

OBSERVATIONS

Comment mesurer la hauteur du Soleil ?

Jean Ripert, Pradines

Résumé : *Le but de cet article est de répertorier les différents moyens simples qui peuvent être mis en œuvre avec les élèves pour mesurer la hauteur du Soleil.*

Introduction

Divers dispositifs, permettent de mesurer la hauteur du Soleil. La connaissance de celle-ci est intéressante lorsque l'on veut suivre la course du Soleil au cours d'une journée ou la position du Soleil dans le plan méridien au cours de l'année.

La mesure de la hauteur du Soleil, permet de déterminer la latitude du lieu ou la déclinaison du Soleil, comme le montre le **schéma 1**.

Sur le schéma, il est facile de voir que

$$90^\circ = h - \delta + L$$

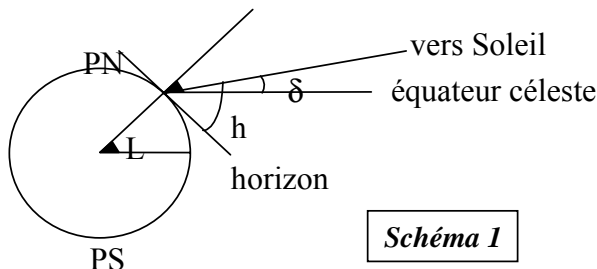


Schéma 1

avec :

h = hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon,
δ = déclinaison du Soleil, le jour de la mesure,
L = latitude du lieu.

Si on dispose de tables donnant la déclinaison **δ** du Soleil, à partir de la mesure de la hauteur **h** du Soleil à midi solaire (passage dans le plan méridien du lieu), il est possible de déterminer la latitude **L** du lieu.

Inversement, si on connaît la latitude **L** du lieu d'observation, la mesure de la hauteur **h** du Soleil, à midi solaire, permet de déterminer la déclinaison **δ** du Soleil.

Avec quels dispositifs peut-on mesurer la hauteur du Soleil ?

Rapporteur

Il suffit de placer une tige, perpendiculairement au plan du rapporteur, au niveau du centre de celui-ci.

Pour faire la mesure, placer le rapporteur dans le plan vertical contenant le Soleil et déplacer une tige sur le bord du rapporteur, parallèlement à la précédente, jusqu'à ce que l'ombre de la seconde arrive sur la première. Il suffit alors de lire la valeur de l'angle. Pour rendre la manipulation plus aisée, fixer le rapporteur sur une planchette. Au moment de la mesure, celle-ci doit être horizontale. (image 2). La précision de la mesure dépend de l'épaisseur des tiges.

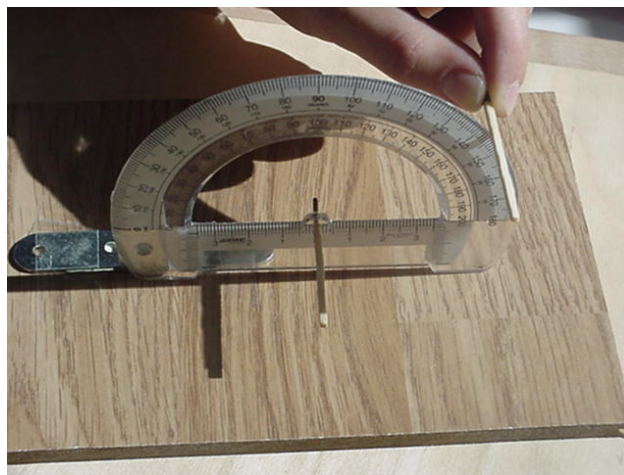


image 2

Si on souhaite mesurer la hauteur du Soleil au moment de sa culmination, il y a deux solutions. Soit on trace le méridien du lieu, on place le rapporteur dans le plan méridien et on attend que le Soleil soit dans ce plan pour faire la mesure. (voir CC n° 98, page 9, pour le tracé du méridien). Soit on fait la mesure à midi solaire, mais il faut alors savoir à quelle heure de la montre il est midi solaire. Sachant que l'heure civile est égale à l'heure solaire + longitude (avec son signe, négative vers l'Est) +

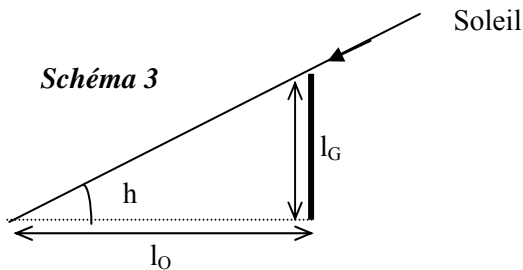
l'équation du temps (avec son signe) + 1h ou 2h ("été" ou "hiver").

Gnomon

La valeur de la hauteur h du Soleil se déduit de la mesure de la longueur de l'ombre l_O d'un gnomon dont on connaît la longueur l_G .

Le gnomon peut être une tige ou le côté d'une petite équerre en carton fixée sur une planchette. Le gnomon doit être **vertical** et l'ombre doit se projeter sur un **plan horizontal**.

Dans le plan contenant le Soleil, on a le schéma suivant (schéma 3).



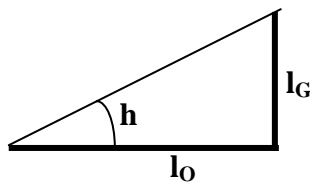
On a donc $\tan h = l_G / l_O$

l_G = longueur du gnomon et l_O = longueur de l'ombre.

Remarque : pour avoir une meilleure précision, on est tenté d'augmenter la longueur du gnomon (donc de l'ombre également), mais on se heurte alors à un autre problème : la détermination de l'extrémité de l'ombre (le Soleil n'étant pas une source ponctuelle, la pénombre rend le repérage difficile). On peut placer au sommet du gnomon une rondelle, le repérage de la tache lumineuse est plus aisé.

Suivant le niveau des élèves, on peut faire :

- calculer h à partir de la tangente, après avoir mesuré l_O , (l_G est connue par construction),
- tracer l_O et l_G perpendiculaires et à l'aide d'un rapporteur mesurer h ,



- faire un calcul préalable de l_O à partir de valeurs de h (de 2° en 2° par exemple) et donner directement la valeur de h sur le dispositif (image 4).

Cet étalonnage permet d'avoir directement la valeur de la hauteur.

Pour la mesure de la hauteur du Soleil à sa culmination, on a les mêmes possibilités et contraintes qu'avec le rapporteur.

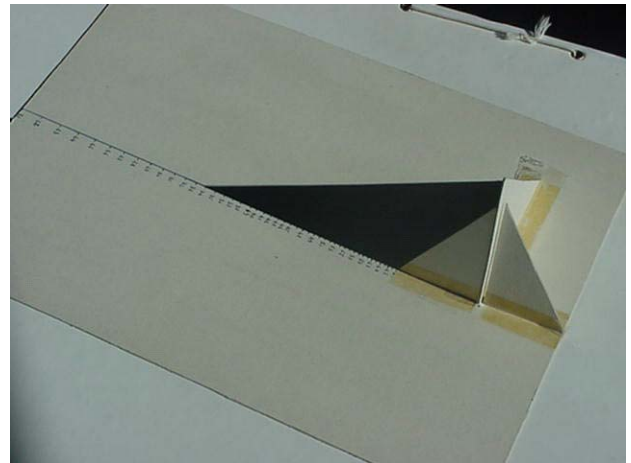


image 4

Si on ne connaît pas la position du méridien, il est possible de tracer sur la planchette des cercles centrés sur le gnomon, donnant les valeurs de la hauteur. Il suffit d'attendre que celle-ci soit minimale. (image 5).

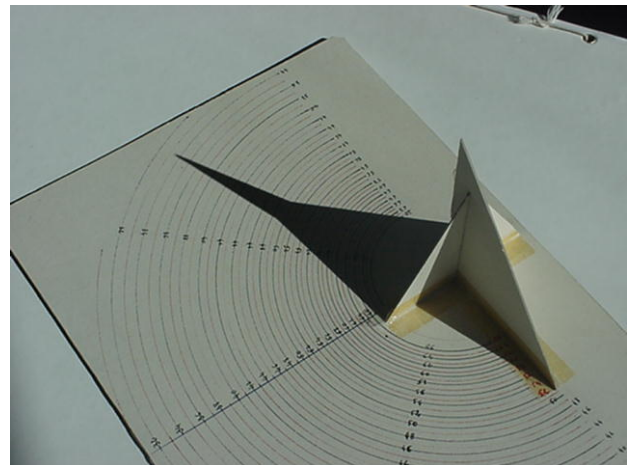


image 5

Toise enregistrreuse

Avant de continuer, faisons le point. Le matériel à utiliser est simple, mais il faut être attentif aux précautions à prendre : le dispositif doit être parfaitement horizontal (I); de plus pour la mesure de la hauteur à la culmination, il faut tracer avec soin le méridien ou calculer l'heure du midi solaire.

Supposons maintenant que l'on souhaite tracer la courbe donnant la hauteur du Soleil au cours d'une journée et reproduire ceci plusieurs fois dans l'année. Cela serait fastidieux, mais alors, il est possible de construire une toise enregistrreuse.

Il faut utiliser du papier sensible à la lumière : papier photographique ou mieux papier "ozalid" qui se développe aux vapeurs d'ammoniac. On trouve ce papier sous d'autres appellations dans les papeteries, soit en feuilles A4, soit en rouleau.

Ce papier est placé dans une boîte parallélépipédique (boîte à gâteaux), dont le couvercle est percé d'un trou sur un des bords (schéma 6).

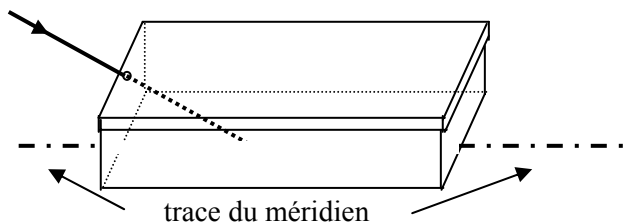


Schéma 6

A la fin de la journée, pour révéler, il suffit d'introduire dans la boîte un petit récipient contenant du coton imbibé d'ammoniaque.

Pour enregistrer la position du Soleil au moment de sa culmination, il faut placer l'ensemble parallèlement au méridien et bien repérer la position du papier dans la boîte (verticale du trou). Le plus simple est d'avoir un repère dans la boîte de manière à positionner les papiers toujours de la même façon.

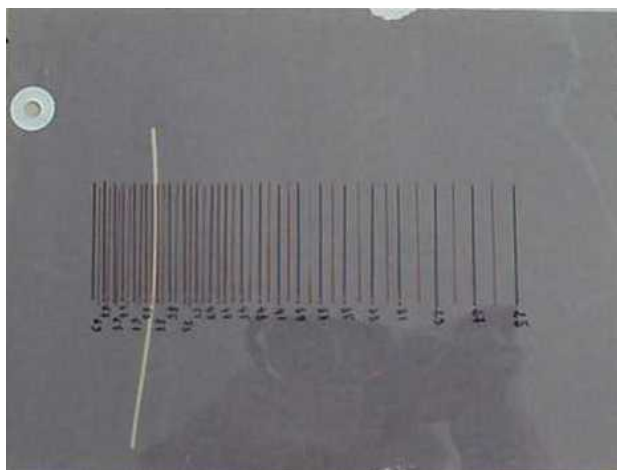


image 7

Après enregistrement et révélation, il suffit alors de placer sur le papier un transparent portant l'étalement des hauteurs (faire coïncider le zéro avec le point du papier situé sur la verticale du trou). (image 7).

On peut se passer du tracé du méridien. Il suffit de placer la boîte grossièrement dans la direction Nord-Sud.

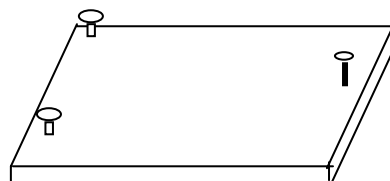
Sur le transparent, l'étalement doit alors être réalisé par des cercles concentriques correspondants aux diverses hauteurs.

La hauteur du Soleil, au moment de la culmination, correspond à celle indiquée par le cercle tangent à la courbe. (image 8)



image 8

(1) Pour avoir un plan horizontal, dans une planche assez épaisse, placer une pointe sur le milieu d'un côté et deux vis sur le côté opposé. A l'aide d'un niveau et des deux vis, il est alors possible de régler l'horizontalité de la planche.



Toise à Soleil

Une planchette horizontale porte un tasseau vertical au sommet duquel est fixée une tige horizontale de longueur l_0 .

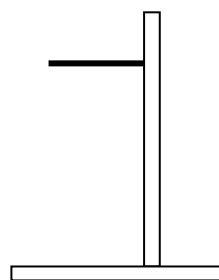


Schéma 9

Le schéma 9 permet de constater que dans ce cas, c'est la mesure de la longueur de l'ombre d'une tige horizontale qui permet de déterminer la hauteur.

L'ombre de longueur l_0 se projette sur le tasseau vertical.

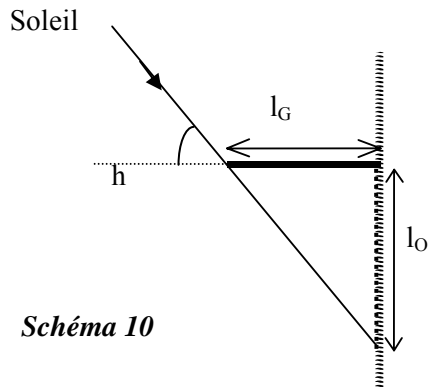


Schéma 10

Le schéma 10 permet de constater que :

$$\tan h = l_o / l_G .$$

Ce dispositif peut permettre de déterminer également l'azimut du Soleil au moment de la mesure de la hauteur.

Dans ce cas, il faut connaître la direction du méridien local et placer correctement le dispositif sur le méridien.

Il suffit alors de permettre au tasseau de tourner autour d'un axe vertical, un index fixé au tasseau donnera la valeur de l'angle sur un rapporteur placé sur la planchette (image 11).

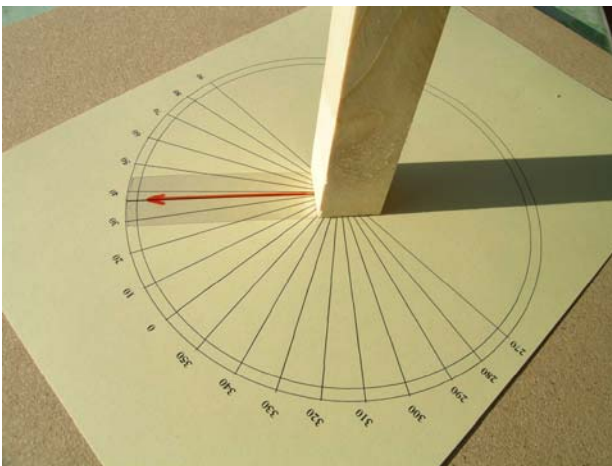


image 11

Théodolite simplifié

L'image 12 présente un théodolite simplifié qu'avait proposé Claude Piguet. Comme précédemment, l'objet doit être placé sur un plan horizontal.

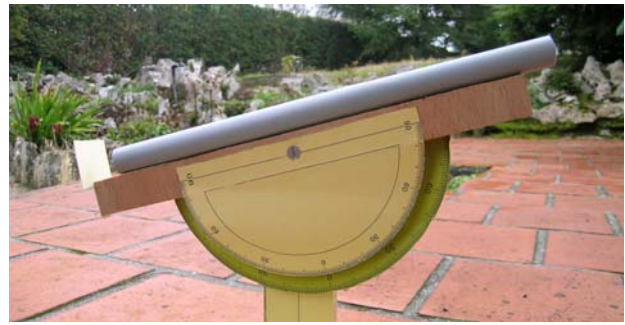


Image 12

La direction du Soleil est repérée à l'aide du tube situé à la partie supérieure ; l'écran permet un bon alignement (image 13).



Image 13

La mesure de la hauteur se fait directement sur le rapporteur, en regard de la verticale. Il faut faire réfléchir les élèves sur la graduation du rapporteur (quand le tube est horizontal, la graduation "zéro" doit être sur la verticale).

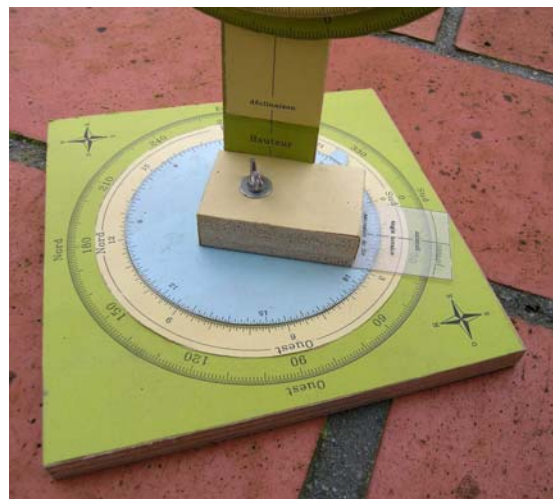


image 15

On peut déterminer l'azimut avec le même dispositif. Pour cela il faudra avoir la trace du méridien local (image 15).