

LA CALCULETTE DE L'ASTRONOME

Comment lire l'heure au soleil : correction à apporter aux cadrans solaires

C'est un réel plaisir que de pouvoir lire l'heure au soleil, le grand maître de la nature. L'opération est d'ailleurs des plus simples, puisqu'elle consiste à repérer l'ombre d'un « style » sur un plan horizontal ou vertical, gradué d'une façon particulière.

Tel est le principe du cadran solaire, d'ailleurs connu depuis très longtemps : ce fut d'abord le gnomon des Chaldéens et des Egyptiens, simple obélisque dont on repérait l'ombre sur le sol. Son usage se répandit à partir de 1450 avant J.-C. et un certain nombre de perfectionnements virent le jour, jusqu'à l'apparition en Europe, au Moyen Age, du véritable cadran solaire, à style incliné, probablement inventé par les Arabes à l'époque des Croisades.

Le principe, par conséquent, est très simple. En pratique, toutefois, quelques difficultés surgissent car l'heure qui est lue n'est pas directement utilisable. L'astre du jour, en effet, n'est pas aussi régulier dans son parcours que nos montres et nos horloges. La faute en revient d'ailleurs à la Terre, qui ne suit pas autour du Soleil une orbite parfaitement circulaire : elle est plus rapide au périhélie (pendant les premiers jours de janvier) et plus lente à l'aphélie (durant les premiers jours de juillet). L'écart est certes très faible, l'orbite terrestre étant quasiment un cercle (1,7 % d'écart à la moyenne), mais c'est toutefois suffisant pour entraîner une variation mesurable de la marche du soleil.

En outre, celui-ci décrit dans notre ciel une trajectoire plus ou moins longue suivant les saisons, de part et d'autre d'un trajet moyen correspondant aux équinoxes (printemps, automne). Pour midi heure locale, la combinaison de ces deux mouvements d'allure sinusoïdale mais déphasés (puisque l'un a pour origine le 2 janvier et l'autre de 21 mars) conduit finalement le soleil à occuper une position variable, plus ou moins haute dans le ciel et plus ou moins écartée par rapport au méridien. En reliant ces positions occupées successivement tout au long de l'année on obtient une figure originale, en forme de 8 dissymétrique : l'analemme (S. et V. n° 747, p. 40).

C'est de cette variation, désignée sous le nom d'« équation de temps » par les astronomes, que les utilisateurs de cadrans solaires doivent tenir compte. Il faut également, si l'on veut obtenir un temps moyen valable à l'échelle de la France et permettant de recaler sa propre montre, introduire une correction de longitude.

Ces corrections successives sont assez fastidieuses à effectuer. C'est pourquoi, afin d'aider les possesseurs actuels ou futurs de cadrans solaires, nous avons établi un programme complet de corrections, programmable sur mini-calculatrices.

De la même façon, votre calculatrice permettra de déterminer les angles à utiliser pour le tracé des lignes horaires d'un cadran horizontal, le plus facile à réaliser.

TRACÉ D'UN CADRAN SOLAIRE

Sur une plaque de métal, ou sur une pierre parfaitement polie, tracez une croix décentrée (représentant en quelque sorte une croix romaine). La ligne principale est la « méridienne » : au moment de l'implantation définitive du cadran dans votre jardin il faudra l'aligner rigoureusement suivant le méridien du lieu, c'est-à-dire la direction Nord-Sud.

A partir du point d'intersection de cette méridienne avec la ligne perpendiculaire (c'est-à-dire l'autre branche de la croix) tracez symétriquement les lignes correspondant aux différentes heures ; l'angle qu'elles forment avec la méridienne se calcule très simplement par la formule :

$$\text{tg } H = \sin L \cdot \text{tg } h$$

où H est l'angle cherché

L votre latitude

h l'écart horaire à la méridienne, exprimé en degrés à raison de 15° par heure.

Ainsi, pour les lignes horaires de 11 et 13 h (1 heure d'écart par rapport à midi, c'est-à-dire à la méridienne), on a $h = 15^\circ$. Pour 10 et 14 h (2 heures d'écart) on a $h = 30^\circ$, etc. Bien entendu, pour obtenir un cadran facile à lire, on aura tout intérêt à tracer des lignes intermédiaires, de quart d'heure en quart d'heure, ou de 5 en 5 mn par exemple. On aura donc, par exemple $h = 55^\circ$ pour 15 h 40 (soit $3,6666 \times 15$).

Exemple : résultat final pour $L = 47^\circ$ de latitude

$H = 11,1^\circ$ pour 11 et 13 h (1 h d'écart à la méridienne donc $h = 15^\circ$);

$H = 22,8^\circ$ pour 10 et 14 h (2 h d'écart soit $h = 30^\circ$);

$H = 36^\circ$ pour 9 et 15 h (3 h d'écart soit $h = 45^\circ$);

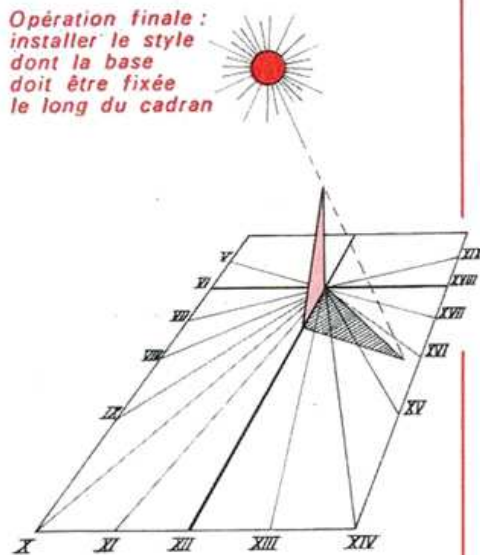
$H = 51,5^\circ$ pour 8 et 16 h (4 h d'écart soit $h = 60^\circ$);

$H = 69,8^\circ$ pour 7 et 17 h (5 h d'écart soit $h = 75^\circ$);

$H = 90^\circ$ pour 6 et 18 h (6 h d'écart soit $h = 90^\circ$).

Note : au-delà, on prolonge la ligne horaire correspondant à 12 heures en plus ou en moins : celle de 17 h pour 5 h du matin, ou celle de 7 h pour 19 h.

Opération finale : installer le style dont la base doit être fixée le long du cadran



Programme sur HP 33E

| | | | |
|----|---------|----|-------------------|
| 01 | sin | 15 | R/S |
| 02 | STO 0 | 16 | RCL 1 |
| 03 | R/S | 17 | 1 |
| 04 | ENTER ↑ | 18 | 5 |
| 05 | 1 | 19 | × |
| 06 | 2 | 20 | tan |
| 07 | — | 21 | RCL 0 |
| 08 | STO 1 | 22 | × |
| 09 | R/S | 23 | tan ⁻¹ |
| 10 | ENTER ↑ | 24 | R/S |
| 11 | 6 | 25 | RCL 2 |
| 12 | 0 | 26 | STO +1 |
| 13 | ÷ | 27 | GTO 16 |
| 14 | STO 2 | | |

Mode opératoire

- 1) Introduire la latitude L, faire GSB 01.
- 2) Introduire l'heure de la journée à partir de laquelle on veut commencer le cadran, faire R/S.
- 3) Introduire l'intervalle, en minutes, séparant deux lignes (ainsi, pour une heure d'écart, introduire GO). Faire R/S.
- 4) L'angle entre la méridienne et

la première ligne apparaît. Faire R/S pour continuer.

5) Si on veut sauter à une autre heure, introduire celle-ci, faire GSB 04. Si on veut un nouvel intervalle de temps, l'introduire et faire GSB 10. Si on veut introduire une nouvelle latitude, introduire celle-ci et faire GSB 01. Après toute introduction, la suite des calculs se fait par l'instruction GSB 16. La dernière valeur de l'angle réapparaît alors, si on n'a modifié que l'intervalle.

Notes

- Un angle négatif (cas d'une heure antérieure à 12 h) correspond à une ligne située de l'autre côté de la méridienne.
- L'heure introduite au départ doit être décimale (ainsi, 12 h 30 se transforme en 12,5 h).
- Un affichage ne contenant que des « 9 » correspond à la valeur 90° de l'angle (pour 6 et 18 h).
- Un intervalle de temps inférieur à 5 minutes est illusoire.

Programme sur TI-58, 59

| | | | |
|----|--------|----|---------|
| 00 | LBL A | 23 | R/S |
| 02 | sin | 24 | LBL D |
| 03 | STO 00 | 26 | RCL 01 |
| 05 | R/S | 28 | × |
| 06 | LBL B | 29 | 1 |
| 08 | — | 30 | 5 |
| 09 | 1 | 31 | = |
| 10 | 2 | 32 | tan |
| 11 | = | 33 | × |
| 12 | STO 01 | 34 | RCL 00 |
| 14 | R/S | 36 | = |
| 15 | LBL C | 37 | INV tan |
| 17 | ÷ | 39 | R/S |
| 18 | 6 | 40 | RCL 02 |
| 19 | 0 | 42 | SUM 01 |
| 20 | = | 44 | D |
| 21 | STO 02 | | |

Introduire la latitude en A, l'heure de départ en B, l'intervalle de temps (en minutes) séparant deux lignes en C, exécuter le calcul en D, et continuer en faisant R/S.

Les trois données peuvent être introduites indépendamment l'une de l'autre.

Si on ne modifie que l'intervalle de temps, l'ancienne valeur de l'angle réapparaît d'abord.

Notes

- Un angle négatif (cas d'une heure antérieure à midi) correspond à une ligne située au delà de la méridienne.
- L'heure de départ introduite doit être décimale. Ainsi, 12 h 30 se transforme en 12,5 h.
- Un intervalle de temps inférieur à 5 minutes est illusoire.

CALCUL DES CORRECTIONS A LA LECTURE DU CADRAN

Entrer :

- longitude du lieu (L)
 - calcul du nombre de jours écoulés depuis le 3 janvier (n)
 - calcul du nombre de jours écoulés depuis le 21 mars (n')
- Si n ou n' négatifs, ajouter 365.
Calcul de l'équation de temps :

$$E = C + R$$

avec C (« équation du centre »), R (« réduction à l'équateur »)

$$C = 460 \sin(n'' \cdot n'')$$

$$R = -592 \sin 2(n'' \cdot n'')$$

Correction de longitude :

$$CL = \pm 240 L$$

Test : + si longitude ouest, — si longitude est.

Correction

finale

(exprimée

$$\text{en mn}) : \text{COR} = \frac{E + CL}{60}$$

Finalement, nous avons :

HEURE LEGALE française =
HEURE LUE au cadran +
COR + 1 ou 2 h*.

*) 1 heure en temps normal,
2 heures durant la période dite
d'« heure d'été ».

Programme sur TI-58, 59

| | | | |
|----|--------|----|--------|
| 00 | LBL A | 40 | 7 |
| 02 | STO 07 | 41 | = |
| 04 | R/S | 42 | EXC 08 |
| 05 | LBL B | 44 | × |
| 07 | + | 45 | 3 |
| 08 | . | 46 | 2 |
| 09 | 2 | 47 | 1 |
| 10 | = | 48 | . |
| 11 | PGM 20 | 49 | 2 |
| 13 | B | 50 | PGM 20 |
| 14 | 1 | 52 | A |
| 15 | 0 | 53 | PGM 20 |
| 16 | 3 | 55 | C |
| 17 | . | 56 | × |
| 18 | 2 | 57 | 2 |
| 19 | PGM 20 | 58 | = |
| 21 | A | 59 | sin |
| 22 | PGM 20 | 60 | × |
| 24 | C | 61 | 9 |
| 25 | × | 62 | . |
| 26 | . | 63 | 8 |
| 27 | 9 | 64 | 6 |
| 28 | 8 | 65 | 7 |
| 29 | 6 | 66 | +/- |
| 30 | 5 | 67 | + |
| 31 | STO 08 | 68 | RCL 08 |
| 33 | = | 70 | + |
| 34 | sin | 71 | 4 |
| 35 | × | 72 | × |
| 36 | 7 | 73 | RCL 07 |
| 37 | . | 75 | = |
| 38 | 6 | 76 | R/S |
| 39 | 6 | | |

Mode opératoire

1 - Ecrire la longitude (précédée

du signe +/- dans le cas d'une longitude Est), faire A.

2 - Introduire le mois et le quantième du mois sous la forme MMDD. Ainsi, le 23 mars s'écrira 423 ; le 2 novembre s'écrira 1102, etc. Faire B.

3 - La correction apparaît en minutes. Dans le cas d'une valeur négative, l'heure légale est obtenue en retranchant la correction indiquée.

Exemple : pour le 23 mars, à la longitude 5° Ouest, introduire 5 en A, 423 en B. Résultat = 18,3 minutes, à ajouter à la valeur indiquée par le cadran.

Note : ce programme, quoique long, évite le calcul du rang du jour dans l'année et montre comment un sous-programme de la bibliothèque Master peut être appelé, même en gardant une opération en attente (le X de l'instruction n° 44).