

- Course journalière du Soleil : le Soleil culmine au méridien (Stellarium)
- Vidéo : pb, l'ombre varie et n'est pas la plus courte à midi (de la montre) ?
Avec un gnomon : l'heure solaire vraie (heure locale)
- Analemme avec Stellarium
- Equation du temps : corriger les inégalités pour obtenir l'heure civile locale
Orbite elliptique et lois de Kepler
Obliquité de la Terre sur l'écliptique
- Le temps légal
La longitude
Les fuseaux horaires
- Cadran solaire équatorial boîtier de CD (une nouveauté du 20^e siècle)
- Cadran solaire vertical ou horizontal
- Cadran solaire à alidade (une nouveauté du 18^e siècle)

Le cadran solaire à équation de l'abbé Guyoux

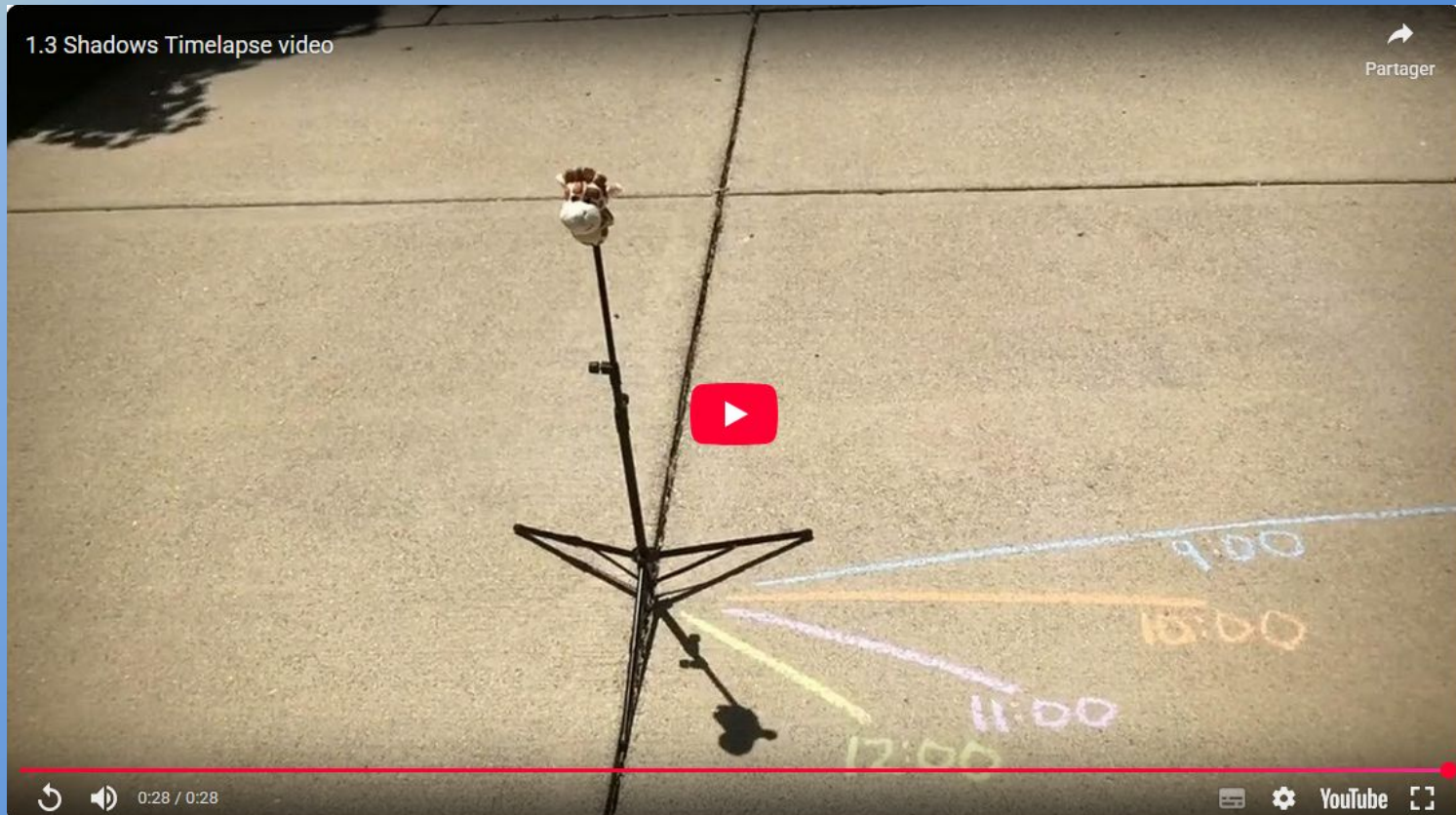


Portrait de l'abbé Guyoux (cliché F. Chavent)

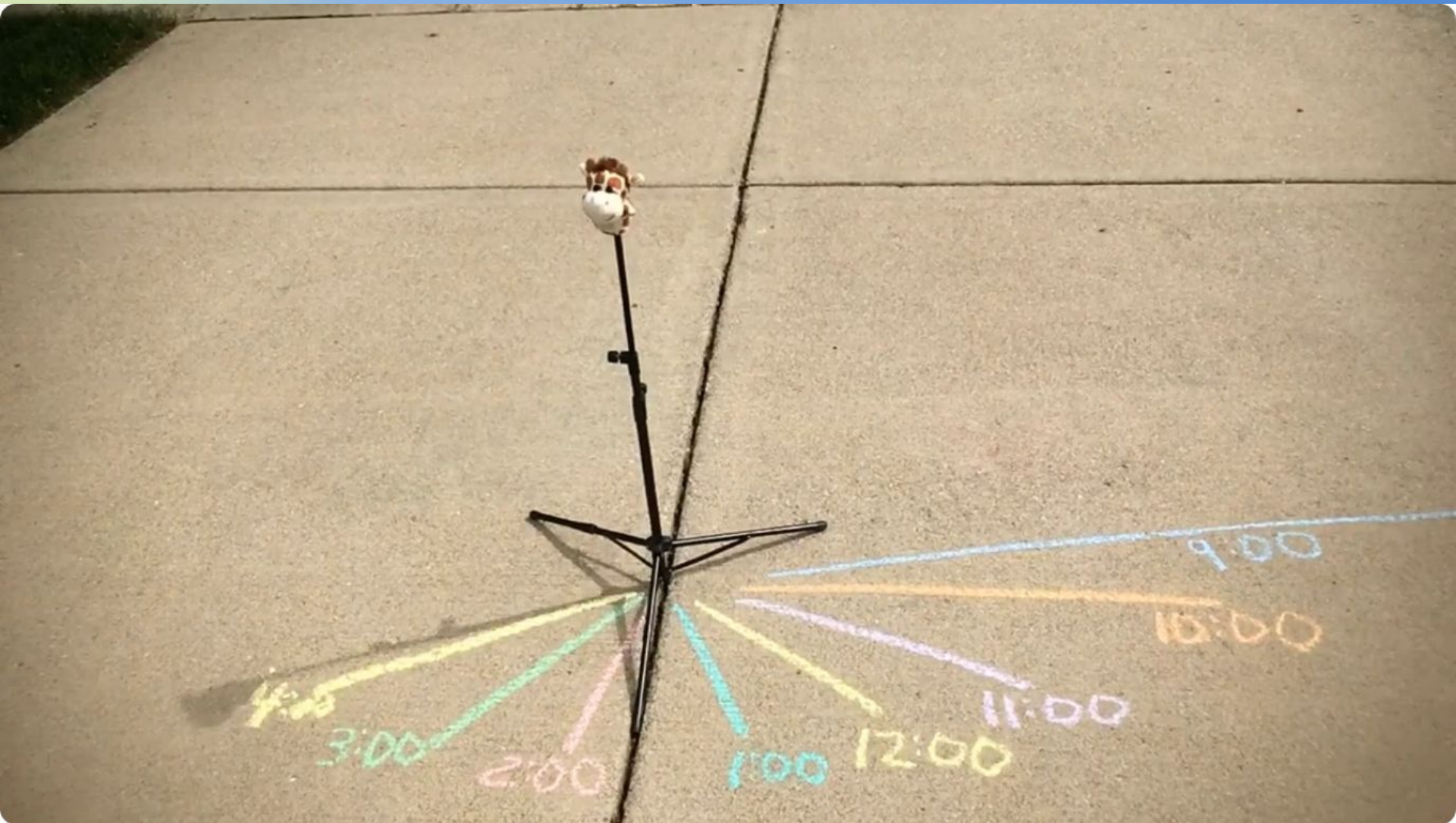


Le cadran solaire équatorial

Avec un gnomon : l'heure solaire vraie (heure locale)



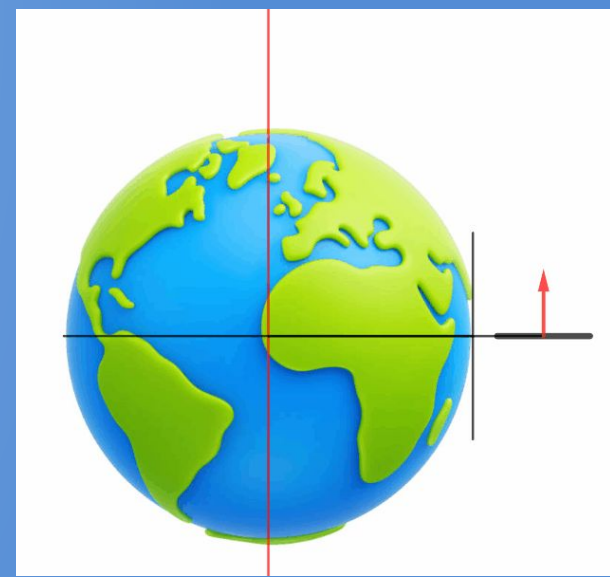
Avec un gnomon : l'heure solaire vraie (heure locale)



Pourquoi l'ombre varie et n'est pas la plus courte à midi (de la montre) ?

Le cadran solaire équatorial

- Graduations régulières (15° pour 1 h),
- longueur de l'ombre constante au cours de la journée,
- **mais toujours un décalage entre l'heure du cadran et celle de la montre...**



L'équation du temps

Tracé de l'analemme avec Stellarium

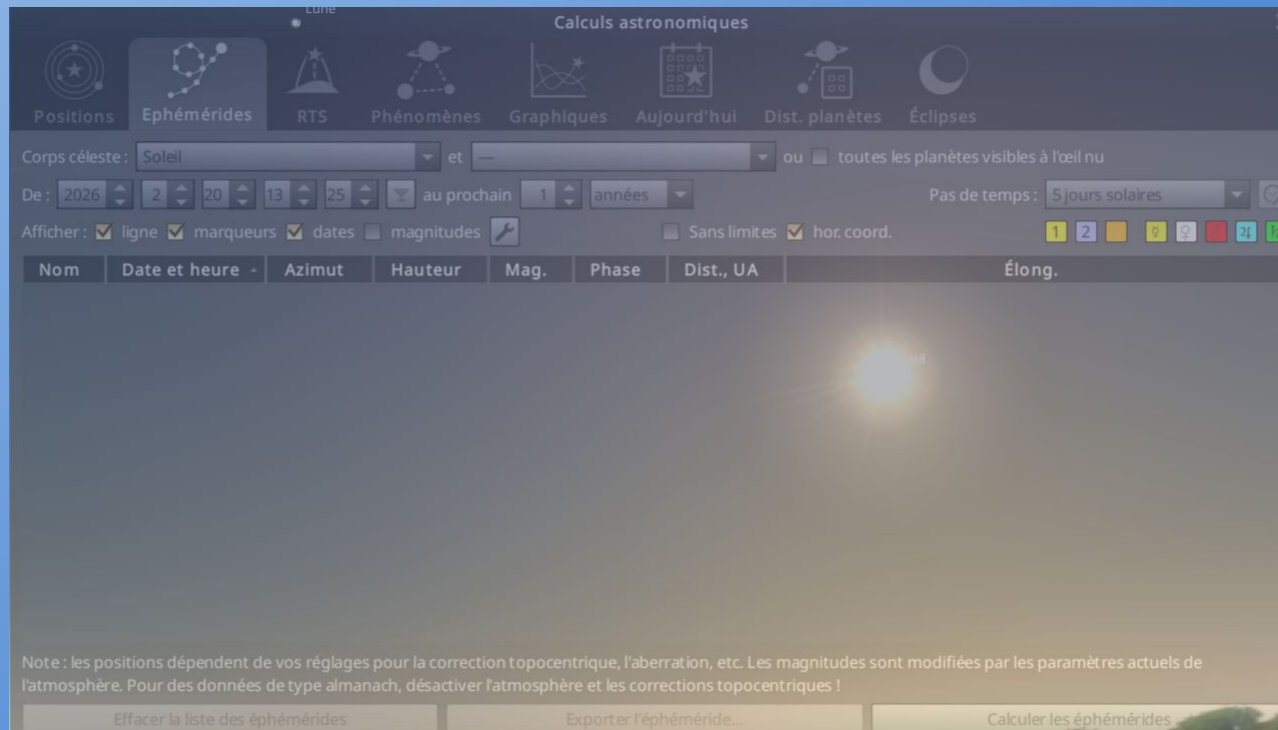
Menu «calculs astronomiques »

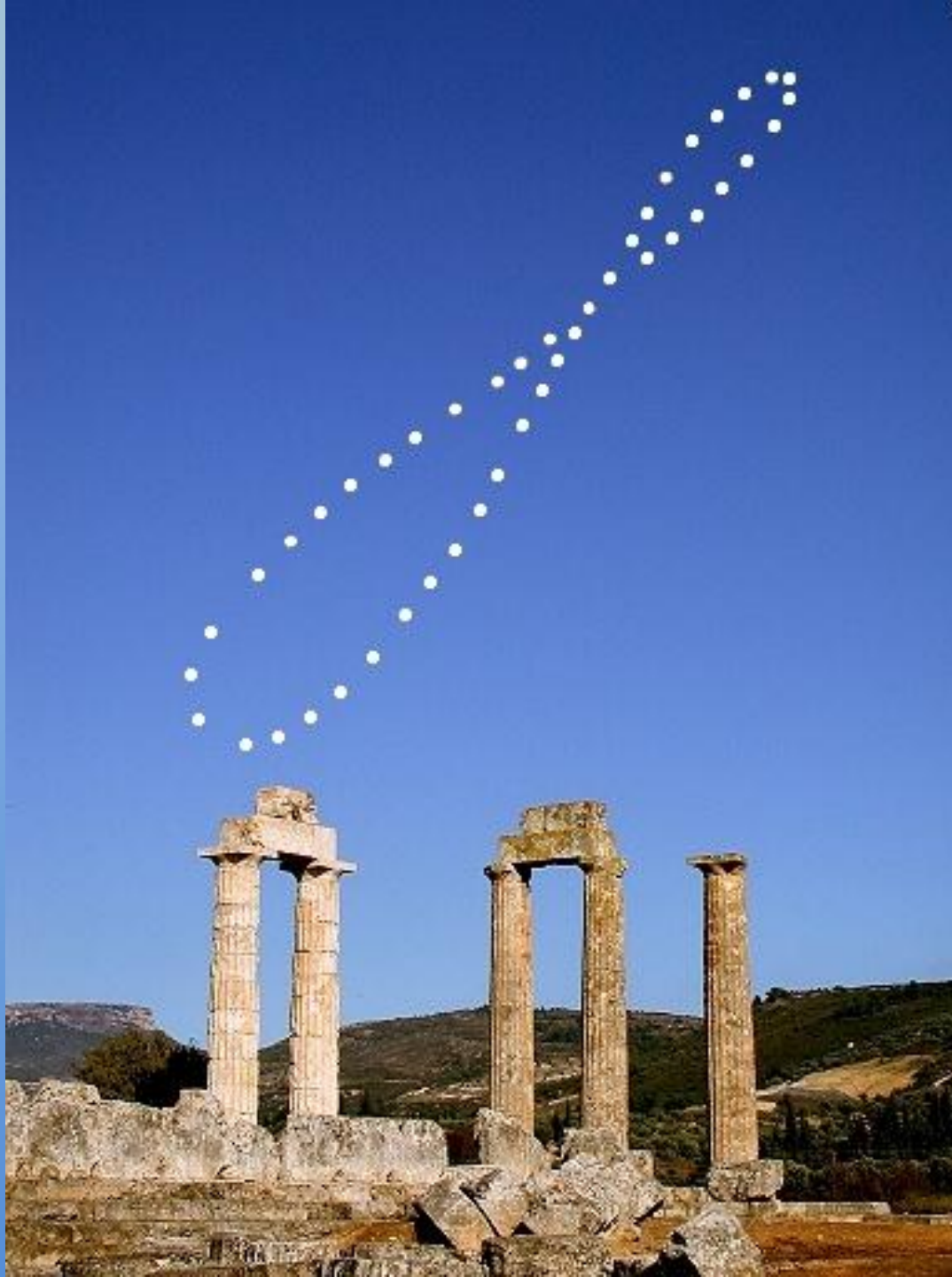
Onglet « Ephémérides »

Régler l'heure et la date

Pas de temps: « 5 jours solaires »

Bouton « Calculer les éphémérides »





Analemme photographié par **Anthony Ayiomamitis** à Athènes, du 7 janvier au 20 décembre 2003.

Avec un gnomon : l'heure solaire vraie (heure locale)



+ équation du temps



Ellipticité



Obliquité

L'heure civile locale

Avec un gnomon : l'**heure solaire vraie** (heure locale)



+ équation du temps



Ellipticité

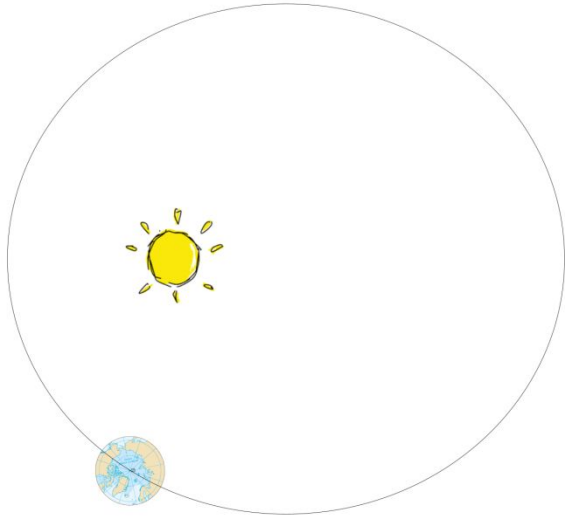


Obliquité

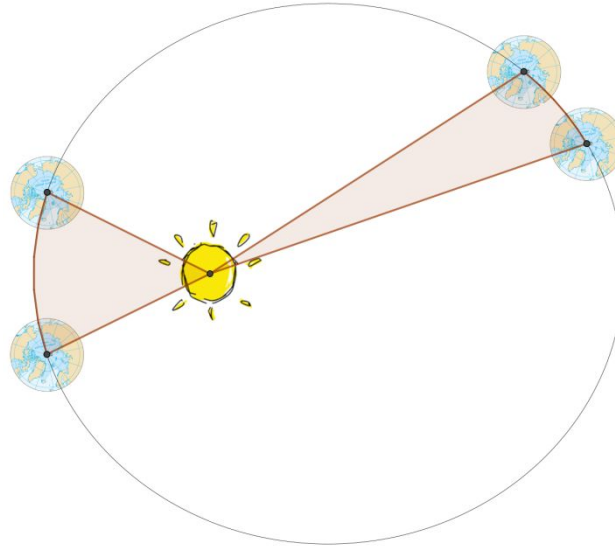
L'**heure civile locale**

Les trois lois de Kepler

1. La loi des orbites (Astronomia nova – 1609)

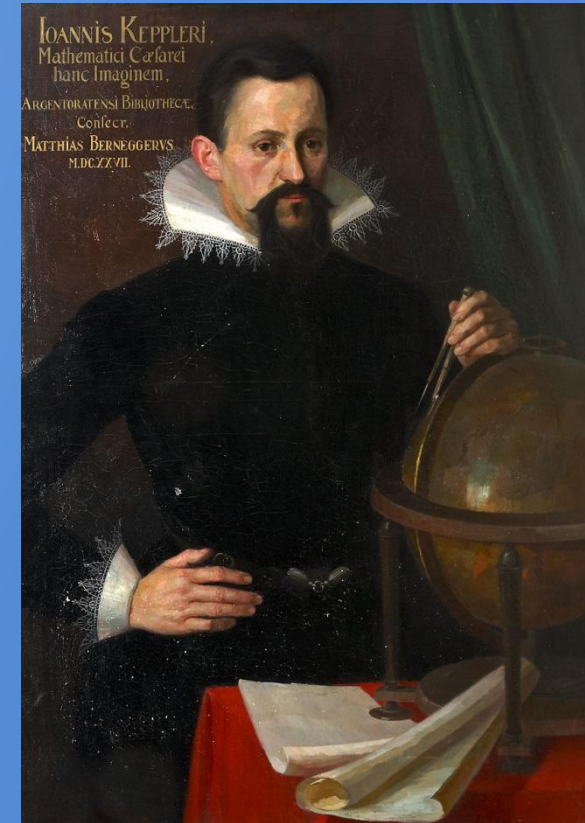
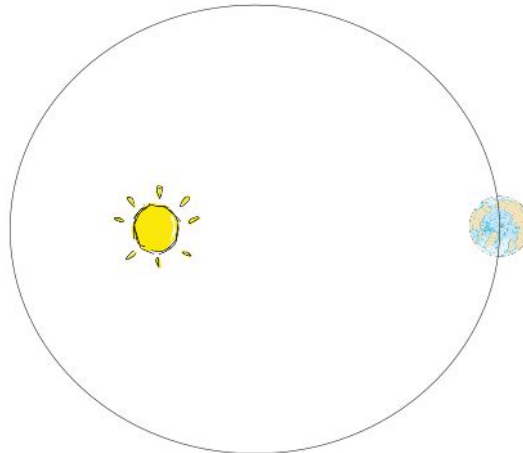


2. La loi des aires (Astronomia nova – 1609)



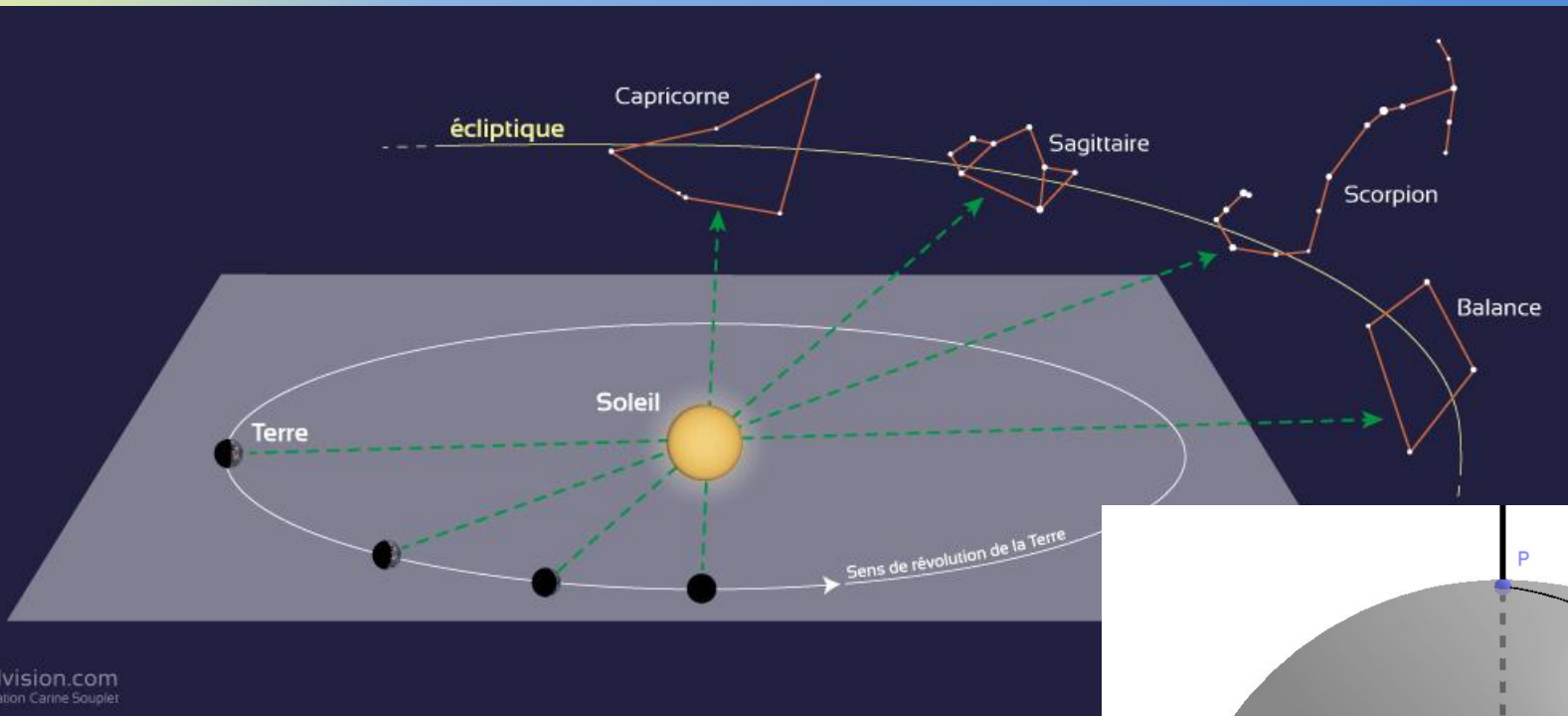
3. La loi des périodes (Harmonices mundi – 1619)

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M_{\odot} + m)}$$



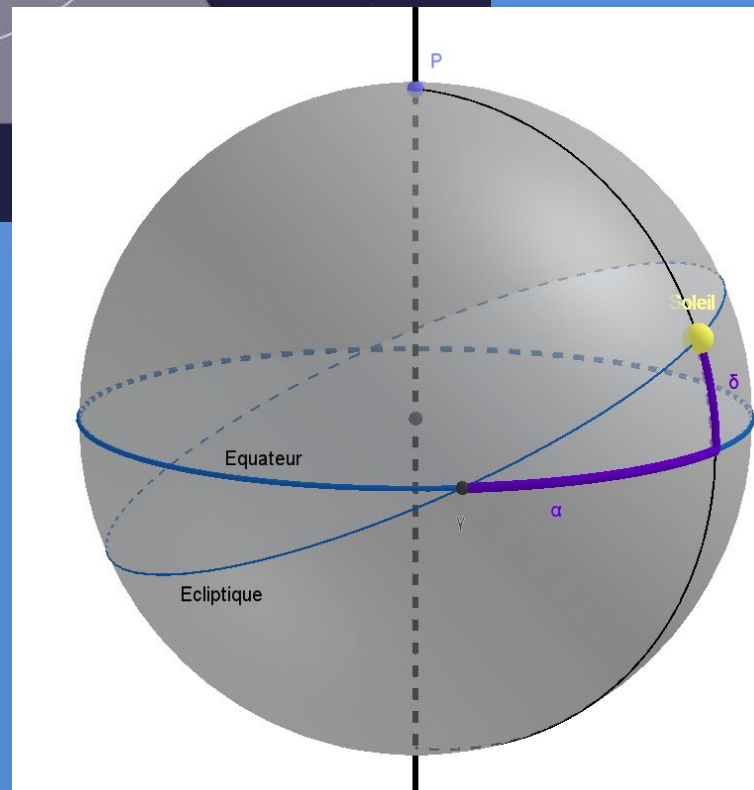
Johannes Kepler
(1571 – 1630)

L'écliptique et la sphère céleste

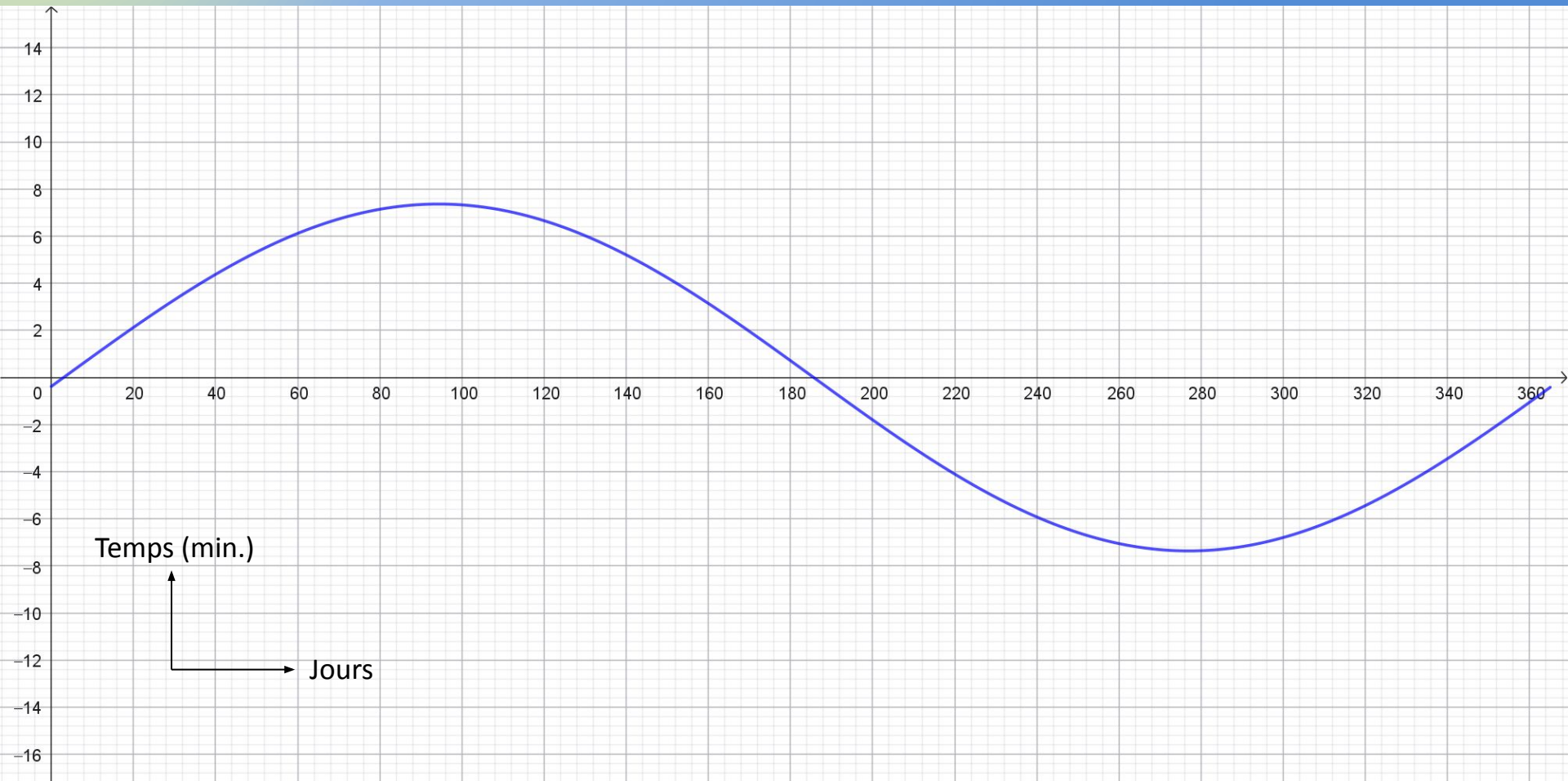


L'**écliptique** est la trajectoire annuelle du Soleil sur la sphère céleste

La course annuelle du Soleil sur l'écliptique n'est pas uniforme.



Contribution de l'ellipticité de l'orbite terrestre



— Ellipticité

Avec un gnomon : l'**heure solaire vraie** (heure locale)



+ équation du temps



Ellipticité



Obliquité

L'**heure civile locale**

Avec un gnomon : l'heure solaire vraie (heure locale)



+ équation du temps

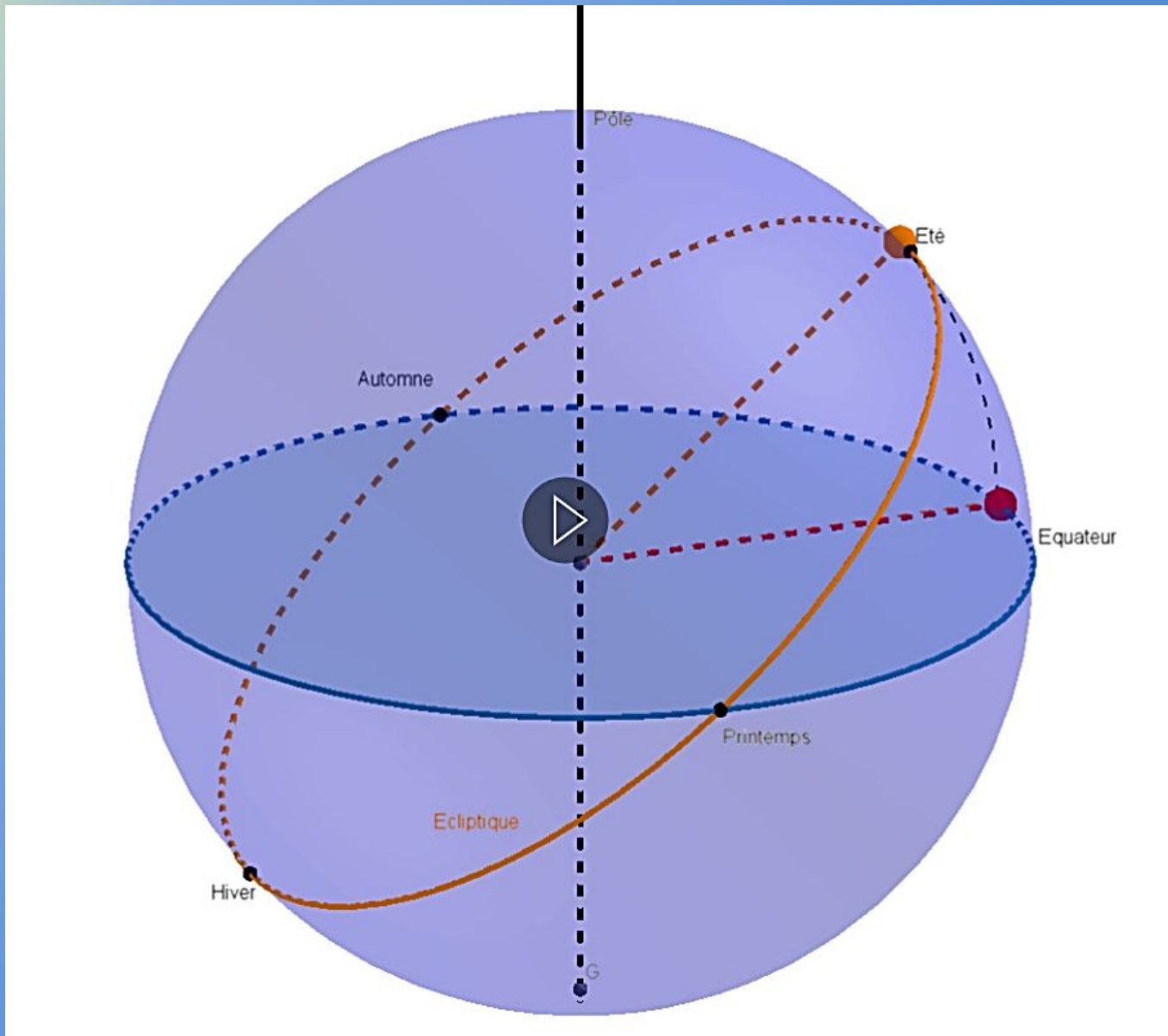


Ellipticité

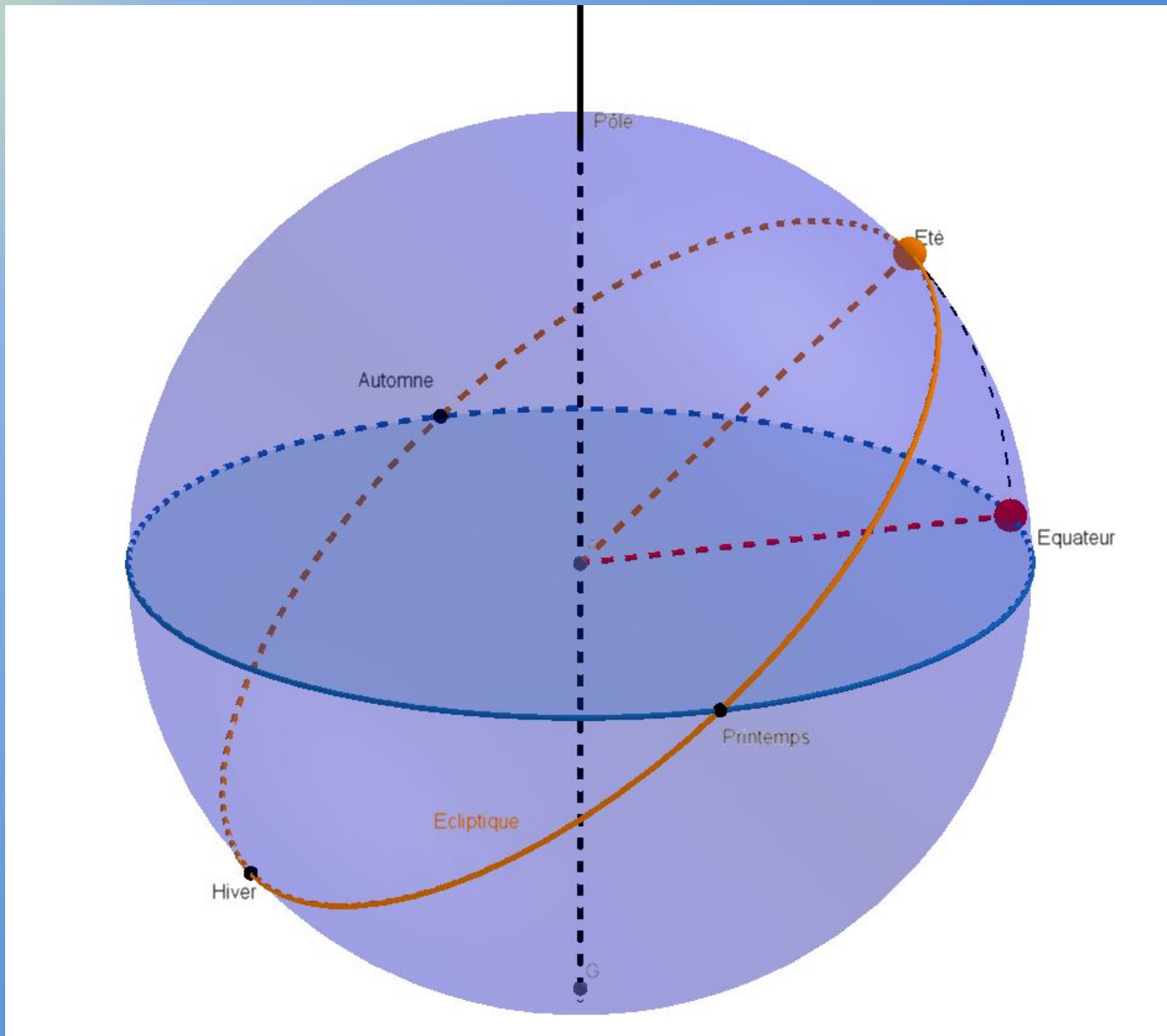


Obliquité

L'heure civile locale

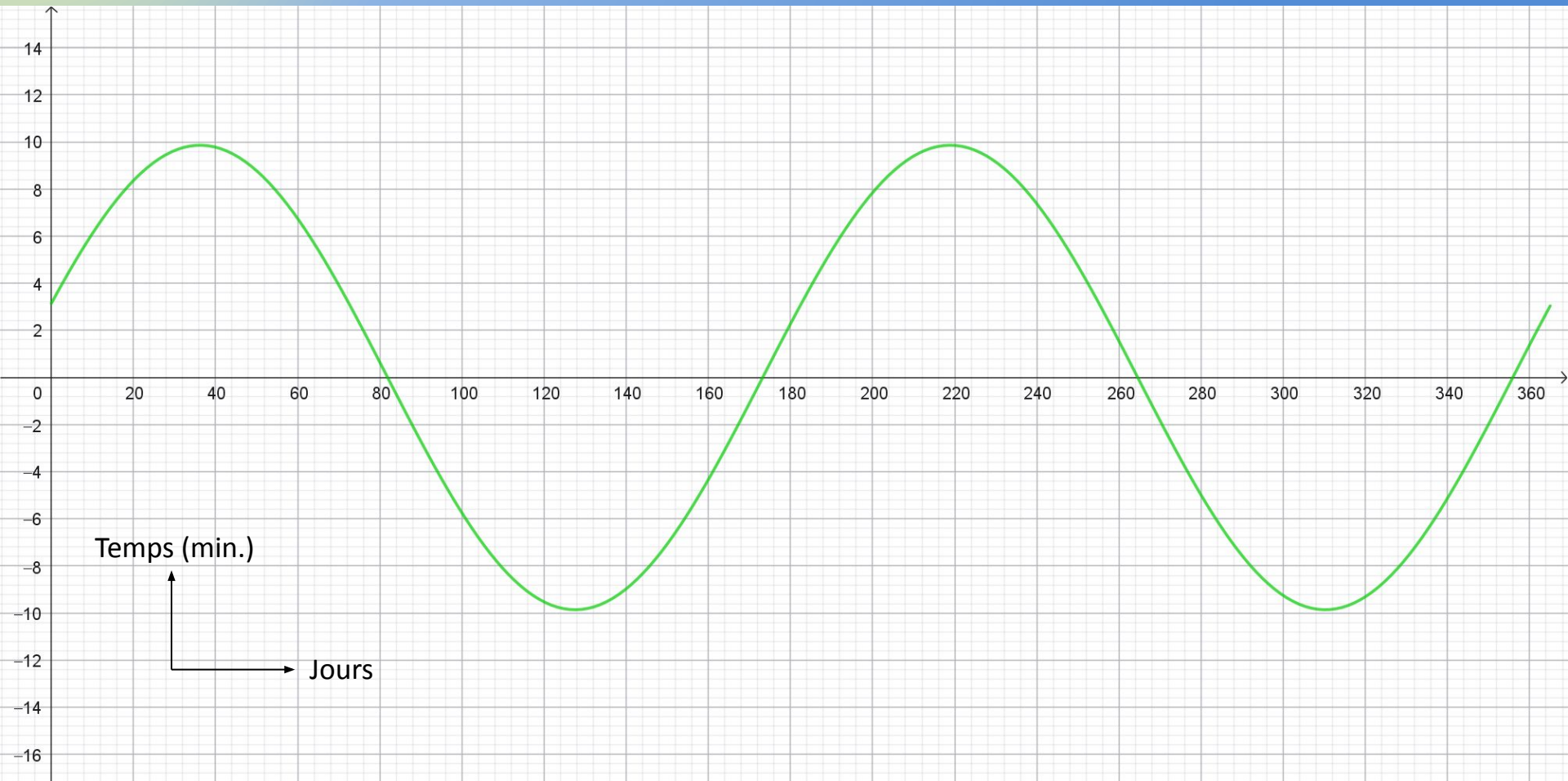


Même si le Soleil se déplaçait à vitesse constante sur l'écliptique, sa projection sur l'équateur n'aurait pas une vitesse constante.



Même si le Soleil se déplaçait à vitesse constante sur l'écliptique, sa projection sur l'équateur n'aurait pas une vitesse constante.

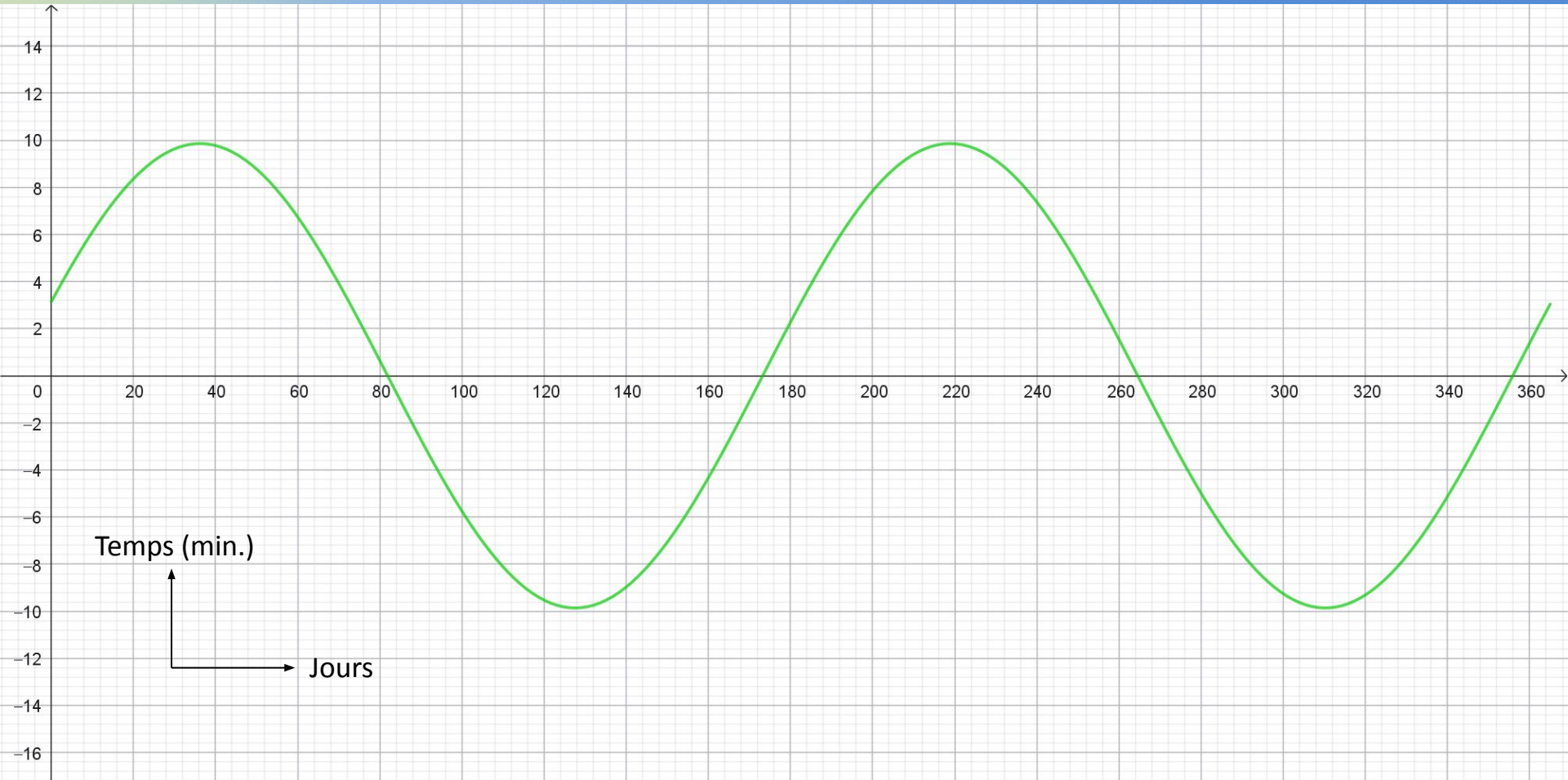
Contribution de l'obliquité de l'orbite terrestre



— Obliquité

Equation du temps

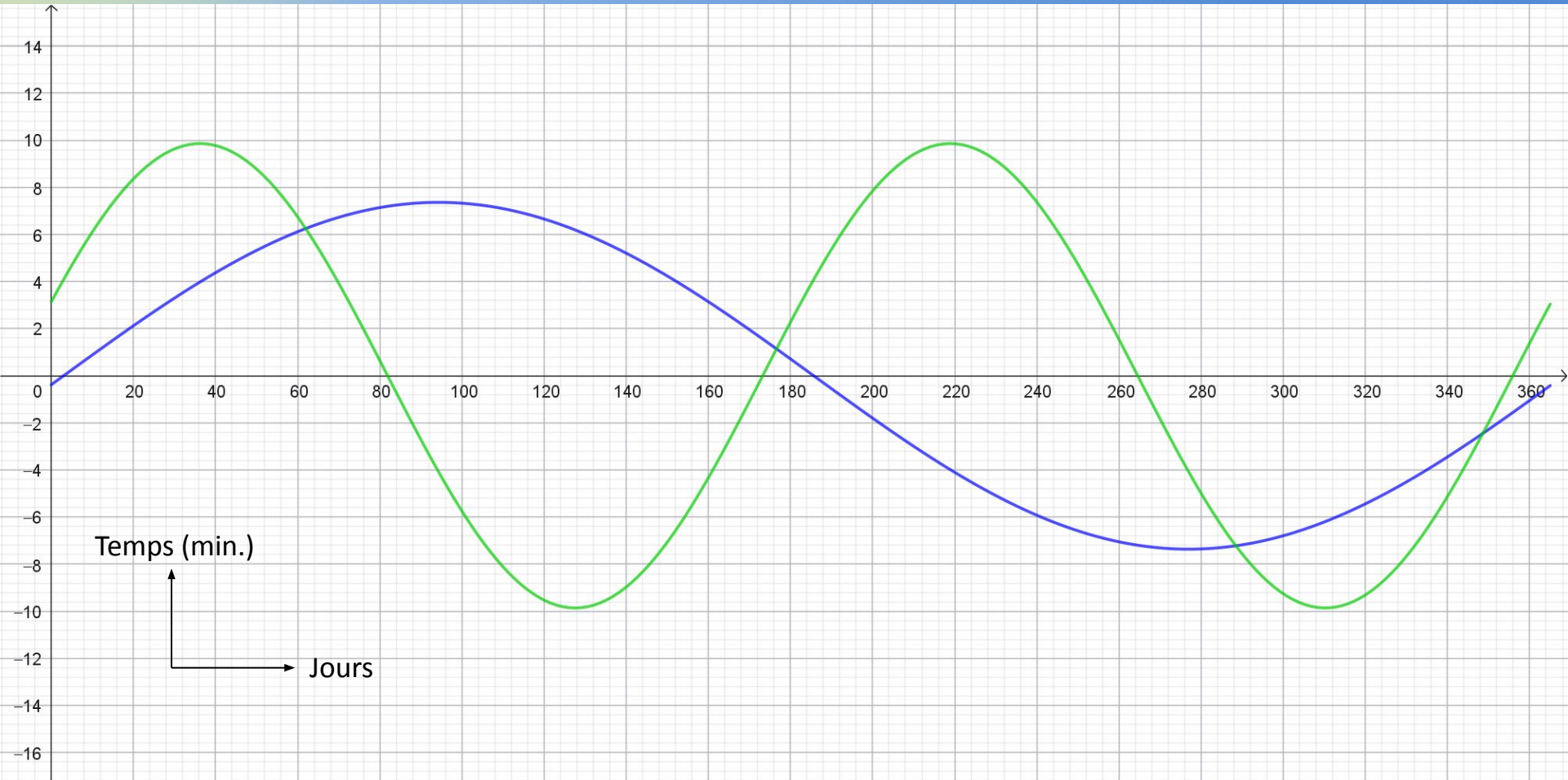
Temps à ajouter à l'heure solaire vraie (irrégulière) pour obtenir le temps moyen local (heure civile locale)



— Obliquité

Equation du temps

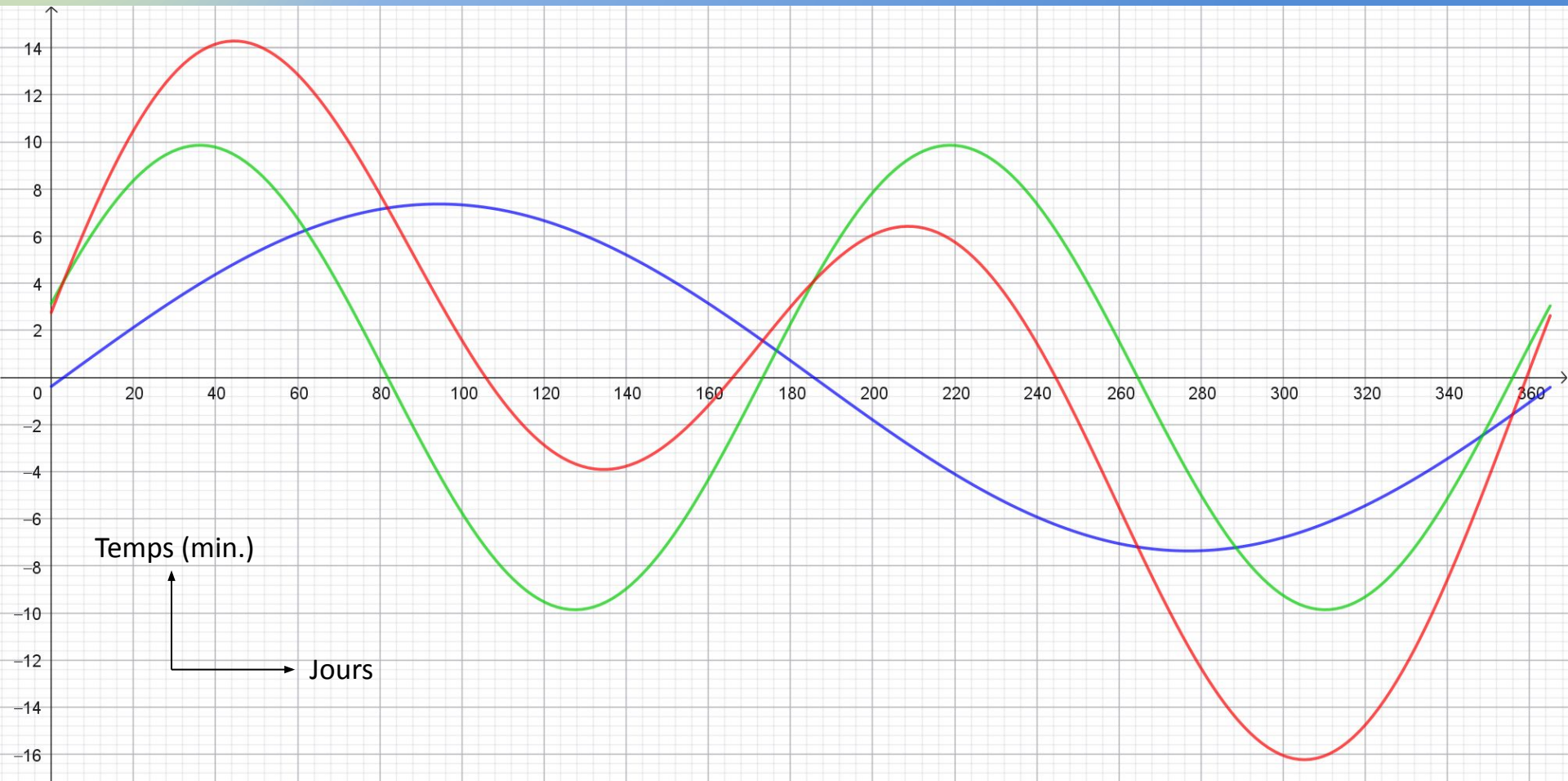
Temps à ajouter à l'heure solaire vraie (irrégulière) pour obtenir le temps moyen local (heure civile locale)



- Ellipticité
- Obliquité

Equation du temps

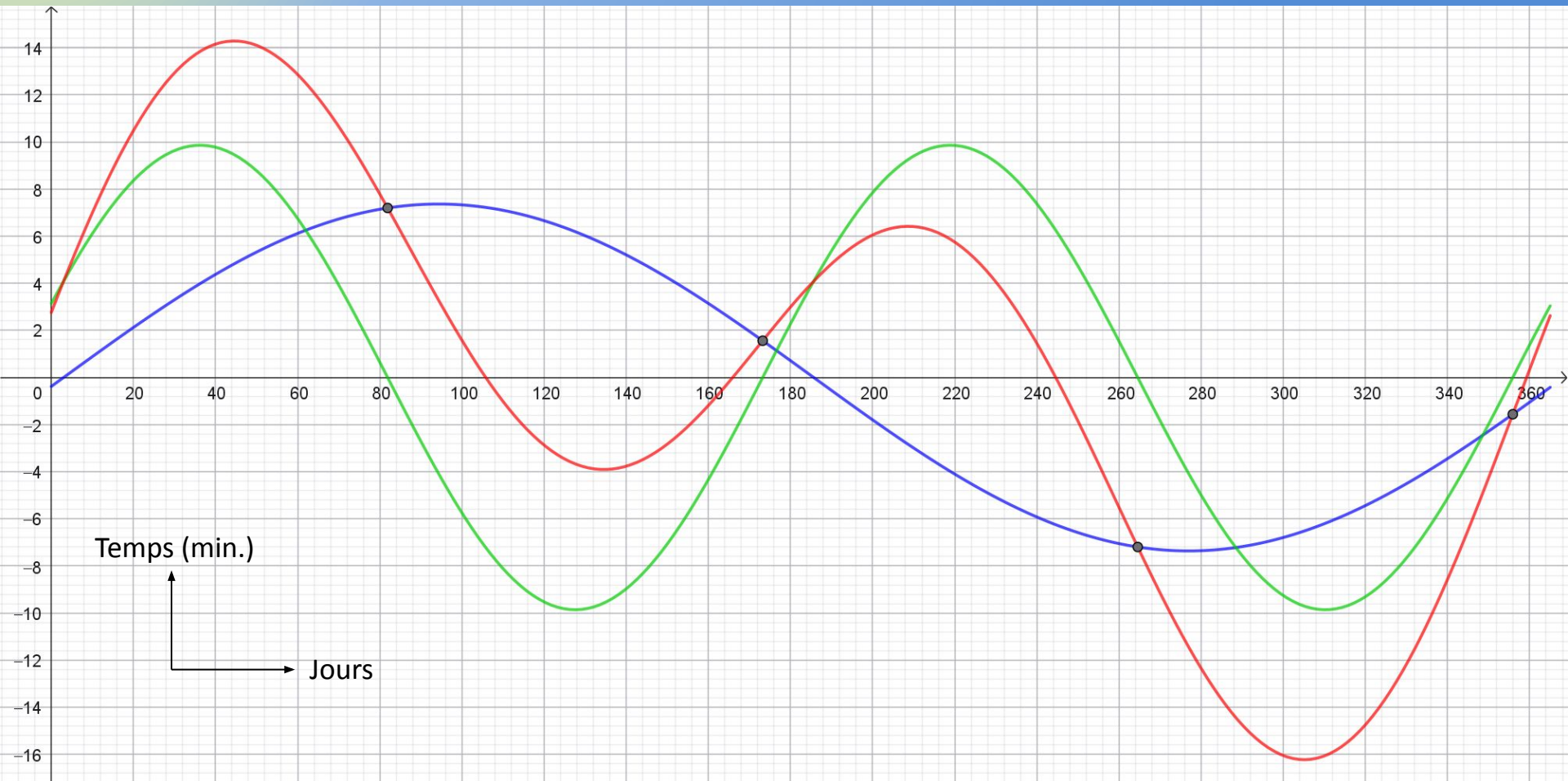
Temps à ajouter à l'heure solaire vraie (irrégulière) pour obtenir le temps moyen local (heure civile locale)



- Ellipticité
- Obliquité
- Equation du temps

Equation du temps

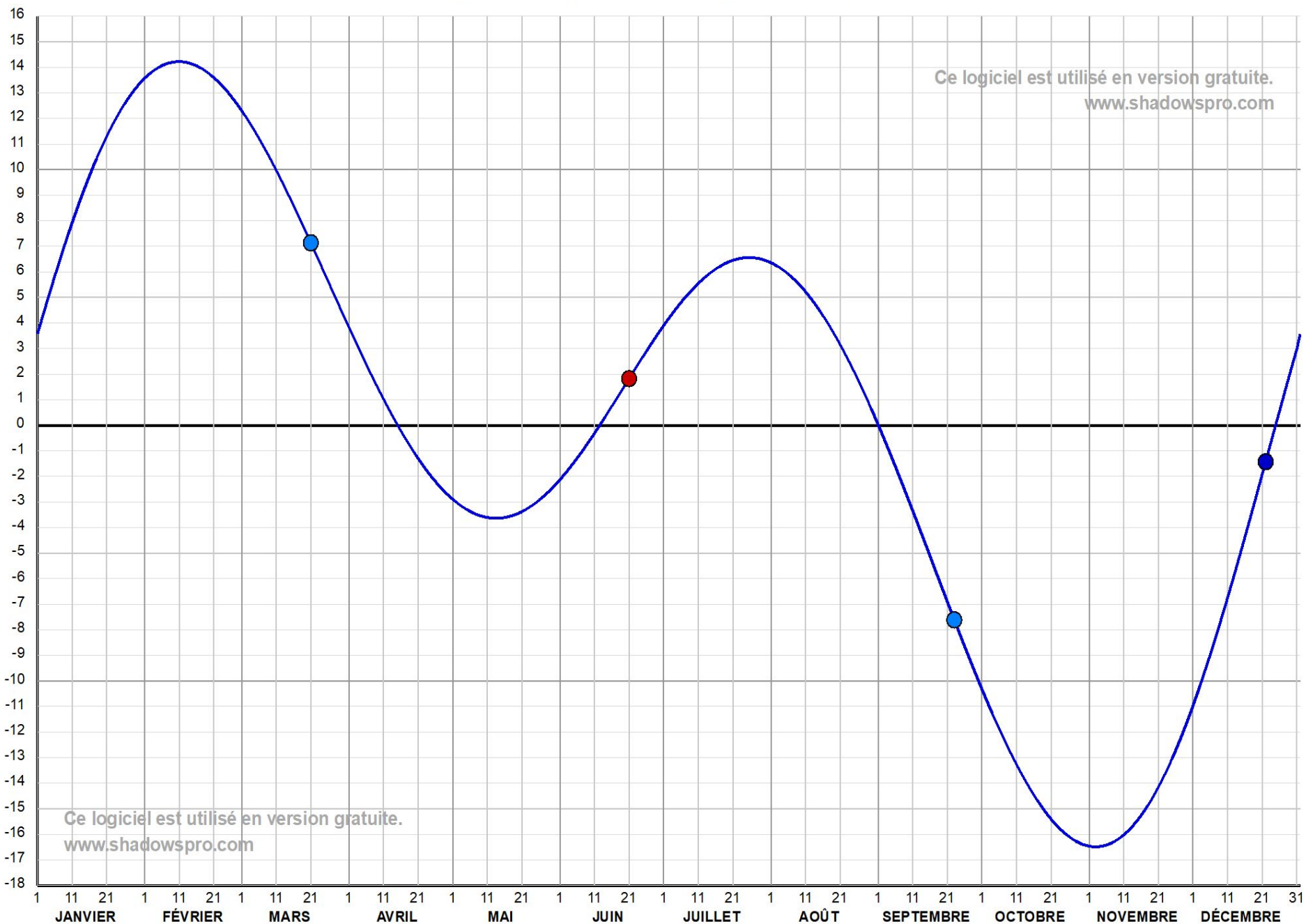
Temps à ajouter à l'heure solaire vraie (irrégulière) pour obtenir le temps moyen local (heure civile locale)



- Ellipticité
- Obliquité
- Equation du temps

GRAPHE DE L'ÉQUATION DU TEMPS (2026)

Temps en minutes à ajouter au Temps Solaire pour obtenir le Temps Moyen



Ce logiciel est utilisé en version gratuite.
www.shadowspro.com

Ce logiciel est utilisé en version gratuite.
www.shadowspro.com

Autres corrections de temps

Avec un gnomon : l'**heure solaire vraie** (heure locale)



+ équation du temps

Ellipticité

Obliquité

L'**heure civile locale**



+ 4 min par degré de longitude Ouest

Le **temps universel** (heure civile locale à Greenwich)

Le temps universel (heure civile locale à Greenwich) :

La Terre tourne sur elle-même d'un degré toutes les $\frac{24 \times 60}{360} = 4$ minutes.



Exemple :

Brest : 48,4° N 4,5° O

Strasbourg : 48,6° N 7,8° E

Différence de longitude : 12,3°

Différence de temps civil : 49,2 min.

Il faut donc ajouter 4 minutes par degré de longitude Ouest pour passer du **temps civil local** au **temps universel** (temps civil sur le méridien de Greenwich).

Avec un gnomon : l'**heure solaire vraie** (heure locale)



+ équation du temps

Ellipticité

Obliquité

L'**heure civile locale**



+ 4 min par degré de longitude Ouest

Le **temps universel** (heure civile locale à Greenwich)



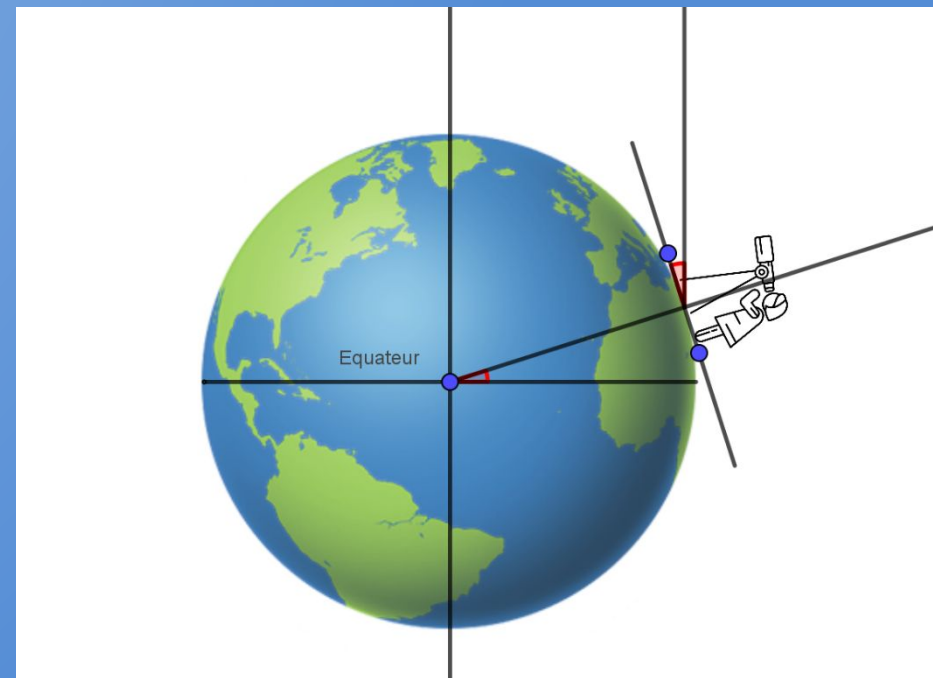
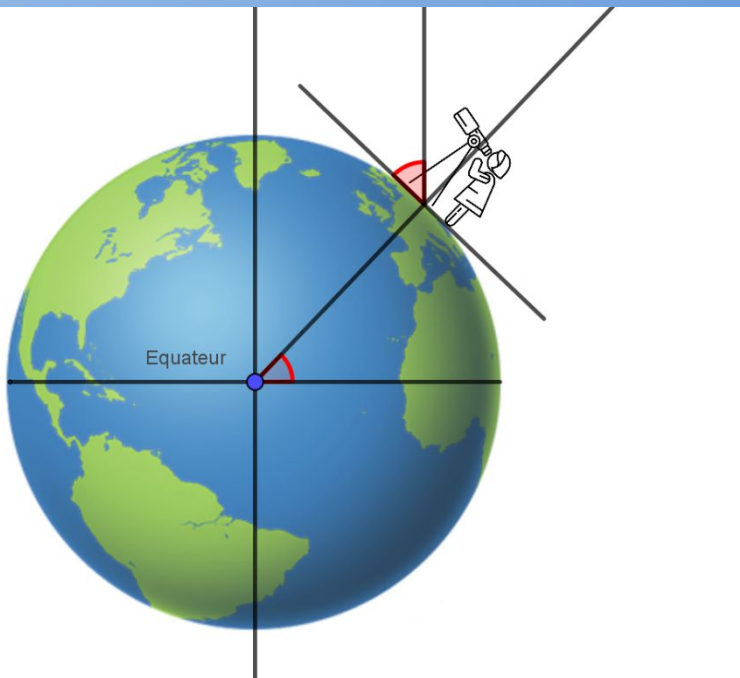
+ 1h en hiver
+ 2h en été

L'**heure légale**

Orienter le cadran solaire

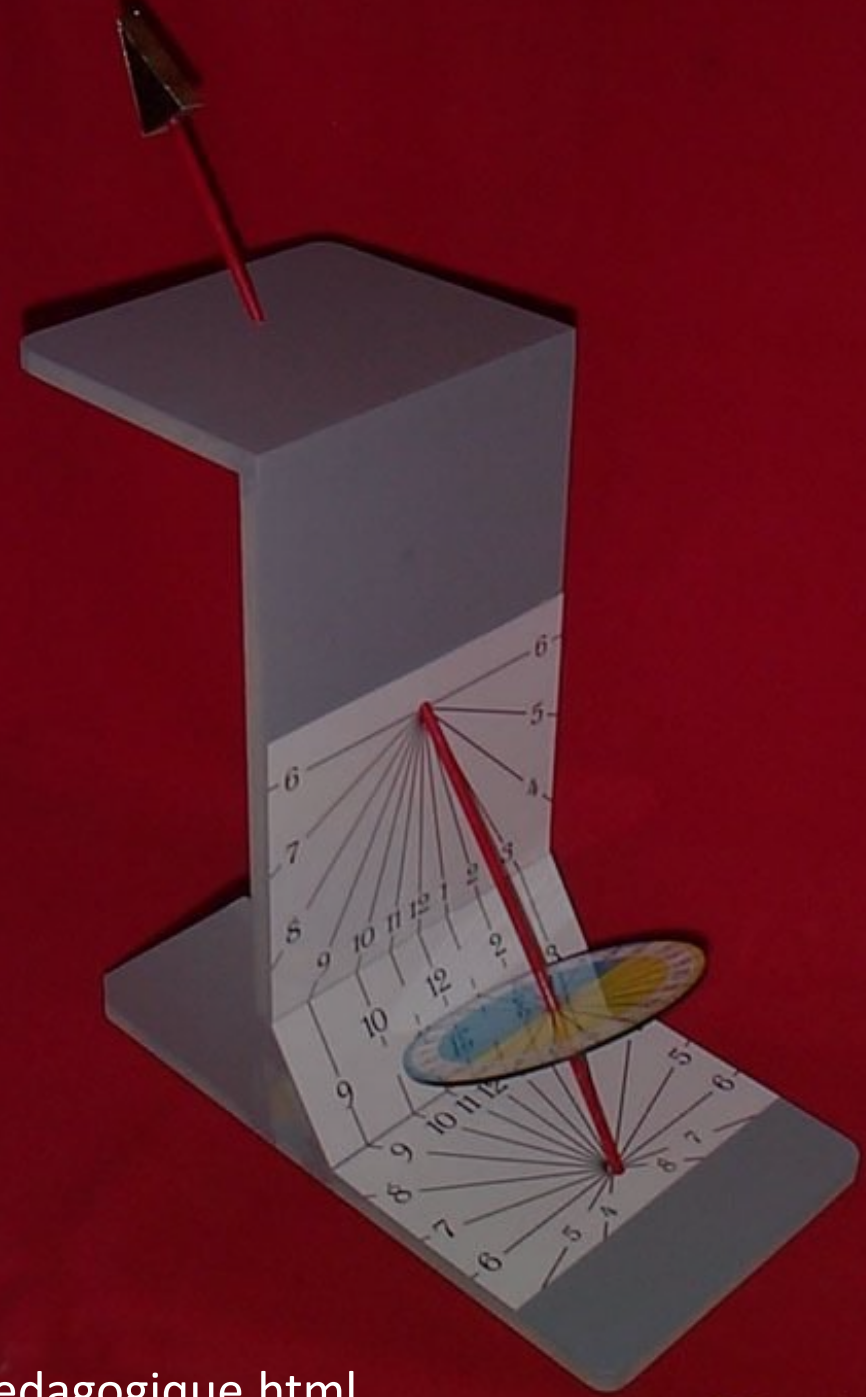
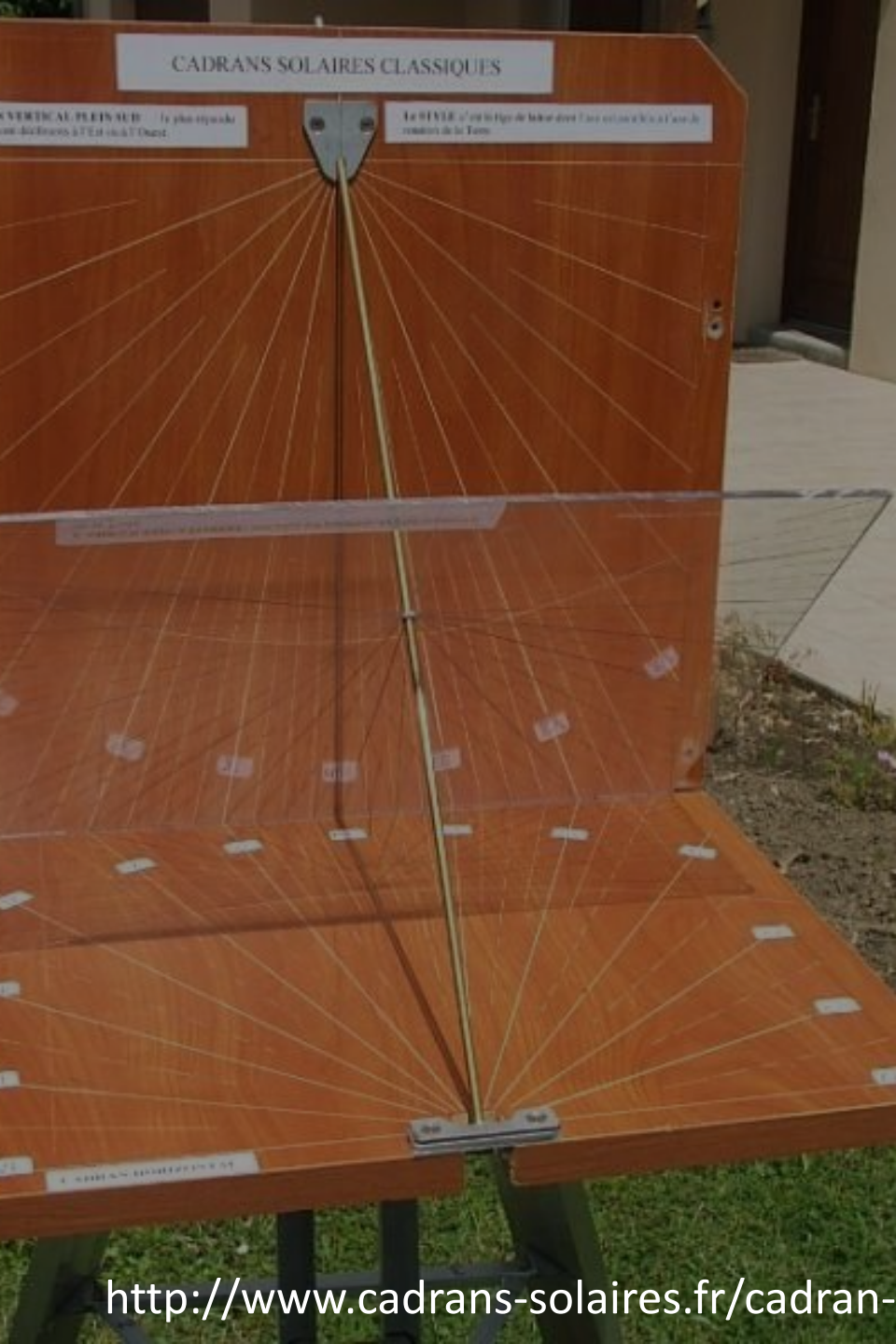
Orienter le cadran solaire

Le style doit être dans la direction de l'axe des pôles.



La hauteur de l'Etoile Polaire est égale à la latitude de l'observateur.

Différents types de cadrans



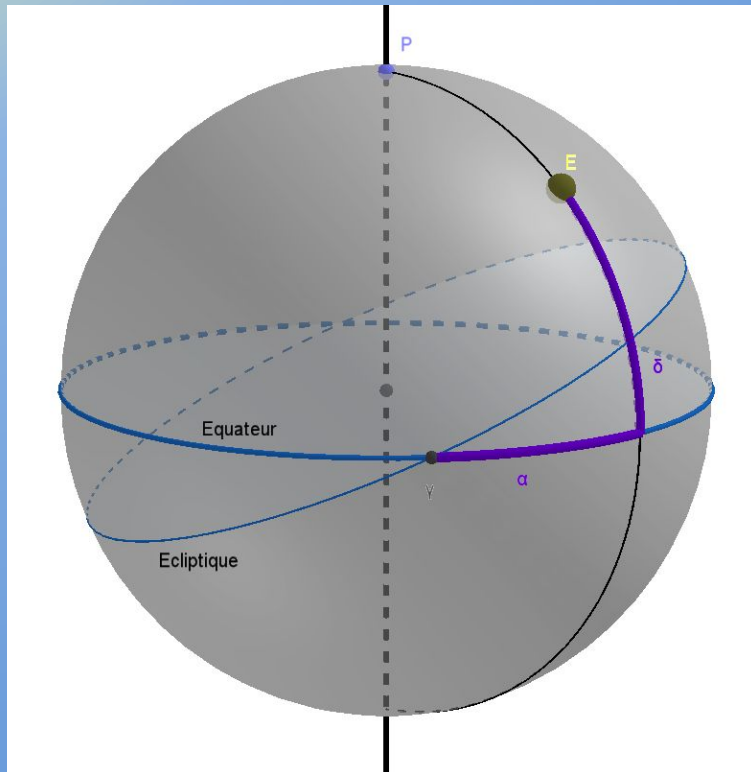
<http://www.cadrans-solaires.fr/cadran-pedagogique.html>

Retour sur l'analemme

Coordonnées équatoriales d'une étoile :

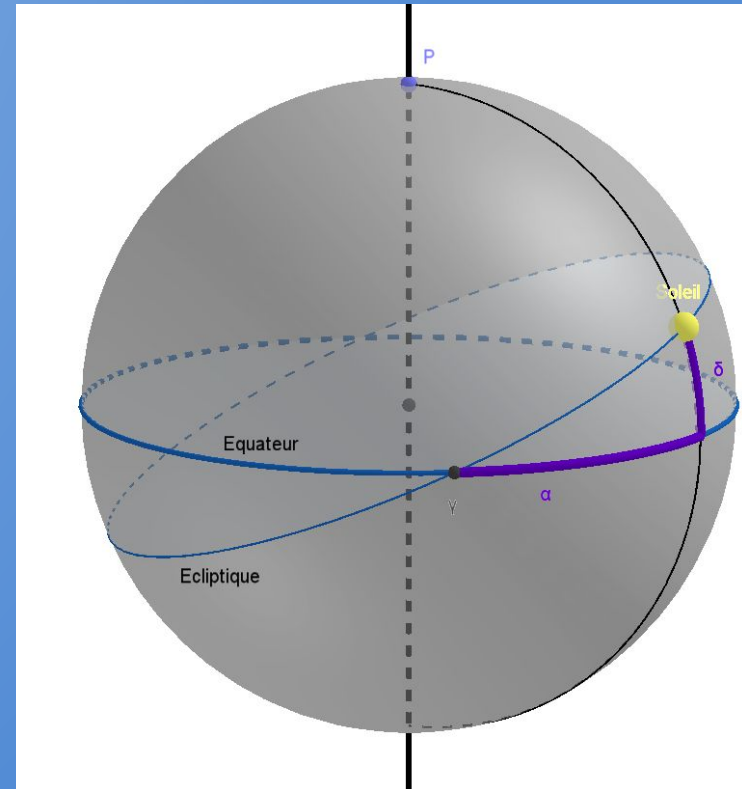
α : ascension droite

δ : déclinaison



Coordonnées équatoriales du Soleil :

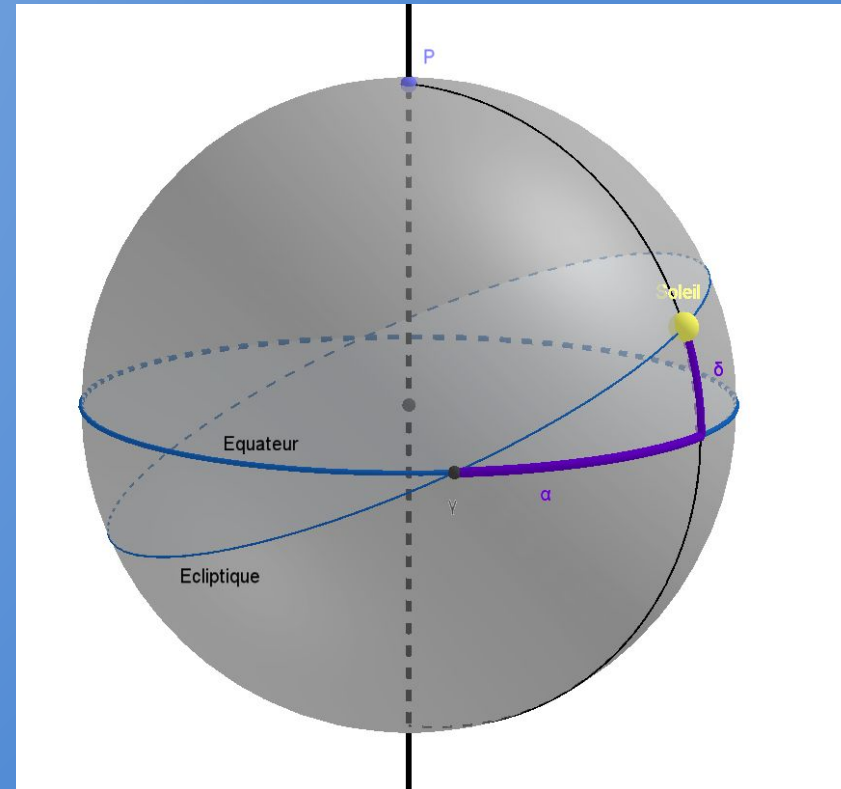
Pareil ! Mais le Soleil reste sur l'écliptique.

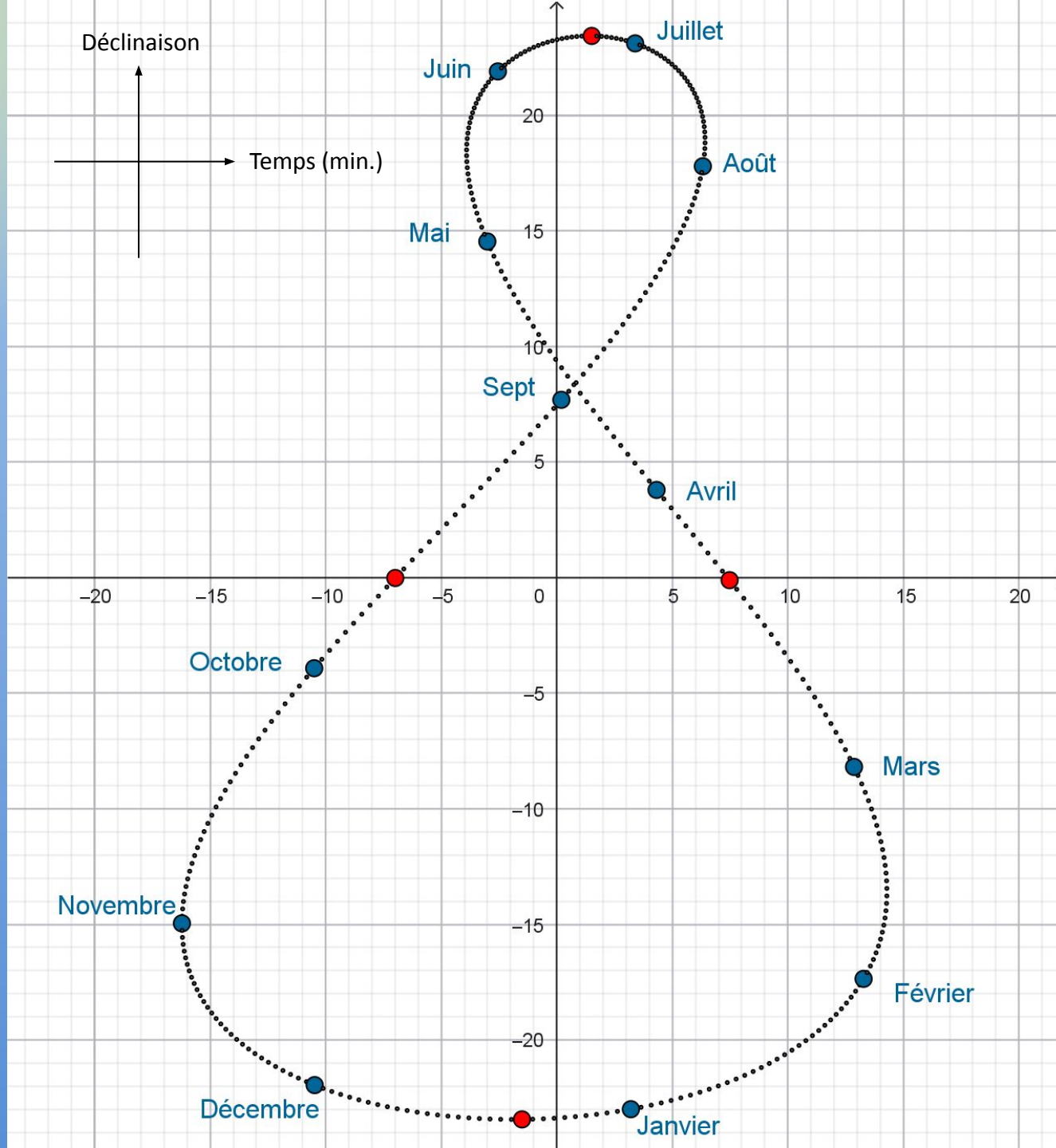




Coordonnées équatoriales du Soleil :

Pareil ! Mais le Soleil reste sur l'écliptique.





Cadran solaire à équation de l'abbé Guyoux

L'abbé Guyaux (1793 – 1869)

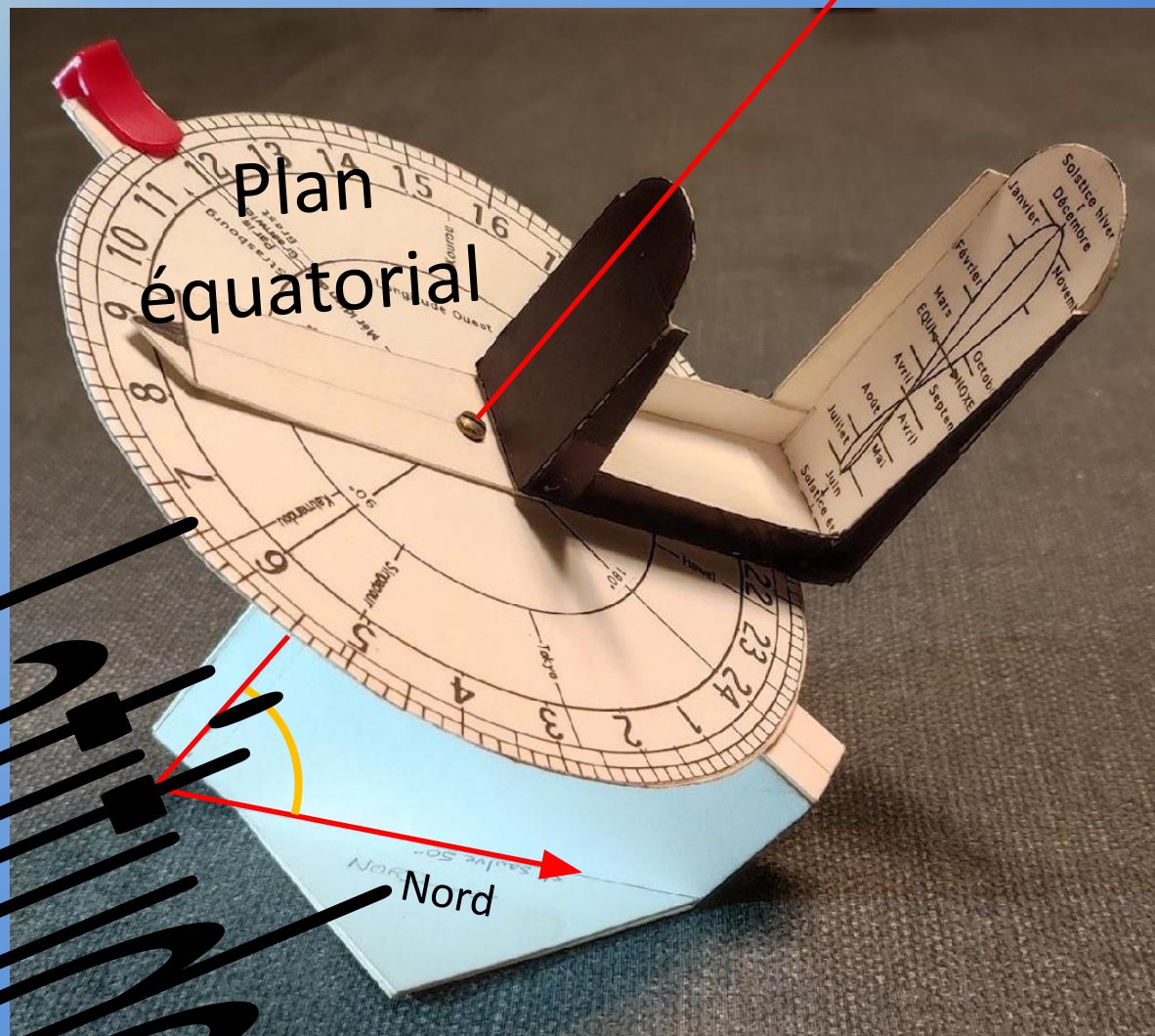


Portrait de l'abbé Guyaux (cliché F. Chavent)



Saint-Julien (69) - cour de l'école

Calendrier



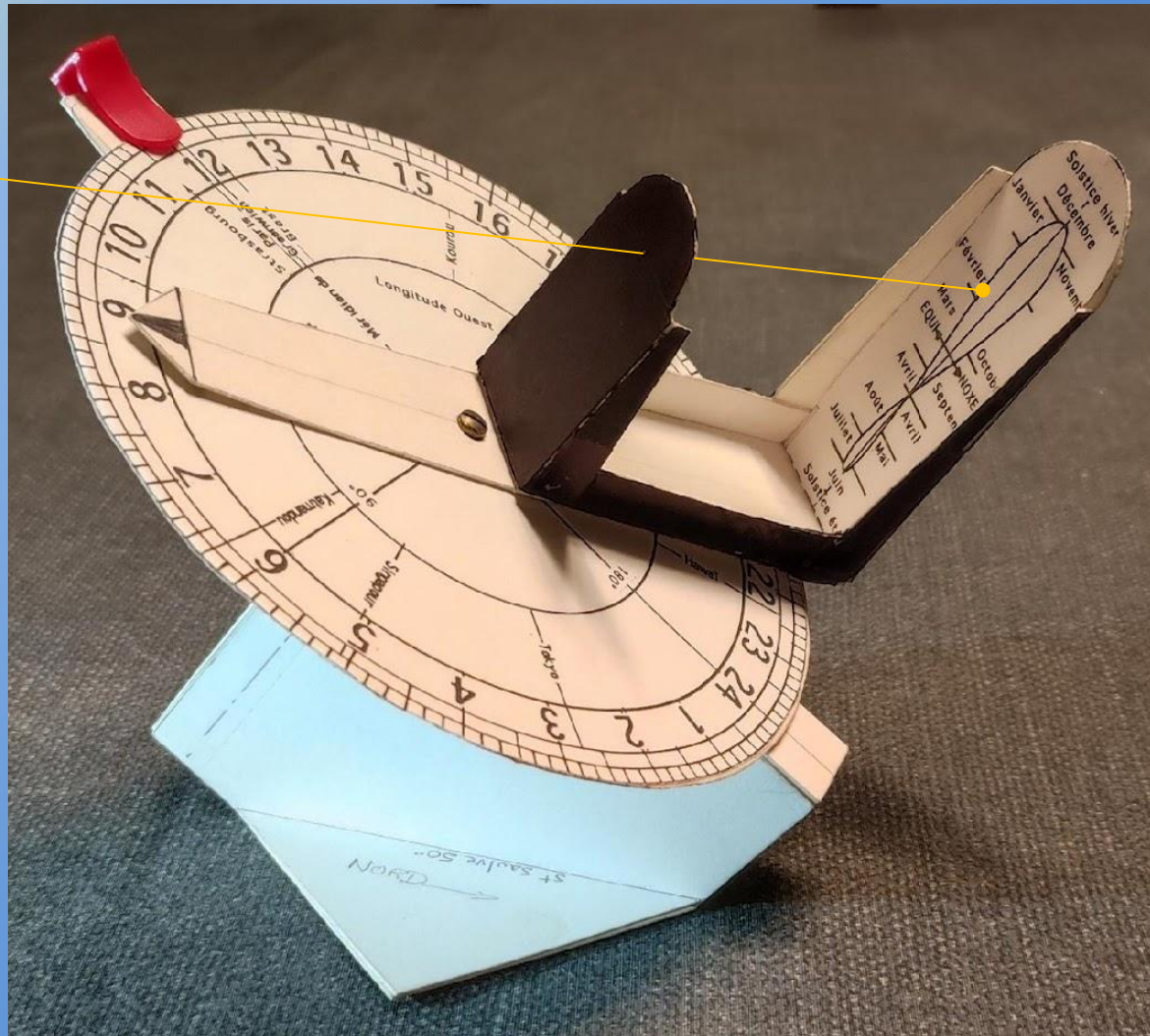
Plan
équatorial

Axe polaire

Nord

Correction de la longitude et du fuseau horaire par rotation du disque équatorial.

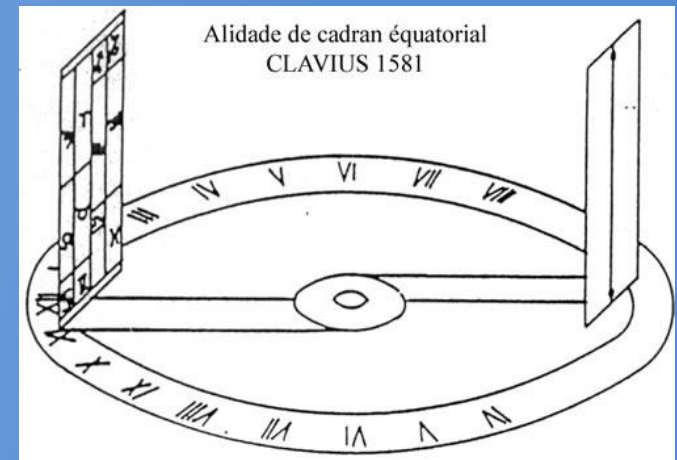
Correction de l'équation du temps par projection du Soleil sur l'analemme.



La projection du Soleil sur l'analemme correspond à la date.

Lecture de l'heure sur le bord du disque équatorial à l'aide de l'alidade.

Clavius (1537-1612) avait déjà décrit un cadran équatorial à alidade (sans l'analemme).



L'abbé Guyoux a certainement été le premier en France à construire un cadran équatorial marquant l'heure vraie et moyenne en utilisant la courbe en 8 du temps moyen et une lentille.

Un cadran de système approchant mettant à profit la courbe du temps moyen avait été fabriqué en Allemagne par le pasteur Hahns en 1763.

En 1860, un ingénieur parisien, M. FLECHET, remplaça la plaque par une calotte sphérique dont tous les points étaient à la distance focale de la lentille.



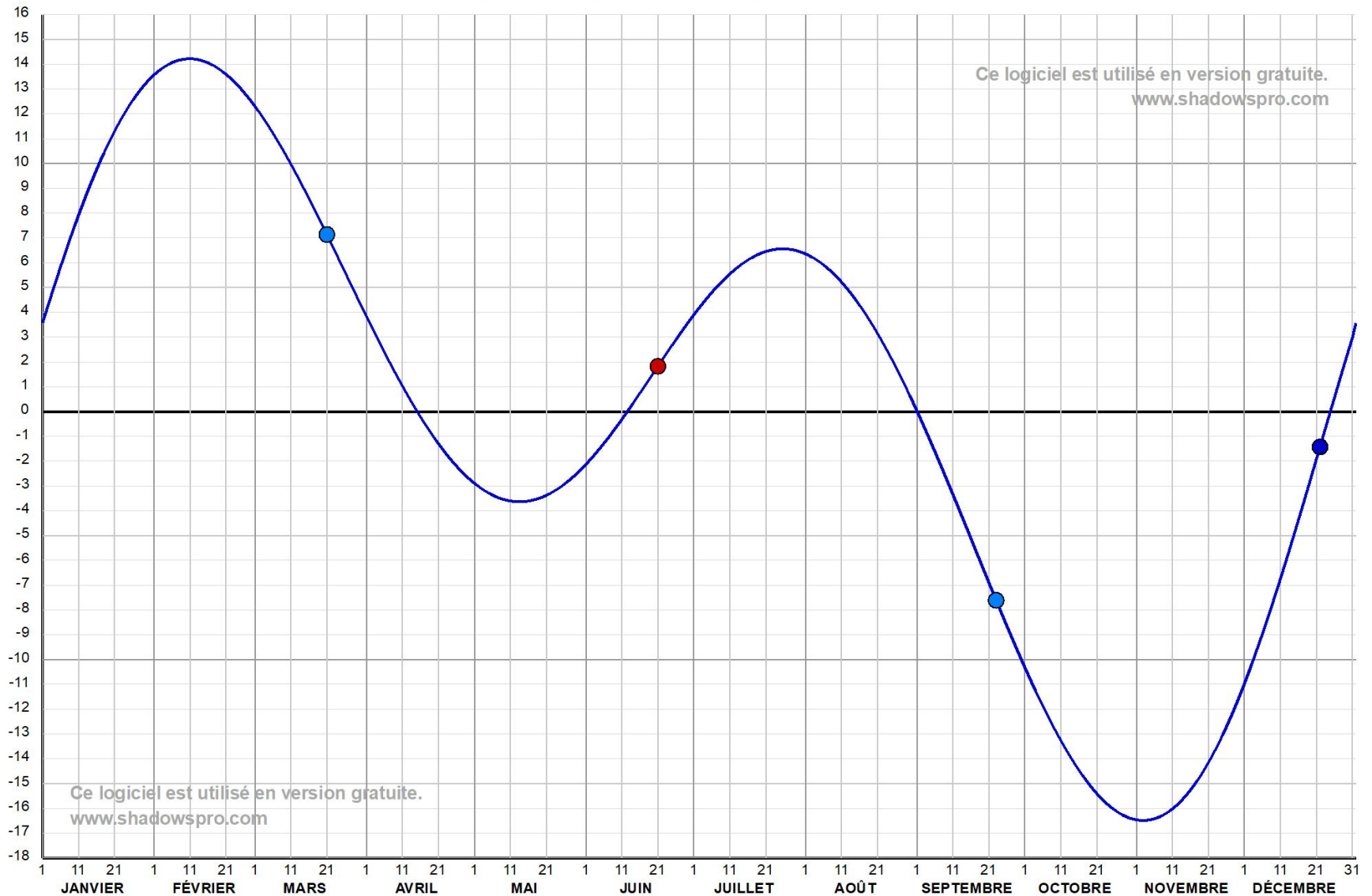
Héliochronomètre du 19^e siècle
(Musée de la vie Wallonne, Liège)

Test avec Stellarium

Soleil au méridien (midi solaire) : retrouver l'heure légale.

GRAPHE DE L'ÉQUATION DU TEMPS (2026)

Temps en minutes à ajouter au Temps Solaire pour obtenir le Temps Moyen



Annexes

CADRAN SOLAIRE A ÉQUATION ⁽¹⁾

par Charles POMMIER

C'est le nom que l'Abbé Guyoux donna au cadran qu'il inventa vers l'année 1827 et dont l'histoire est contée par l'un de ses amis M. J. Mayette dans un ouvrage intitulé « De la mesure du Temps et réglage des montres et des horloges » publié en 1890.

Il existe encore plusieurs de ces cadrans dans les jardins et jusqu'à présent le plus ancien que j'aie rencontré porte l'inscription « Cadran Solaire à équation 1831 Guyoux ». Son diamètre est de 58 cm, d'autres n'ont que 40 cm et portent comme inscription « Cadran Solaire à équation (la date) GM. », ces lettres étant les initiales Guyoux Mayette.

La figure 162 ci-dessous représente l'un de ces cadrans.

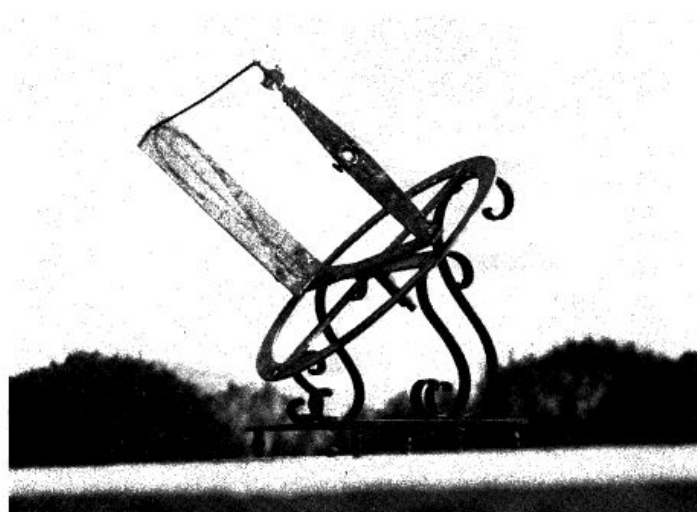


Fig. 162. — Cadran équatorial à équation Guyoux.

Il se compose d'un disque de 54 cm de diamètre environ, évidé de façon à former quatre bras avec un centre et qui porte les graduations d'un cadran équatorial de 4 heures du matin à 8 heures du soir. Ces graduations divisent le cercle en heures représentées par des arcs de 15° subdivisés en

⁽¹⁾ Communication faite à la réunion des Commissions du 14 mai 1977.

C. POMMIER

quarts d'heure et en minutes. Trois cercles concentriques distants de 5 mm sont gravés sur le disque, limitant les traits rayonnants qui indiquent les heures et les quarts ; le cercle intérieur porte des points, correspondant aux minutes et dans le cas où le cercle a 50 cm de diamètre, l'intervalle entre deux minutes consécutives est de 1,09 mm. Le cadran ainsi gradué est fixé sur quatre ferrures forgées en forme d'S, de façon à lui donner par rapport à l'horizontale une inclinaison correspondant à la latitude du lieu, la graduation 12 de midi étant placée vers le bas du disque tourné au nord. Au centre du disque se trouve un axe fixe autour duquel pivote un bras diamétral portant à l'une de ses extrémités un index, dont la pointe affleure la circonférence gravée des minutes.

Symétriquement à son axe de pivotement le bras porte deux plaques qui sont perpendiculaires au cadran et parallèles entre elles. Sur la plaque côté index, et du côté faisant face à l'autre est tracée une médiane ou méridienne du temps vrai à laquelle on a ajouté une courbe du temps moyen.

Cette courbe est applicable sur ce système de cadran à toutes les heures et minutes du jour solaire, parce qu'elle est mobile et qu'elle est présentée à tout instant au Soleil, en raison de l'égalité des divisions horaires sur un cadran équatorial. Le tracé de cette courbe est réalisé en considérant que la plaque sur laquelle elle est gravée par rapport à la médiane, est tangente au cylindre décrit par cette médiane en chaque jour ; les distances de chaque point de la courbe à la ligne médiane sont alors des portions de tangentes, correspondant à la rotation afférente aux minutes d'avance ou de retard du temps moyen. Les distances seront alors portées à droite ou à gauche de la médiane en rapport avec la hauteur de la déclinaison du Soleil selon l'avance ou le retard sur l'heure vraie.

La plaque porte à mi-hauteur la ligne d'équinoxe et la médiane est graduée de 5° en 5° de part et d'autre jusqu'à 23° 27'.

Au long de la courbe du temps moyen, on trouve les initiales des mois de l'année.

Sur l'autre plaque est disposée une lentille qui peut pivoter sur un axe parallèle au disque. La position en hauteur de la lentille correspond à la hauteur du trait de l'équinoxe sur la plaque opposée. L'ensemble du bras pivotant et de ses plaques constitue une alidade qui permet par pivotement de projeter une image ponctuelle (ou à peu près telle) du Soleil à travers la lentille sur la plaque opposée, la distance focale devant être égale à la distance des plaques (fig. 163.)

Ici se révèle un défaut : suivant la déclinaison du Soleil, la distance entre la lentille et l'image sur la plaque varie et atteint son maximum aux solstices. Le constructeur prévoit comme distance focale une longueur intermédiaire et le résultat semble acceptable car la lentille concentrant les rayons solaires donne une image aux contours nets et mieux visibles par temps brumeux, quand l'ombre des styles ordinaires est invisible.

On voit aussi que grâce à cette conception de l'alidade, la face supérieure du cadran fournit également l'heure, en automne et en hiver, quand elle est privée de l'éclairage direct du Soleil. Comment lire l'heure sur ce cadran ? On fait tourner l'alidade, le bras portant la lentille orientée vers le Soleil et l'on manœuvre cette dernière pour obtenir un point lumineux sur la plaque opposée. On peut alors faire tomber ce point, soit sur la méridienne du temps vrai, soit sur la courbe du temps moyen en ayant soin de choisir la portion de cette courbe qui correspond à la date de l'observation d'après les initiales

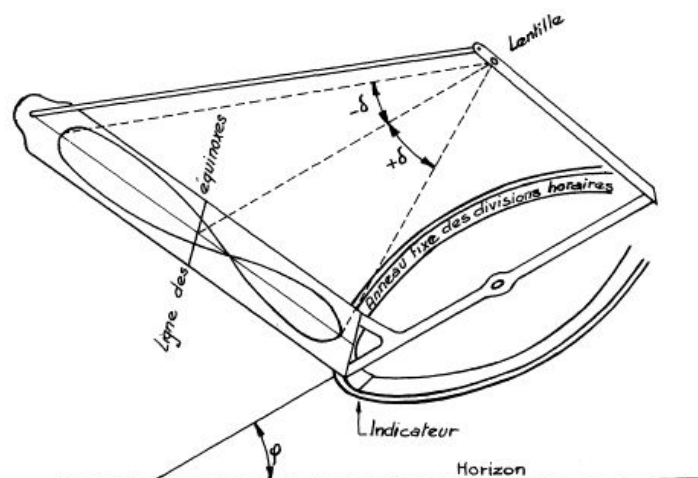


Fig. 163. — Schéma de principe du cadran.
(D'après l'ouvrage de J. Mayette.)

des mois marquées. Dans le premier cas on a le temps solaire vrai local, dans le second cas le temps moyen local, qu'il faut corriger en tenant compte de la longitude ouest ou est de Greenwich.

Signalons qu'en déplaçant la graduation circulaire par rapport à l'axe méridien, de part ou d'autre on peut avoir en un lieu donné l'heure d'un autre lieu de longitude différente. Par exemple avoir à Paris l'heure de Greenwich en décalant la graduation de 9 m 21 s. La précision d'indication de ce cadran, en supposant comme ci-dessus un écartement de 1,09 mm entre les marques des minutes et que le point lumineux est bien placé à cheval sur la ligne méridienne ou la courbe du temps moyen, ne peut guère dépasser la demi-minute. Aussi l'Abbé Guyoux avait-il imaginé le tracé d'un vernier suivant le principe de la division d'échelles en parties proportionnelles (fig. 164).

Partant d'un disque équatorial de 52 cm de diamètre, on trace deux circonférences ayant respectivement 24 et 21 cm de rayon entre lesquelles on tire des portions de rayons de 10 en 10 minutes et on tire les diagonales de ces rectangles.

Puis sur le bras mobile de l'alidade, au lieu de l'index on met un indicateur gradué dont le prolongement passe par le centre de pivotement et la lecture des minutes se fait à l'intersection de la diagonale précitée et de l'indicateur.

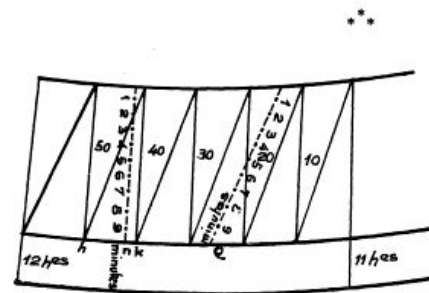


Fig. 164. — Échelle des parties proportionnelles pour la lecture des minutes.
(D'après l'ouvrage de J. Mayette.)

L'Abbé Jean-Marie Victor Guyoux naquit en 1793. Il fut curé successivement de deux villages du département de l'Ain, voisins l'un de l'autre, Lurcy d'abord et Montmerle-sur-Saône. Dans ce dernier, il exerça de 1833 à 1866 et y mourut en 1869.

Il lui fut décerné une Médaille d'Honneur pour son cadran en 1841 par

l'Académie de l'Industrie Agricole, Manufacturière et Commerciale ainsi qu'une Médaille d'Honneur à l'Exposition Universelle de 1855. Il a été certainement le premier en France à construire un cadran équatorial marquant l'heure vraie et moyenne en utilisant la courbe en 8 du temps moyen et une lentille comme il l'a fait. Pourtant un cadran de système approchant mettant à profit la courbe du temps moyen avait été fabriqué en Allemagne par le pasteur Hahns en 1763. Il est décrit par E. Zinner dans son livre « Astronomische Instrumente des 11-18 Jahrhunderts » sous le nom de « Ohrsonnenuhr ».

Le cadran de l'Abbé Guyoux, de construction artisanale, était destiné à être utilisé à l'extérieur, dans les jardins par exemple, placé sur une stèle de façon à le mettre à une hauteur convenable pour une lecture commode. C'est ainsi qu'on a installés les quelques exemplaires qui restent et qui constituent un agréable ornement.

★

NDLR

Le *temps solaire vrai*, en un lieu donné, est l'angle horaire du centre du Soleil en ce lieu, d'où l'appellation de temps vrai local ; c'est ce temps que font connaître immédiatement les cadrans solaires. Le *jour solaire vrai* commence à midi vrai, au moment du passage supérieur du Soleil au méridien du lieu. Il a pour durée l'intervalle de temps qui sépare deux midis vrais consécutifs ; cette durée varie entre les limites 23 h 59 m 39 s et 24 h 0 m 30 s.

Le *temps solaire moyen* est le temps solaire vrai dépouillé des inégalités séculaires ou périodiques que fait connaître la théorie des mouvements de rotation et de translation de la Terre. Il se compte de 0 h à 24 h à partir de midi ; il y a donc changement de quantième à midi et il est surtout utilisé en astronomie et porte alors le nom de *temps astronomique*.

La différence, à un instant donné, entre le *temps moyen local* et le temps vrai est l'*équation de temps*. Cette équation du temps résulte de l'accumulation des inégalités de durée du jour solaire vrai. Elle s'annule quatre fois par an et présente deux maximums qui atteignent respectivement 6 et 14 m environ, deux minimums de l'ordre de — 4 et — 16 m. Cette variation a sensiblement la même allure chaque année et se représente par la « courbe en 8 » de certains cadrans solaires.

Le *temps civil* est du temps moyen avancé de 12 h ; il se compte donc de 0 h à 24 h avec changement de quantième à minuit : 1978 juin 15, 9 h temps civil local = 1978 juin 14, 21 h temps moyen local ou temps astronomique local du même méridien.

Qu'il s'agisse du temps vrai, du temps moyen ou du temps civil, la différence de leurs valeurs, pour deux lieux déterminés, est égale à la différence de leurs longitudes. Ainsi entre Paris et Greenwich cette quantité vaut 9 m 21 s (valeur arrondie à la seconde).

Un temps civil particulier, celui de Greenwich, est devenu le *temps universel*. Pour plus de détails sur ce temps et sur quelques autres, notamment le *temps universel coordonné*, qui est (à une ou deux heures près) le temps en usage en France, se reporter à l'article de H. Enslin paru dans *l'Astronomie* de juin 1977 et à celui de D. Howse dans *l'Astronomie* d'avril 1978.

Les cadrans solaires donnent ou tentent de donner, à une précision variable, l'un et /ou l'autre des différents temps (voir notamment les comptes rendus de la Commission des Cadrans solaires dans *l'Astronomie*, février 1976, novembre 1977).

★

★ ★

Title : Cadran solaire à équation Communication faite à la réunion des Commissions du 14 mai 1977 par Charles POMMIER

Authors : Pommier, C.

Journal : L'Astronomie, Vol. 92, p.283

Ressources

<http://www.meridienne.org/atelier/documentation/heure/>

http://michel.lalos.free.fr/cadrams_solaires/autres_depts/loire/cs_42_jonzieux_jr.html

http://michel.lalos.free.fr/cadrams_solaires/doc_cadrams/abbe_guyoux_fct.html

<https://articles.adsabs.harvard.edu//full/1978LAstr..92..283P/0000283.000.html>

https://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrams/Promenades/Guyoux/Guyoux.htm#_ftn1

<http://www.cadrams-solaires.fr/cadran-pedagogique.html>

Fiche IREMS sur la construction de l'équation du temps :

https://astronomie.univ-lille.fr/fileadmin/user_upload/astronomie/documents/Fiches_de_travail/55305_equ_temps_obs2_questions.pdf