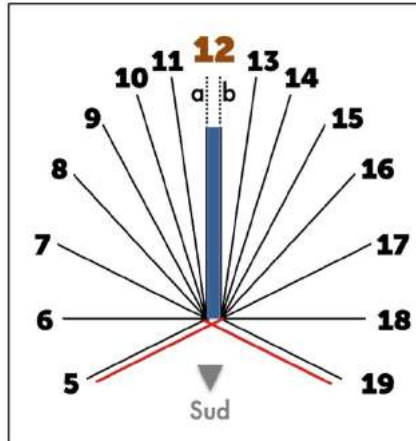


La réponse est bien simple : il y a en fait deux plaques gravées, l'une correspondant aux déclinaisons du Soleil croissantes (du solstice d'hiver au solstice d'été), l'autre aux déclinaisons décroissantes (du solstice d'été au solstice d'hiver).

Une plaque est remplacée par l'autre à chaque solstice...

En outre, on remplace également à l'heure d'été les arcs de cercle entourant cette plaque (sur lesquels sont inscrites les heures) afin que l'observateur puisse lire, toute l'année, le temps légal sans effectuer aucune correction !

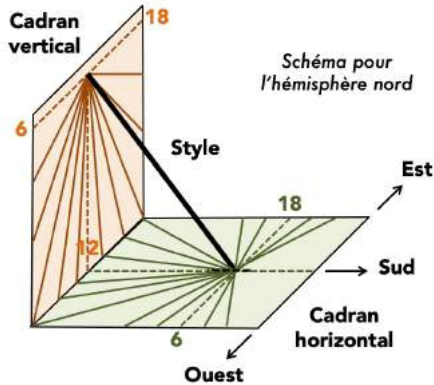
## Un style plus stable...



La réponse est qu'avant 6 h ou après 18 h, le Soleil est sous le plan défini par les deux arêtes du style. Avant 6 h c'est donc en fait l'arête côté b et non celle côté a qui devra être utilisée pour lire l'heure sur le cadran. Après 18 h c'est celle du côté a et non du côté b qui devra être utilisée.

Il vous faut donc modifier votre tracé sous la ligne 6 h - 18 h (illustration ci-dessus - les lignes horaires modifiées sont en rouge) afin que votre cadran indique la bonne heure toute la journée !

## Votre voisin vous demande...



Un cadran horizontal et un cadran vertical plein sud ont le même tracé, mais l'inclinaison du cadran horizontal par rapport au plan horizontal est égal à la latitude ( $40^\circ$  par exemple) alors que l'inclinaison du cadran mural par rapport au plan vertical est égal au complément à  $90^\circ$  de la latitude ( $50^\circ$  dans l'exemple choisi).

Votre voisin pourra donc tout à fait installer son cadran sur un mur vertical plein sud et il restera très précis mais à condition de l'incliner afin que le style fasse un angle de  $50^\circ$  par rapport au plan vertical.

Un petit problème néanmoins. Le cadran mural aura une graduation horaire incorrecte : il indiquera 18 h lorsqu'il sera 6 h, 17 h pour 7 h, 16 h pour 8 h, ... 12 h pour 12 h, 11 h pour 13 h, etc. Le sachant, il suffira de faire la correction à la lecture...

## Trop de cadrans solaires ?

Cette phrase n'a pas été prononcée par un homme politique français...

Elle est extraite d'une comédie attribuée à Plaute (né en Ombrie, Italie, au milieu du iii<sup>e</sup> siècle av. J.-C.). Le personnage de la pièce, un pique-assiette, se plaint en fait moins du nombre de cadrans solaires dans la ville que du fait qu'un cadran solaire impose les heures auxquelles on peut manger...

En somme, un réquisitoire contre une vie trop réglée sur les horloges (solaires)...

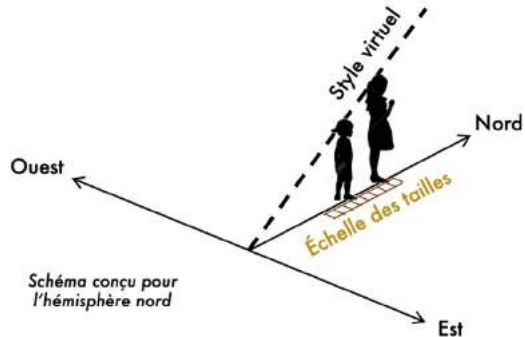
Ci-dessous l'extrait complet du texte, traduit par Michèle Tillard<sup>9</sup>.

Que les dieux perdent le premier qui inventa les heures  
et qui le premier installa ici un cadran solaire !  
Car il m'a brisé ma journée en mille morceaux, malheureux que je suis.  
En effet, depuis mon enfance, mon seul cadran solaire était mon ventre,  
de loin le meilleur et le plus vrai de tous ceux-là,  
Quand il t'avertissait, tu mangeais, sauf quand il n'y avait rien à manger.  
Maintenant, même quand il y a de quoi, on ne mange pas, sauf si cela  
plaît au Soleil.  
Du coup, alors que désormais la ville est remplie de cadrans solaires,  
la plupart des gens se traînent, desséchés par la faim.

---

<sup>9</sup> <https://philo-lettres.fr/latin/plaute/plaute-la-beotienne-fragment/>

## Pourquoi un double cadran ?



Yves Opizzo avait en fait conçu ce double cadran (avec deux échelles graduées) afin que ses enfants et leurs amis puissent... mesurer leur taille !

En effet, l'enfant devait tout d'abord se placer à la bonne date sur l'échelle des dates du cadran analemmatique et lire l'heure solaire dans la direction de son ombre. Puis il devait se placer sur l'échelle des tailles du cadran horizontal afin que l'ombre du sommet de sa tête indique la même heure et il lisait alors sa taille sur l'échelle...

En effet, sur un cadran horizontal sans style, il est facile de placer une échelle au sol (voir schéma ci-dessus) afin que, quelle que soit la taille de l'observateur, il puisse lire l'heure à l'ombre du sommet de sa tête.

## Où se situe ce cadran ?



*Tromsø, dans le nord de la Norvège, située à environ 69,8°N de latitude...*

Pour obtenir une ellipse, il faut que le Soleil ne se couche pas pendant une journée entière. Le cadran doit donc être situé dans les zones polaires.

La parabole s'obtient quand le Soleil tangente l'horizon à minuit solaire.

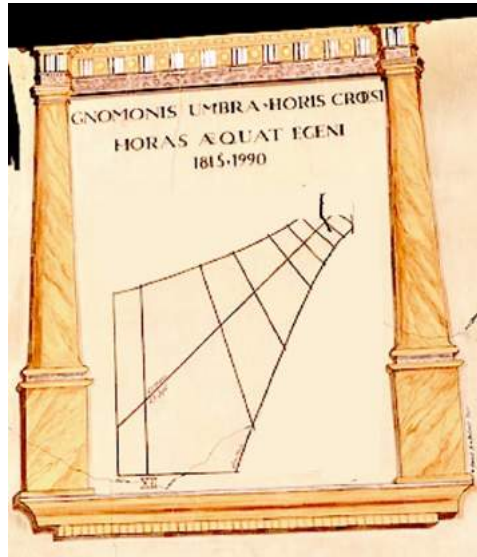
Enfin, pour obtenir une hyperbole complète, c'est-à-dire deux branches d'hyperbole symétriques, il faut que le Soleil se lève pendant les journées qui correspondent à deux déclinaisons de valeur identique et de signe contraire.

Ces déclinaisons doivent donc être de  $\pm 11,5^\circ$  pour que la déclinaison de  $\pm 20,2^\circ$  puisse correspondre à la journée où le Soleil tangente l'horizon et celle de  $\pm 23,5^\circ$  à la journée où le Soleil ne se couche pas.

Les lieux qui répondent à notre énigme sont donc ceux où le Soleil est au niveau de l'horizon à minuit solaire avec une déclinaison de  $\pm 20,2^\circ$ : ils sont situés sur les parallèles de latitude  $\pm(90^\circ - 20,2^\circ)$  c'est-à-dire  $69,8^\circ\text{N}$  ou  $69,8^\circ\text{S}$ .



## Trop de lignes !



On remarque que ce cadran solaire est équipé d'un style perpendiculaire à la table du cadran : c'est donc uniquement l'extrémité de ce style qui indique l'heure solaire. Comme de toute évidence, le cadranier a représenté les deux hyperboles des solstices (et la droite des équinoxes), les lignes au-delà de ces hyperboles sont inutiles puisque l'ombre de l'extrémité du style ne franchira jamais ces arcs.

En outre, si l'on trace une ligne horizontale passant par le pied du style (où il est fixé sur le mur), aucune ombre ne saurait être utilisée pour lire l'heure au-dessus de cette ligne puisque c'est la ligne d'horizon.

Le cadran solaire ainsi « épuré » est reproduit ci-dessus.

## Des médaillons disséminés dans Paris



Ces médaillons constituent une œuvre de *land art* de l'artiste néerlandais Jan Dibbets réalisée en 1994 à l'initiative de l'*Association des amis d'Arago* afin de commémorer le bicentenaire de la naissance du grand astronome, physicien et homme d'État français.

Baptisée « Hommage à Arago », cette « œuvre d'art public » consiste en la dissémination de 135 médaillons (dont certains ont malheureusement disparu) le long du méridien de Paris, sur 9 kilomètres (de la porte de Montmartre au nord à la Cité universitaire au sud).

Pédagogue et vulgarisateur, François Arago (portrait ci-dessus) affirme en introduction de son ouvrage *Astronomie populaire* : « Il est possible d'exposer utilement l'astronomie (...) sans la dégrader, de manière à rendre ses plus hautes conceptions accessibles aux personnes presque étrangères aux mathématiques ». C'est ce que cet ouvrage s'efforce aussi de faire...

## Quel jour sommes-nous ?



*La ligne de changement de date est tracée en bleu à l'extrême droite de cette mappemonde où sont représentés les 24 fuseaux horaires*

Lorsque l'on navigue vers l'ouest, la durée du jour que l'on peut mesurer à sa montre à deux passages successifs du Soleil au méridien du bateau est plus longue, car le bateau va dans la même direction que le Soleil (il ralentit la course apparente du Soleil). Lorsqu'on aura effectué un tour complet, on aura « perdu » un jour.

On le gagnera inversement lorsque l'on fait un tour du monde en allant vers l'est, ce qui a permis notamment à Phileas Fogg, le héros de Jules Verne, de réussir finalement son pari de faire « Le tour du monde en quatre-vingts jours ».

Il existe depuis la fin du xix<sup>e</sup> siècle un méridien de changement de date (aux antipodes de celui de Greenwich), ce qui fait que par exemple les avions partant de Tokyo vers San Francisco arrivent plus tôt qu'ils ne sont partis...

## Où chercher midi à quatorze heures ?

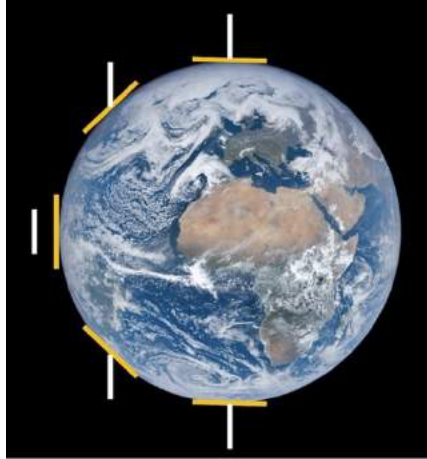
$$TL = TS + ET + 1h \text{ (si « heure d'été ») } + CL$$

- TL : heure légale (celle de nos montres et téléphones)
- TS : heure solaire (lue sur le cadran)
- ET : valeur de l'équation du temps au jour considéré (à lire sur un schéma ou une table)
- CL : correction de longitude (positive si le cadran est situé à l'Ouest du méridien de référence, négative s'il est situé à l'Est de ce méridien).

Considérons la formule ci-dessus donnant, en tout point du globe, l'heure légale à partir de l'heure solaire. Rappelons-nous que l'équation du temps varie de + 15 min à - 16 min environ au cours de l'année et que les longitudes de la France métropolitaine vont de 5,1° O vers Ouessant à 9,5° E vers Aléria, soit des corrections de longitudes respectives (15° correspondant à 1 h) par rapport au méridien de référence de la France (15° E), de + 1 h 20 min à l'extrême ouest du territoire à + 22 min à l'extrême est. A l'extrême ouest du territoire, compte tenu de + 1 h 20 min de correction de longitude, on ne pourra avoir midi à quatorze heures pendant l'heure d'hiver (la valeur de l'équation du temps atteignant au mieux + 15 min) et on dépassera systématiquement 14 h pendant l'heure d'été (la valeur de l'équation du temps étant au mieux de - 16 min). A l'extrême est du territoire, compte tenu de la correction de longitude de + 22 min, on ne pourra jamais avoir midi à quatorze heures...

Seules des régions du territoire légèrement moins à l'ouest ou beaucoup moins à l'est pourront « chercher midi à quatorze heures », la formule donnée pouvant même vous permettre de déterminer les longitudes précises encadrant ces régions. Un bon exercice pour les apprenties ou apprentis gnomonistes ?

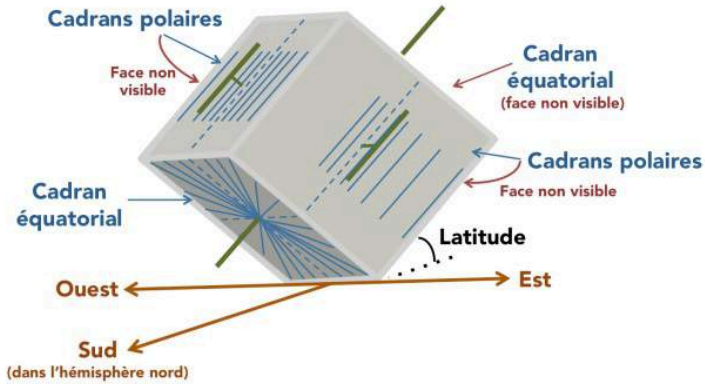
## Un curieux cadran solaire...



C'est un cadran solaire horizontal à style polaire (c'est-à-dire parallèle à l'axe de rotation terrestre).

Il devient équatorial aux pôles et polaire à l'équateur, comme l'illustre le schéma ci-dessous.

## Et si l'on inclinait le cube ?



Si le cube est incliné d'un angle avec l'horizontale égal à la latitude du lieu il devient un cadran beaucoup plus simple à tracer puisque sur deux faces nous aurons des cadrans équatoriaux et sur les quatre autres des cadrans polaires !

Il suffira de veiller à limiter les plages horaires sur chacun des cadrans en fonction de son orientation et vous réaliserez rapidement un cadran simple d'aspect et au potentiel pédagogique indiscutable.

## L'énigme du grand mage...



*Vestiges de Babylone, de nos jours, en Irak.*

*C'est bien entendu « le temps », car, comme l'explique Zadig : « Rien n'est plus long [...] puisqu'il est la mesure de l'éternité ; rien n'est plus court, puisqu'il manque à tous nos projets ; rien n'est plus lent pour qui attend ; rien de plus rapide pour qui jouit ; il s'étend jusqu'à l'infini en grand ; il se divise jusque dans l'infini en petit ; tous les hommes le négligent, tous en regrettent la perte ; rien ne se fait sans lui ; il fait oublier tout ce qui est indigne de la postérité, et il immortalise les grandes choses. »*

## En bon citoyen...

La différence de longitude entre les deux communes est de  $23^\circ - 6^\circ = 17^\circ$  correspondant à  $17 \cdot (60 / 15) = 68$  min soit 1 h et 8 min. Lorsqu'il sera 12 h au soleil dans la ville grecque située plus à l'est, il ne sera que 12 h - 1 h 8 min soit, dans votre commune, 10 h 52 min.

Il vous suffit donc de tracer la ligne horaire 10 h 52 min sur votre cadran. Vous le ferez par différentes méthodes possibles :

- avec votre montre (le plus simple !), après avoir converti l'heure solaire 10 h 52 min en heure légale avec la formule bien connue (mais rappelée cependant ci-dessous) : vous tracerez alors la ligne horaire le long de la ligne d'ombre (du style du cadran) à cette heure !
- avec la formule donnant l'angle A d'une ligne horaire avec la ligne de midi : dans ce cas, la formule s'écrira (avec LAT la latitude de votre commune) :  $\tan A = \cos LAT \tan 17^\circ$ .

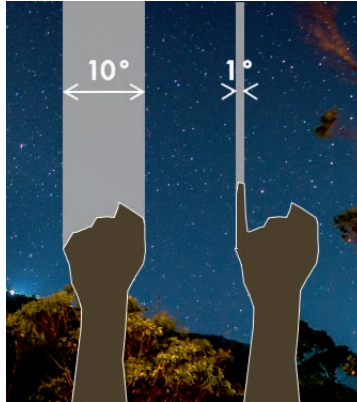
$$TL = TS + ET + 1h \text{ (si « heure d'été »)} + CL$$

- TL : heure légale (celle de nos montres et téléphones)
- TS : heure solaire (lue sur le cadran)
- ET : valeur de l'équation du temps au jour considéré (à lire sur un schéma ou une table)
- CL : correction de longitude (positive si le cadran est situé à l'Ouest du méridien de référence, négative s'il est situé à l'Est de ce méridien).

*Conversion de l'heure solaire en heure légale*



## Un poing levé dans la nuit...



Lorsque l'on tend son bras, la largeur du poignet correspond à environ  $10^\circ$  sur la voûte céleste et ce quel que soit l'observateur (un adulte ou un enfant par exemple). Pratique, non, pour naviguer dans une carte du ciel ou pour observer des phénomènes particuliers (« *Telle planète sera cette nuit proche de telle autre, à  $30^\circ$  vers l'est* » par exemple) ?

Mais, nous direz-vous, « *Et si l'angle n'est pas un multiple de  $10^\circ$ ?* ». Eh bien, dans ce cas, utilisez votre auriculaire, toujours bras tendu : son épaisseur équivaut à environ  $1^\circ$  !

## Trouvez l'intrus



*La Montre & le Cadran solaire.*

UN jour la Montre au Cadran infultoit,  
Demandant quelle heure il étoit.  
Je n'en sçais rien, dit le Greffier Solaire.  
Eh ! que fais-tu donc là, si tu n'en sçais pas plus ?  
J'attends, répondit-il, que le Soleil m'éclaire ;  
Je ne sçais rien que par Phœbus.  
Attends-le donc, moi je n'en ai que faire,  
Dit la Montre ; sans lui je vais toujours mon train.

*Illustration et texte de la fable d'Antoine Houdar de la Motte*  
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8613373p/f204>

L'intrus est l'affirmation n°4 car le message radio de la NASA ne contenait pas *Imagine* mais *Across the Universe* (À travers l'Univers) des Beatles, dont le titre est bien en phase avec l'objectif du message... En ce qui concerne les autres affirmations :

- Voltaire nous apprend en effet qu'Antoine Houdar de la Motte appelle « greffier solaire » un cadran solaire dans une courte fable de son ouvrage *Fables nouvelles*, publié en 1719 (voir ci-dessus).
- Le magazine *Cadrans solaires pour tous* se dégage de toute responsabilité si vous tentez la position de yoga « cadran solaire » sans expérience ni préparation...
- Gnomique signifie en effet « Qui exprime un fait général de connaissance ».
- Attention: les mots Périsciens et Amphisciens sont désuets : les employer en étant conscient de cela...

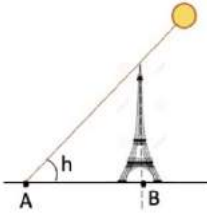
## Sur le mur d'une église



Vous avez peut-être pensé à un cadran canonial mais ce n'en est pas un... Un cadran canonial est typiquement constitué (photo ci-dessus) d'un demi-cercle (parfois d'un cercle complet) divisé en secteurs réguliers et d'un style perpendiculaire au mur, fixé au centre du cercle. Il ne donne pas l'heure solaire mais indique le début des actes liturgiques.

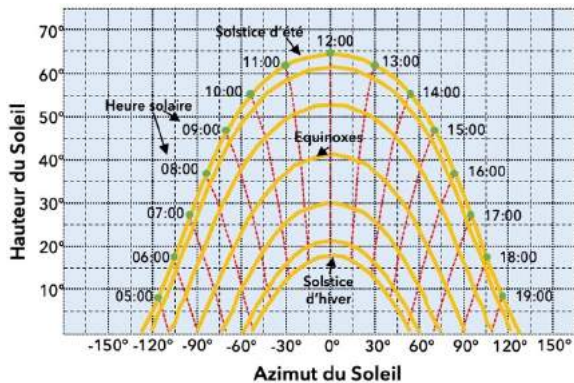
Ce qui figure sur la photo prise en Écosse n'est pas un cadran canonial mais un repère de nivellement, installé souvent sur les murs de bâtiments publics afin que les géomètres disposent de repères fixes (position et hauteur) dans leurs mesures. Un tel repère peut revêtir des formes très différentes : petit cylindre de métal scellé dans le mur, plaque décorative, etc.

## Deux fois plus haut !



Considérons tout d'abord le schéma ci-dessus à gauche : aux équinoxes, à midi solaire, le point A (extrémité de l'ombre de la tour Eiffel) sera situé dans la direction nord-sud passant par le pied B de la tour Eiffel, la distance AB étant égale, puisque la déclinaison du Soleil est égale à  $0^\circ$  (voir la vidéo <https://bit.ly/4080IEJ>), à  $330 / (\tan(90^\circ - \varphi))$  soit 377,7 m environ,  $\varphi$  étant la latitude du pied de la tour Eiffel (que Google Earth <https://earth.google.com> permet d'évaluer à  $48^\circ 51' 29''$ ). Or, 377,7 m au sol correspond à un angle  $\alpha$  au centre de la Terre de  $377,7 / R$  radians, R étant le rayon de la Terre (6 371 km environ), c'est-à-dire un angle d'environ  $12''$ . La longitude de B étant de  $2^\circ 17' 40''$ , A pourra aisément se trouver sur Google Earth avec les coordonnées  $48^\circ 51' 41''$  (écart de latitude de  $12''$  avec le point B) et  $2^\circ 17' 40''$  (longitude égale à celle de B). La droite (en jaune sur l'illustration centrale) que suivra l'ombre du sommet de la Tour Eiffel aux équinoxes est dans la direction est-ouest et passe par le point A. Une autre méthode est d'utiliser le portail public français <https://www.geoportail.gouv.fr/>. Geoportail comporte en effet un outil 'Mesurer une distance' qui permet de déterminer aisément (voir illustration de droite) le point situé à 377,7 m au nord du pied de la tour Eiffel !

## Éclairage d'un cadran solaire



On serait tenté de répondre « Au début de l'été bien entendu ! », or, c'est le contraire ! En effet, pour qu'un cadran solaire soit effectivement éclairé par le Soleil, il faut (en l'absence d'ombres portées par l'environnement extérieur), d'une part que le Soleil soit au-dessus de l'horizon (c'est-à-dire que sa hauteur soit supérieure à  $0^\circ$ ), d'autre part que le Soleil soit devant la table du cadran (c'est-à-dire que son azimut soit compris entre  $-90^\circ$  et  $+90^\circ$ ). Or, de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne, en Europe continentale, le Soleil (qui a alors une déclinaison positive) se lève au nord-est et se couche au nord-ouest (donc derrière la table), et la durée d'éclairage du cadran solaire (vertical plein sud) est alors inférieure à 12 h (sa valeur aux équinoxes). Le graphe ci-dessus, représentant l'évolution, à Paris, de la hauteur et de l'azimut du Soleil au cours de l'année, permettra de mieux comprendre pourquoi la durée d'éclairage d'un cadran vertical plein sud est plus courte au début de l'été qu'au début du printemps ou de l'automne...

## Qui s'est trompé ?

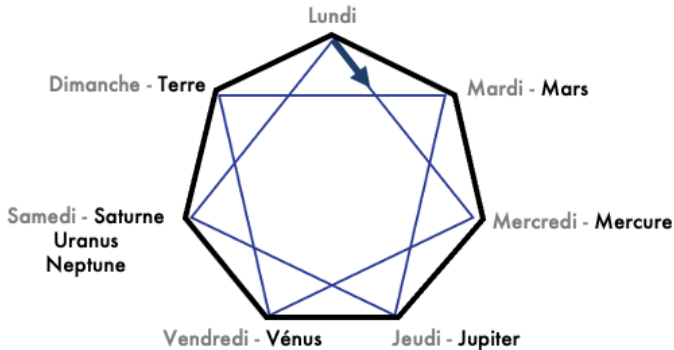


*C'est sur la base des travaux du mathématicien et astronome allemand Christophorus Clavius que le calendrier grégorien est établi en 1582 (notez les magnifiques instruments qui entourent le savant sur cette représentation).*

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

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

## Des jours de la semaine à l'ordre des planètes...



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

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

## Éclairer une place de village...

Voici la solution proposée par Yvon Massé, membre du comité éditorial du magazine.

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

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

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

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

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

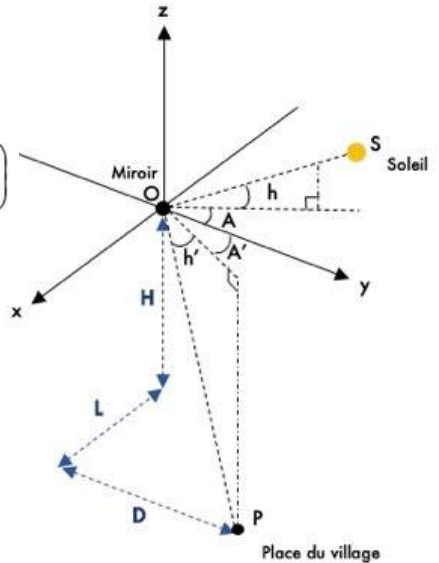
$$N \begin{cases} x = \sin A \cdot \cos h + \sin A' \cdot \cos h' \\ y = \cos A \cdot \cos h + \cos A' \cdot \cos h' \\ z = \sin h + \sin h' \end{cases}$$

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

$$A'' = \text{Atg}\left(\frac{x}{y}\right) = \text{Atg}\left(\frac{\sin A \cdot \cos h + \sin A' \cdot \cos h'}{\cos A \cdot \cos h + \cos A' \cdot \cos h'}\right) \text{ à } 18$$

$$h'' = \text{Atg}\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \text{ d'où}$$

$$h'' = \text{Atg}\left(\frac{\sin h + \sin h'}{\sqrt{\cos^2 h + 2 \cdot \cos(A - A') \cdot \cos h \cdot \cos h' + \cos^2 h'}}\right)$$





## **Votre mission, si vous l'acceptez...**

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

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

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

## Quelle est l'affirmation incorrecte ?



Photo d'une pleine lune prise à Colmar (France)

Toutes les affirmations sont correctes sauf celle relative à la « lune bleue » qui ne se produit pas lorsque la Lune est à son périégée. En fait, « lune bleue » est un terme employé pour indiquer que c'est la seconde pleine lune observée dans un même mois. Et elle n'est pas plus bleue que d'ordinaire ! C'est un événement rare car certaines années peuvent n'avoir que 12 pleines lunes.

Lorsque la Lune à son périégée, c'est une « super lune » que l'on peut admirer par nuit claire : son diamètre est alors le plus important du mois.

## Une curieuse poche ....



*Montre à gousset ayant appartenu à Marcel  
Proust (qui ne portait pas de jean !)*

Cette poche était prévue à l'origine pour y ranger une montre à gousset ! Elle n'a jamais été supprimée.

## Votre ami, artiste renommé...



Page d'accueil du site <https://heuresolaire.com/>

Vous avez de la chance car la météo prévoit une succession de jours ensoleillés et vous avez votre smartphone avec vous. Dès l'aube, vous fixez avec l'artiste un style vers le milieu du mur et dans sa partie supérieure (facile: vous connaissez la latitude du lieu, et l'enfant de votre ami vous a prêté son grand rapporteur et un fil à plomb qu'il a confectionné !). Puis... vous attendez le Soleil.

Sur votre téléphone, vous vous connectez à la page d'accueil du site <https://heuresolaire.com/> qui, avec sa fonction de géolocalisation, vous donne en temps réel l'heure solaire du lieu où vous vous trouvez. Vous attendez chaque heure solaire (voire chaque demi-heure) et tracez avec un feutre fin l'ombre portée par le style sur la surface ondulée. En fin d'après-midi le travail est terminé et ces lignes horaires seront valables pour tous les jours de l'année !

Et vous laissez à votre ami artiste le soin, le lendemain, de peindre des lignes définitives, de l'épaisseur et de la couleur qu'il voudra, recouvrant vos lignes initiales...

## Un cadran équatorial à style horizontal



*La cité-État de Singapour, en Asie du Sud-Est*

Puisque le style d'un cadran équatorial est polaire (parallèle à l'axe de rotation de la Terre), ce cadran équatorial à style horizontal est donc installé près de l'équateur terrestre, et plus précisément dans l'un des jardins botaniques de Singapour, à une latitude à peine supérieure à 1° N.



## **Crédits photos et illustrations**

- Page 11 : Photo Roger Torrenti
- Page 12 : Photo NASA (domaine public)
- Page 13 : Illustration Roger Torrenti
- Page 17 : Document Wikimedia Commons (Fichier : A horizontal sundial from Hungary 1.jpg- Auteur Takkk - Licence CC BY-SA 3.0)
- Page 18 : Document Wikimedia Commons (Fichier : SouthPoleStationDestinationAlpha.jpg - Auteur Daniel Leussler - Licence CC BY-SA 3.0)
- Page 19 : Photo Joël Robic
- Page 20 : Document Wikimedia Commons (Fichier : Windup alarm clock.jpg - Auteur Evil saltine- Domaine public)
- Page 21 : Illustration Roger Torrenti
- Page 22 : Copie d'écran du site [www.sja73.com](http://www.sja73.com)
- Page 23 : Photo Roger Torrenti
- Page 25 : Photo Roger Torrenti
- Page 26 : Illustration Pierre-Louis Cambefort
- Page 27 : Illustration Roger Torrenti d'après une photo de Joël Robic
- Page 28 : Documents Wikimedia Commons (Domaine public)
- Page 29 : Photo Roger Torrenti
- Page 30 : Illustration et photo David Alberto
- Page 31 : Copie d'écran de la vidéo citée
- Page 32 : Illustration Roger Torrenti
- Page 33 : © Casterman
- Page 34 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Txllxt Txllxt - Fichier : Greenwich - Royal Observatory - Sundial Dolphins 1977 by Christopher St J Daniel - View North.jpg - Licence CC Attribution-Share Alike 4.0)
- Page 35 : Illustration Roger Torrenti
- Page 36 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Richard Webb - Fichier : Sundial, Berwick Bridge - geograph.org.uk - 3139011.jpg - Licence CC Attribution-Share Alike 2.0)
- Page 37 : Document Wikimedia Commons (Fichier : Emmanuel Macron 2021.jpg - Domaine public) - Document Wikimedia Commons (Fichier : Plautus.jpg - Domaine public) - Document



- Wikimedia Commons (Auteur : MEDEF - Fichier : Jack Lang.jpg - Licence CC BY-SA 2.0)
- Page 38 : Photo Yves Opizzo
  - Page 39 : Illustration Yvon Massé
  - Page 40 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Alpes de Haute Provence - Fichier : Cadran solaire à Thorame-Haute.jpg - Licence CC BY 2.0)
  - Page 41 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Hugues Mitton Hugovoyages - Fichier : Medaillon Arago97A.jpg - Licence CC BY-SA 2.5)
  - Page 42 : Illustration Roger Torrenti d'après Google Maps
  - Page 43 : Illustration et photo Roger Torrenti
  - Page 44 : Illustration Roger Torrenti
  - Page 45 : Illustration Roger Torrenti d'après <http://michel.lalos.free.fr>
  - Page 46 : Document Wikimedia Commons (Fichier : D'après Maurice Quentin de La Tour, Portrait de Voltaire (c. 1737, musée Antoine Lécuyer).jpg - Domaine public)
  - Page 47 : Photo Roger Torrenti
  - Page 48 : Montage Roger Torrenti d'après le document Wikimedia Commons (Auteur : luherath Fichier : Spirada night sky.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
  - Page 49 : Photo du site <https://fr.freepik.com>
  - Page 50 : Document Wikimedia Commons (Auteur : JeremyA - Fichier : Benchmark in Edinburgh.jpg - Licence CC BY-SA 2.5)
  - Page 51 : Photo du site <http://maget.maget.free.fr/>
  - Page 52 : Photo Alix Loiseleur des Longchamps
  - Page 53 : Illustration David Alberto
  - Page 54 : Illustration Francis Reymann
  - Page 55 : Photo Karin Rø (site <https://www.visitnorway.com>)
  - Page 56 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Graham Curran Fichier : Null Island 2017.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
  - Page 57 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Hansjorn - Fichier : Auguste Rodin - Grubleren 2005-02.jpg - Domaine public)

- Page 58 : Document Wikimedia Commons (Auteur : M62 - Fichier : Levi's 506 front.jpg - Licence CC BY-SA 3.0)
- Page 59 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Joanni Maurice Perronet - Fichier : MerAgitée.png - Domaine public)
- Page 60 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Michael Coghlan - Fichier : Sundial, Singapore Botanic Gardens.jpg - Licence CC BY 2.0)
- Page 62 : Illustration Roger Torrenti
- Page 63 : Photo Roger Torrenti
- Page 64 : Illustration Roger Torrenti
- Page 66 : Illustration Roger Torrenti
- Page 67 : Document Wikimedia Commons (Fichier : UTC hue4map ATA.png - Auteur Phoenix B 1of3 - Domaine public)
- Page 68 : Illustration Roger Torrenti
- Page 70 : Illustration Roger Torrenti
- Page 71 : Copie d'écran du site [www.sja73.com](http://www.sja73.com)
- Page 72 : Illustration Roger Torrenti
- Page 73 : Illustration Roger Torrenti
- Page 74 : Illustration Roger Torrenti
- Page 75 : Document Wikimedia Commons (Auteur : antomoro - Fichier : Lesheures.jpg - Licence Art libre)
- Page 76 : Illustration Roger Torrenti d'après une photo de Joël Robic
- Page 78 : Photo Roger Torrenti
- Page 79 : Photo David Alberto
- Page 80 : Illustration Roger Torrenti
- Page 81 : Illustrations Roger Torrenti et Pierre-Louis Cambefort
- Page 82 : Illustration Jean-Luc Astre
- Page 83 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Txllxt Txllxt - Fichier : Greenwich - Royal Observatory - Sundial Dolphins 1977 by Christopher St J Daniel - View North.jpg - Licence CC Attribution-Share Alike 4.0)
- Page 84 : Illustration Roger Torrenti
- Page 85 : Illustration Roger Torrenti
- Page 87 : Illustration Roger Torrenti

- Page 88 : Document Wikimedia Commons (Auteur : WikiLucas00 - Fichier : Sunset in Storgata, Tromsø.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 89 : Illustration Roger Torrenti
- Page 90 : Document Wikimedia Commons (Artiste : Charles de Steuben - Fichier : François Arago by Carl von Steuben.jpg - Domaine public)
- Page 91 : Illustration Roger Torrenti d'après le document Wikimedia Commons (Auteur : TimeZonesBoy - US Central Intelligence Agency - Fichier : World Time Zones Map.png - Domaine public)
- Page 93 : Illustration Roger Torrenti d'après photo NASA
- Page 94 : Illustration Roger Torrenti
- Page 95 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Osama Sarm - Fichier : Street in Babylon.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 97 : Illustration Roger Torrenti d'après document Wikimedia Commons (Auteur : luherath - Fichier : Spirada nightsky.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 98 : Copies d'écran du site mentionné
- Page 99 : Document Wikimedia Commons (Auteur : GO69 - Fichier : Uzeste (33) Collégiale Notre-Dame Extérieur 05.jpg - Licence CC BY-SA 4.0)
- Page 100 : Illustrations Roger Torrenti et copies d'écran des sites mentionnés
- Page 101 : Illustration Roger Torrenti
- Page 102 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Francesco Villamena - Fichier : Christopher Clavius.jpg - Domaine public)
- Page 103 : Illustration Francis Reymann
- Page 104 : Illustration Roger Torrenti
- Page 106 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Gzen92 - Fichier : Pleine Lune depuis Colmar.jpg - Domaine Licence CC BY-SA 4.0 International)
- Page 107 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Anonyme - Fichier : Montre à gousset ayant appartenu à Marcel Proust, OM3171.jpg - Licence CC0)

- Page 108 : Copie d'écran du site mentionné
- Page 109 : Document Wikimedia Commons (Auteur : Seloloving - Fichier : Singapore on the globe (Southeast Asia centered) zoom.svg- Licence CC BY-SA 3.0)

