

CADRAN SOLAIRE

Note de la Rédaction: Ce texte de Jacques Ollier accompagnait le Cadran Solaire qu'il a présenté au concours du Musée de la Villette et qui lui a valu un prix. Ce cadran solaire est destiné au club qu'il anime avec une collègue, également professeur de Mathématiques, dans son C.E.S. de Saint Brice. Ce club existe depuis trois ans. Malgré les conditions météorologiques médiocres, les membres du club, très fidèles, se réunissent régulièrement, au moins une fois par mois. Il s'est construit 3 lunettes simples et la coopérative du C.E.S. a financé l'achat d'un télescope de 115 mm.

1- Temps solaire et temps moyen légal:

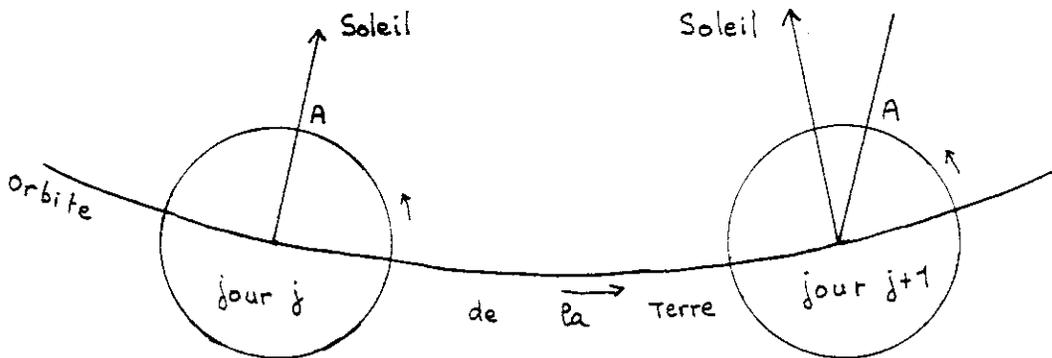
Un cadran solaire est un instrument qui permet de déterminer l'heure qu'il est, simplement en observant l'ombre d'un bâton (ou style) se déplaçant devant une graduation.

C'est un instrument optimiste, car le Soleil ne doit pas être caché par des nuages (mais est-il bien utile de savoir l'heure quand il pleut ?)

La Terre tourne sur elle-même autour de l'axe des pôles, donc le Soleil décrit un cercle autour de cet axe\* et le temps qu'il met pour cela est appelé jour solaire, lui-même divisé en 24 heures. Le Soleil avance donc de  $360^\circ/24 = 15^\circ$  en une heure, autour de l'axe des pôles.

Remarque 1: le jour sidéral :

Le jour solaire, intervalle de temps entre deux midi consécutifs, n'est pas la durée d'une rotation de la Terre sur elle-même, pour la raison expliquée par le dessin suivant:



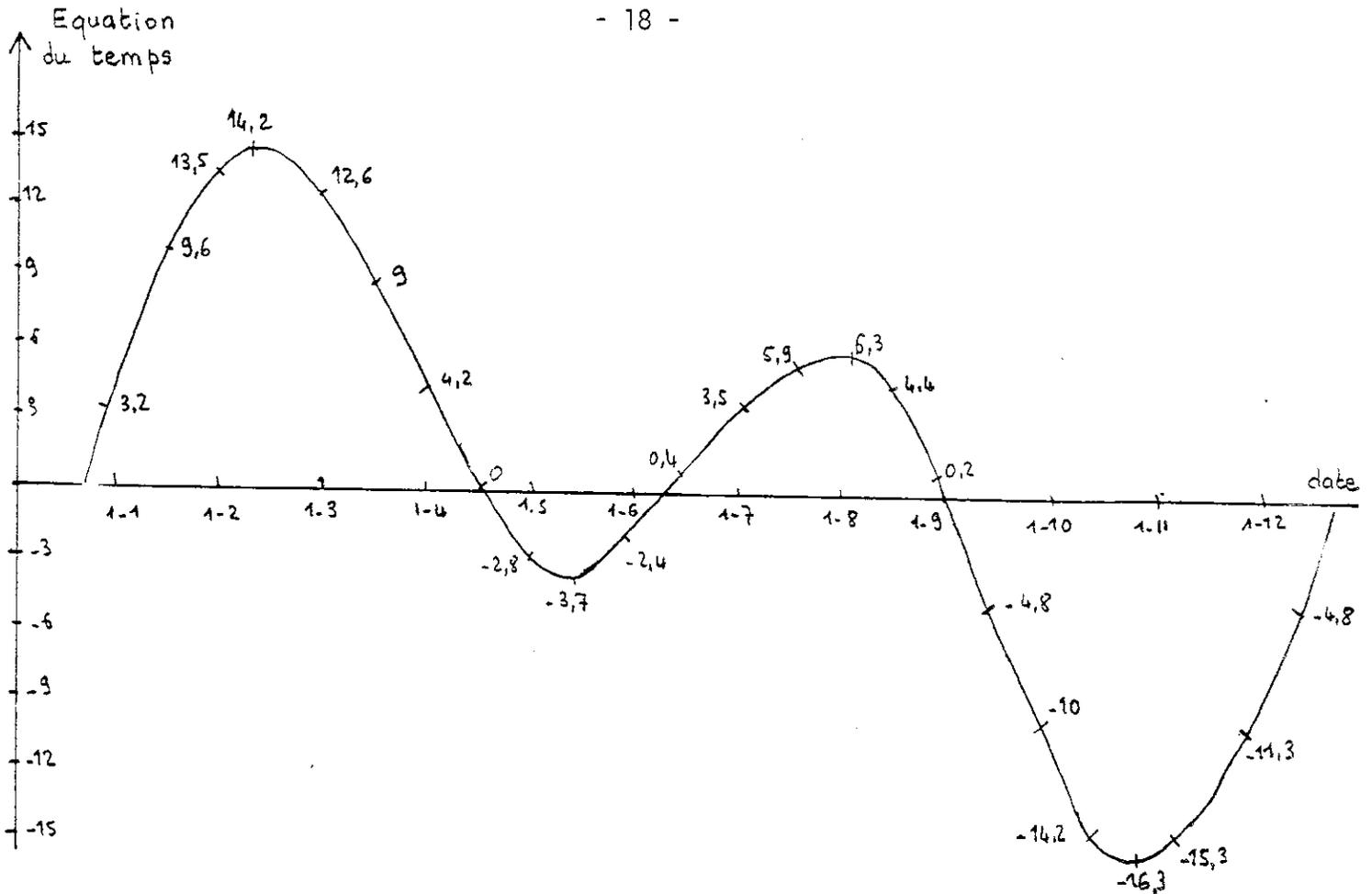
En un jour, la Terre avance sur son orbite autour du Soleil, et pour que le point A revienne devant le Soleil, il faut que la Terre effectue une rotation complète et continue de tourner un tout petit peu (pendant 3 min 56s). La durée de rotation de la Terre n'est donc pas 24 h, mais  $24 \text{ h} - 3 \text{ min } 56 \text{ s} = 23 \text{ h } 56 \text{ min } 04 \text{ s}$ . Cette durée est appelée jour sidéral (c'est l'intervalle de temps qui sépare deux passages consécutifs dans le même demi-plan méridien d'une étoile autre que le Soleil).

Remarque 2 : l'équation du temps.

En outre, la Terre ne va pas toujours à la même vitesse sur son orbite (loi des aires). L'intervalle de temps entre deux midis solaires n'est donc pas toujours le même. Comme il serait désagréable de faire subir aux horloges, jour après jour, cette variation, on a défini un jour solaire moyen, basé sur un Soleil fictif qui serait régulier.

L'écart entre le temps moyen et le temps solaire vrai est appelé "équation du temps" qu'on peut lire sur la courbe suivante:

\* si bien entendu, on considère que c'est la Terre qui est fixe, ce qui dans un premier temps est tout de même l'attitude la plus naturelle.



Remarque 3 : autres corrections.

De plus, le temps légal à l'intérieur d'un pays est uniformisé (au moins par fuseau horaire). En France, c'est le temps moyen de Greenwich augmenté de 1 h ou 2 h suivant la saison (ce dernier point étant fixé par décret gouvernemental). Il faut donc tenir compte pour lire l'heure sur le cadran solaire de la longitude du lieu où il est situé. On a donc la formule:

TM	=	TS	+	E	+	L	+	1h ou 2h
↓ temps moyen légal donné par la montre		↓ lu sur le cadran solaire		↓ équation du temps		↓ longitude Paris: -9min 26s (2° 20' 09" Est)		

2- Principe du cadran solaire.

Comme le Soleil tourne autour de l'axe des pôles, il est logique\* de chercher la direction de l'ombre de cet axe dans un plan qui lui soit perpendiculaire (équatorial).

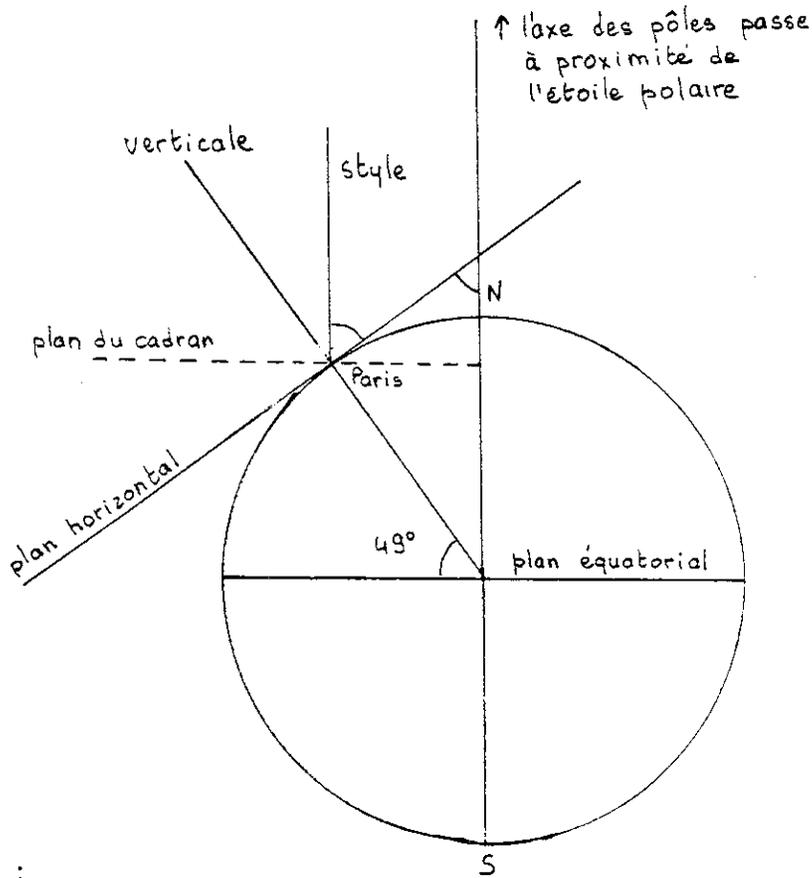
On utilise donc un style parallèle à l'axe des pôles et on regarde son ombre dans un plan équatorial divisé en secteurs de 15° (pour 1h).

Si on utilisait un simple bâton planté dans le sol verticalement on pourrait voir que selon la date, par exemple en juin, septembre ou décembre, l'ombre de ce bâton à une heure autre que midi, par exemple 9 h, n'a pas la même direction.

Un cadran portant un style vertical doit donc porter une graduation variable selon la date, ou alors c'est la place du style qui doit être variable (solution parfois adoptée).

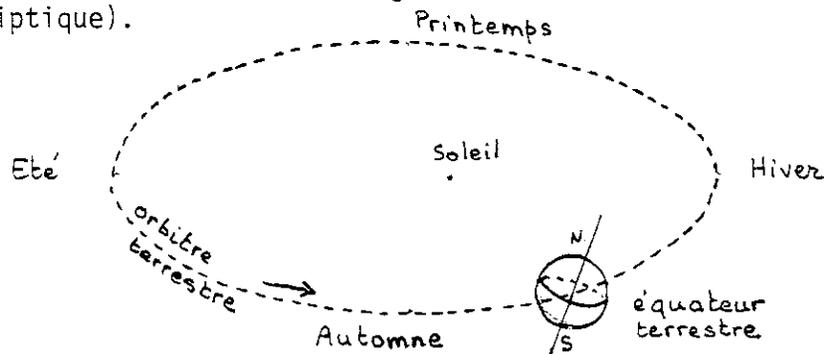
A Paris, le style pour être parallèle à l'axe des pôles doit faire un angle de 49° (latitude de Paris à moins de 15' près par excès) avec le plan horizontal, en étant dirigé vers le Nord.

\* Pour des raisons de symétrie. Mais attention, la Terre étant supposée fixe, le centre du cercle décrit par le Soleil un jour donné n'est pas forcément le centre de la Terre. C'est un point de l'axe des pôles variable selon la date (voir le paragraphe suivant).



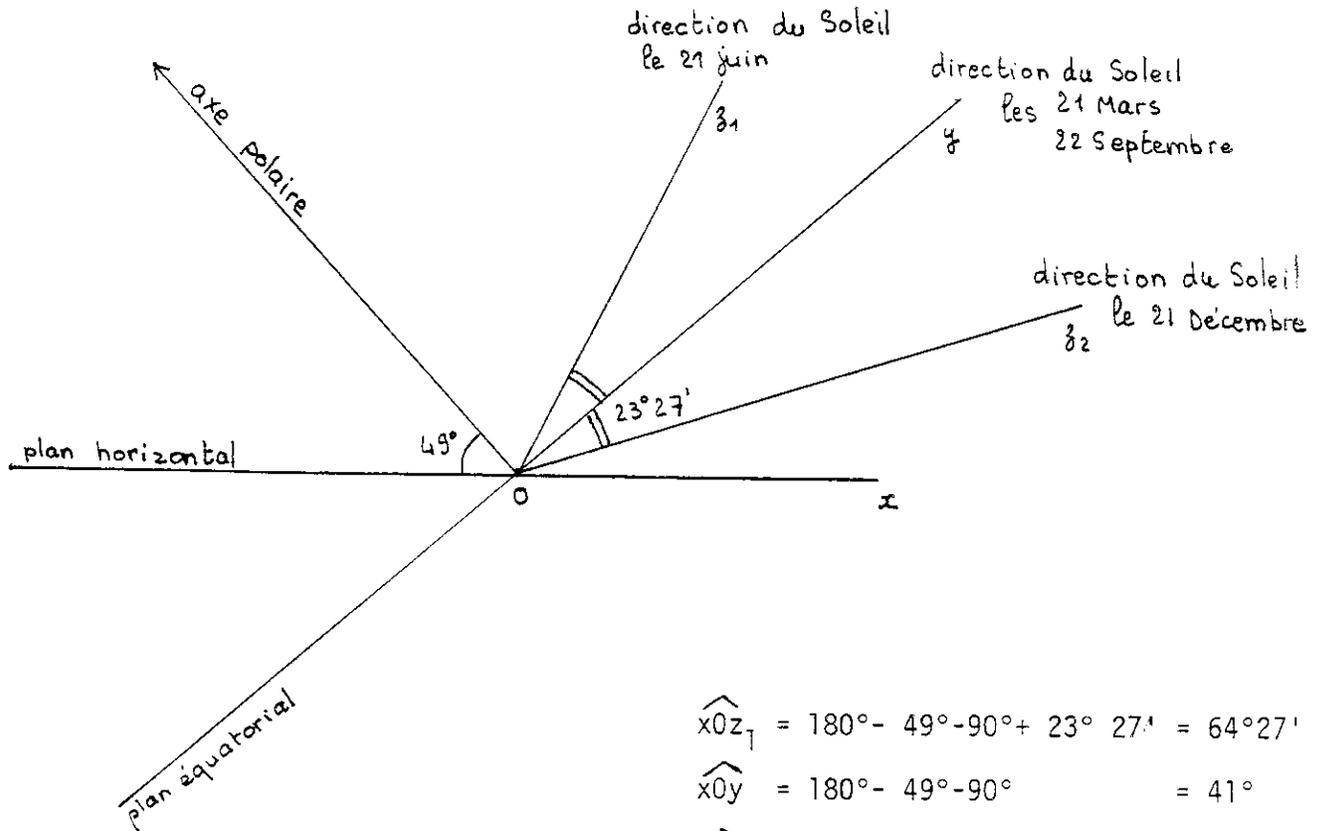
3- Dates :

Le plan de l'équateur terrestre ne coïncide pas avec le plan de l'orbite terrestre, mais fait un angle de  $23^{\circ} 27'$  avec celui-ci (qui est appelé plan de l'écliptique).



C'est à cause de cela qu'on observe des saisons à la surface de la Terre. Il en résulte aussi que la direction du Soleil ne peut pas faire un angle de plus de  $23^{\circ} 27'$  avec le plan équatorial, au-dessus en été, au-dessous en hiver pour l'hémisphère Nord.

On peut graduer expérimentalement de 15 jours en 15 jours la ligne marquant midi sur le cadran en y notant le sommet de l'ombre du style, ce qui permet de mettre en évidence les solstices et les équinoxes. Si en même temps on porte à droite ou à gauche, des points à une distance donnée par l'équation du temps on obtient une courbe ayant la forme d'un 8, appelée "méridienne de temps moyen". Cette courbe est donnée sur certains cadrans solaires.



$$\widehat{xOz_1} = 180^\circ - 49^\circ - 90^\circ + 23^\circ 27' = 64^\circ 27'$$

$$\widehat{xOy} = 180^\circ - 49^\circ - 90^\circ = 41^\circ$$

$$\widehat{xOz_2} = 180^\circ - 49^\circ - 90^\circ - 23^\circ 27' = 17^\circ 33'$$

Ces angles mesurent les hauteurs du Soleil à midi aux dates indiquées

Sept questions pour être sûr d'avoir bien compris:

- 1) Pourquoi le style fait-il un angle de  $49^\circ$  avec la plan horizontal ?
  - A) par hasard
  - B) pour qu'il soit parallèle à l'axe des pôles
  - C) pour qu'il soit parallèle au plan équatorial
- 2) Que se passerait-il si le style était vertical ?
  - A) son ombre à une heure autre que midi n'aurait pas la même direction selon les jours de l'année
  - B) on ne pourrait pas voir son ombre sur un plan horizontal
  - C) son ombre se réduirait à un point le jour du solstice d'été
- 3) Quel angle fait la direction du Soleil à midi avec le plan équatorial ?
  - a) le jour du solstice d'hiver
  - b) le jour des équinoxes
  - c) le jour du solstice d'été

A)  $49^\circ$       B)  $23^\circ 27'$       C)  $41^\circ$
- 4) Ces mêmes jours, quel est l'angle que fait cette direction avec le plan horizontal ? (autrement dit: à quelle hauteur le Soleil monte-t-il dans le ciel ces jours là)
  - A)  $64^\circ 27'$       B)  $23^\circ 27'$       C)  $17^\circ 33'$       D)  $41^\circ$
- 5) Pourquoi faut-il faire une correction variable selon la date? Qu'appelle-t-on "équation du temps" ?
  - A) Parce que le Soleil ne monte pas toujours à la même hauteur dans le ciel. L'équation du temps est la mesure des variations de la hauteur du Soleil dans le ciel selon la date
  - B) Parce que le Soleil ne va pas toujours à la même vitesse sur son orbite. L'équation du temps est la mesure de l'écart entre le temps solaire vrai et le temps moyen correspondant

à un Soleil fictif qui serait régulier

- C) Parce que le temps ne se mesure pas de la même façon en hiver et en été. L'équation du temps est l'écart entre l'heure d'été et l'heure d'hiver.
- 6) Comment peut-on repérer sur le cadran les jours des solstices et des équinoxes ?
- A) en regardant quels jours le temps vrai et le temps moyen coïncident
  - B) en graduant la ligne marquée midi sur le cadran
- 7) Qu'appelle-t-on "jour sidéral" ?
- A) C'est l'intervalle de temps qui sépare deux passages successifs d'une étoile autre que le Soleil dans le même demi plan méridien
  - B) C'est le temps que met la Terre pour faire un tour complet sur elle-même
  - C) C'est l'intervalle de temps qui sépare deux passages successifs du Soleil dans le même demi plan méridien.

Bibliographie utilisée pour ce travail: "Astronomie Populaire" (C. Flammarion)  
Compte rendu de l'école d'été de Grasse 1979

Jacques OLLIER