

THÈME : LES SAISONS



1

SUD



2

SUD



3

SUD



4



5



6



7



8

EST

Photos Pierre Causeret



9

OUEST

Positions du Soleil aux levers, aux couchers et aux passages au sud, les jours d'équinoxes et de solstices

Quelles vues correspondent au solstice de juin ? Et au solstice de décembre ? (photos prises en Côte d'Or)

Photos 1, 4 et 5, solstice de décembre ; 3, 8 et 9, solstice de juin ; 2, 6 et 7, équinoxe de mars (mais ce pourrait être de septembre)

Les saisons. Notions de base

Pierre Causeret, pierre.causeret@wanadoo.fr

Pourquoi y a-t-il des saisons ? Quelle est l'influence de la distance du Soleil ? Comment définir les solstices et équinoxes ? Voici quelques rappels sur les aspects les plus importants des saisons. Les explications sont données pour un observateur situé aux alentours de 45° nord comme en France métropolitaine.

Dans la plupart des livres, on explique les saisons en partant d'un schéma représentant la Terre tournant autour du Soleil. Il est dommage de ne pas partir de l'observation. C'est une des difficultés de l'enseignement de l'astronomie : passer du point de vue géocentrique de l'observateur à un point de vue extérieur.

Le mouvement apparent du Soleil

Si on observe le Soleil depuis un lieu fixe tout au long de l'année, on s'aperçoit rapidement que sa hauteur varie ainsi que la durée de la journée. Fin juin, le Soleil passe au plus haut et les journées sont les plus longues de l'année. Fin décembre, c'est l'inverse, le Soleil est au plus bas et les journées sont les plus courtes (fig.1).

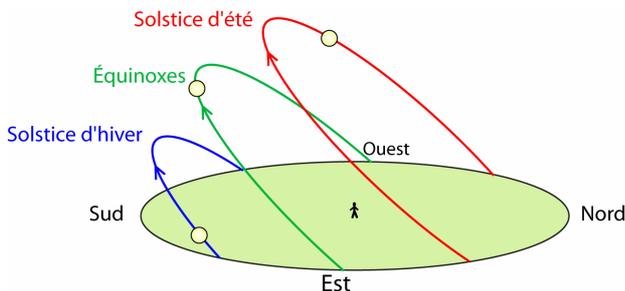


Fig. 1. Mouvement apparent du Soleil pour un observateur situé à 47° de latitude nord.

On peut alors apporter deux arguments pour expliquer pourquoi il fait plus chaud en été :

1. Parce que les journées sont plus longues, le Soleil chauffe plus longtemps.
2. Parce que le Soleil passe plus haut, ses rayons vont davantage chauffer le sol (fig.2).

Certains livres pour enfants ou manuels scolaires ne donnent qu'une des deux explications. Il est intéressant de savoir laquelle des deux joue le rôle principal. Si on calcule la quantité d'énergie reçue par m² de sol horizontal en une journée, on obtient 45 MJ (mégajoules) le 21 juin contre 9 MJ seulement le 21 décembre (pour une latitude de 47° et sans tenir compte de l'absorption atmosphérique). Le rapport est de 1 à 5. Entre le solstice d'hiver et le solstice d'été, la durée de la journée est multipliée

par 2 (de 8 h à 16 h environ). Pour arriver à $\times 5$, on peut considérer que le coefficient est $\times 2,5$ pour la hauteur du Soleil ($\times 2 \times 2,5$ donne bien $\times 5$), donc un peu plus que pour la durée de la journée. Les deux paramètres sont importants même si la hauteur compte un peu plus.

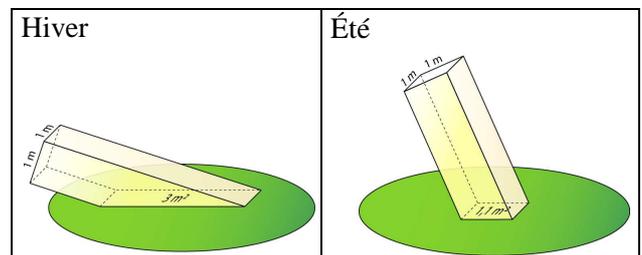


Fig. 2. Un faisceau de lumière de 1 m² de section éclaire une surface au sol qui dépend de la hauteur du Soleil. On trouve 3 m² pour un Soleil à midi au solstice d'hiver et 1,1 m² au solstice d'été. L'énergie reçue par m² est donc plus importante dans le deuxième cas.

La modélisation

Depuis Copernic, on explique le mouvement apparent du Soleil en faisant tourner la Terre autour du Soleil, son axe étant incliné par rapport au plan de son orbite appelé plan de l'écliptique (fig.3).

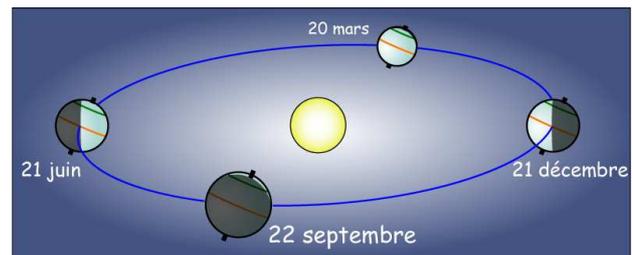


Fig. 3. Révolution de la Terre tourne autour du Soleil

On appelle obliquité l'angle que fait l'axe de la Terre avec la perpendiculaire au plan de l'écliptique. On retrouve le même angle entre le plan de l'équateur et le plan de l'écliptique.

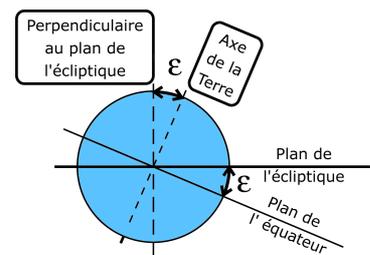


Fig. 4. Obliquité de la Terre ϵ . Elle vaut actuellement 23°26'.

Cet angle est à l'origine des saisons. Il permet d'expliquer les variations de la durée de la journée (fig. 5).

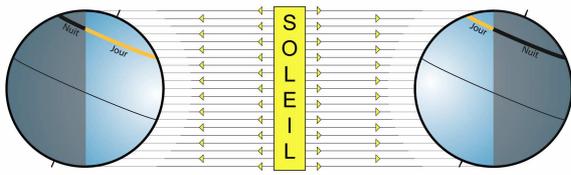


Fig. 5. La journée au solstice d'été (à gauche) est beaucoup plus longue que la journée au solstice d'hiver (à droite)

C'est aussi l'obliquité qui permet d'expliquer les variations de la hauteur du Soleil. On peut le montrer simplement à partir d'un globe sur lequel on aura fixé un gnomon (un bâton vertical) à la latitude de la France. On peut même calculer la hauteur du Soleil à midi aux solstices (fig.6).

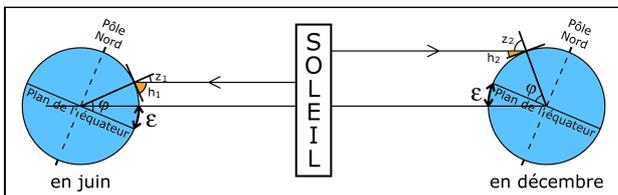


Fig. 6. Calcul de la hauteur h du Soleil à midi aux solstices à une latitude φ :

$$\begin{aligned} \text{Au } 21/06 : z_1 &= \varphi - \varepsilon ; h_1 = 90^\circ - z_1 = 90^\circ - \varphi + \varepsilon \\ \text{Au } 21/12 : z_2 &= \varphi + \varepsilon ; h_2 = 90^\circ - z_2 = 90^\circ - \varphi - \varepsilon \end{aligned}$$

À 47° de latitude nord, cela donne 66,5° et 19,5°.

Comment mesurer l'obliquité de la Terre ?

1. Mesurez la hauteur du Soleil à midi au solstice d'été.
2. Mesurez la hauteur du Soleil à midi au solstice d'hiver.
3. Calculez la différence de ces hauteurs et divisez par deux. Vous avez l'obliquité.

Explication (voir figure 6)

$h_1 = 90^\circ - \varphi + \varepsilon$ et $h_2 = 90^\circ - \varphi - \varepsilon$ donc $h_1 - h_2 = 2\varepsilon$
On peut aussi déduire de ces mesures la latitude du lieu qui est égale au complémentaire de $(h_1 + h_2)/2$.

Les grandes méridiennes comme celle de Saint Sulpice permettent d'effectuer des mesures précises de hauteur du Soleil à midi et d'obtenir la valeur de l'obliquité.

Quelques mesures

Hipparque (2^e siècle avant notre ère) : 23° 51'
Al Battani (9^e-10^e siècle) : 23° 35'
Cassini en 1671 (méridienne de Bologne) : 23° 28' 47"
Le Monnier a mesuré la diminution de l'obliquité avec la méridienne de St Sulpice.
Obliquité vraie de l'écliptique le 1/01/2010 : 23° 26' 20"

On explique donc les saisons dans un système héliocentrique simple en considérant que la Terre décrit une orbite circulaire autour du Soleil. Mais les Grecs expliquaient tout aussi bien ces variations de durée de la journée et de hauteur du Soleil dans leur modèle géocentrique (fig.7).

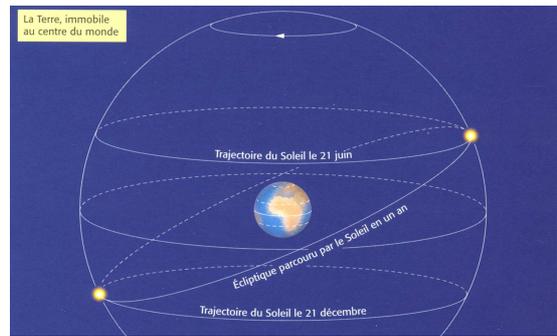


Schéma extrait du livre "Les saisons et les mouvements de la Terre" Belin

Fig. 7. Dans le système de Ptolémée, la sphère céleste tourne autour de la Terre en un jour. Le Soleil se déplace d'environ 1° par jour sur l'écliptique, grand cercle incliné de 24° par rapport à l'équateur.

Solstices et équinoxes

En France métropolitaine, on peut définir le solstice d'été comme étant le jour où le Soleil monte le plus haut dans le ciel et où la journée est la plus longue. C'est aussi le jour où le Soleil se lève et se couche le plus au nord. Il existe d'ailleurs des alignements de mégalithes comme à Stonehenge qui permettaient d'observer la direction du lever ou du coucher du Soleil pour se repérer dans le cours des saisons. À l'inverse, au solstice d'hiver, la journée est la plus courte, le Soleil est au plus bas et les levers et couchers de Soleil sont le plus au sud.

L'étymologie du mot "équinoxe" indique que, ce jour-là, la durée de la nuit est égale à la durée de la journée. Cette définition pose problème car la réfraction atmosphérique permet de voir le Soleil alors qu'il est encore géométriquement sous l'horizon. De ce fait, la durée de la journée à l'équinoxe est toujours légèrement supérieure (d'environ 7 minutes) à la durée de la nuit. On peut définir l'équinoxe comme le jour où le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest, ce qui est, là encore, approximatif.

En fait, solstices et équinoxes sont maintenant définis non pas au jour près mais à la seconde près grâce à la position du Soleil par rapport au plan de l'équateur.

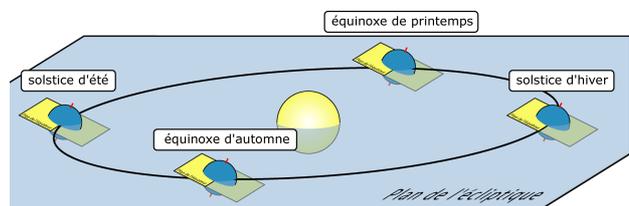


Fig. 8. Solstices et équinoxes. Le plan de l'équateur est en jaune et le plan de l'écliptique en bleu.

L'équinoxe est le moment où le centre du Soleil est dans le plan de l'équateur.

Au solstice d'été, le Soleil est le plus au nord du plan de l'équateur (sa déclinaison est maximale), au

solstice d'hiver, le Soleil est le plus au sud du plan de l'équateur (déclinaison minimale).

On trouve les instants des solstices et équinoxes sur le site de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides (www.imcce.fr) en cliquant sur "Les saisons". Par exemple, le solstice d'été 2010 aura lieu le 21 juin 2010 à 11 h 29 min UT.

Les dates des solstices et équinoxes sont en moyenne pour les années à venir le 20 mars, le 21 juin, le 22 septembre et le 21 décembre.

Équinoxe de printemps	19 mars (4 fois)
	20 mars (46 fois)
Solstice d'été	20 juin (17 fois)
	21 juin (33 fois)
Équinoxe d'automne	22 septembre (32 fois)
	23 septembre (18 fois)
Solstice d'hiver	21 décembre (41 fois)
	22 décembre (9 fois)

Date des solstices et équinoxes de 2010 à 2059.

La distance du Soleil

Les saisons s'expliquent très bien avec une distance Terre Soleil fixe. Mais la Terre suit une orbite elliptique. Elle passe au plus près du Soleil (au périhélie) début janvier et au plus loin (à l'aphélie) début juillet. De ce fait, les saisons de l'hémisphère nord sont moins contrastées qu'elles ne le seraient avec une orbite circulaire puisque nous sommes au plus près du Soleil en hiver.

Compléments

Toutes les saisons n'ont pas la même durée. Comme la Terre va plus vite au périhélie, l'hiver est la saison la plus courte (89 jours) alors que l'été dure presque 94 jours.

Le sol reçoit le maximum de chaleur du Soleil le jour du solstice d'été. Et pourtant la saison chaude a lieu en juillet août. Il faut en effet à la terre un certain temps pour se réchauffer.

Ce sont les saisons dans l'hémisphère nord, aux alentours de 45° de latitude, qui ont été évoquées ici. Autour de l'équateur, la situation est totalement différente puisque la durée de la journée comme la quantité de chaleur reçue au sol varient peu. Dans l'hémisphère sud, les dates des saisons sont inversées : la saison froide est en juillet et la saison chaude en janvier.

Des outils pour parler des saisons

Des photos du Soleil

Quand on demande à des enfants pourquoi il fait plus chaud en été, on entend très souvent : "parce qu'on est plus près du Soleil". Plutôt que de dire "c'est faux", on peut leur demander de chercher comment savoir si un objet est proche ou lointain

sans en mesurer la distance. Ils trouvent en général assez vite qu'un objet proche apparaît plus gros qu'un objet lointain. On peut alors leur proposer ces photos et y mesurer l'image du Soleil. Nous ne sommes pas plus près du Soleil en juin...



13 janvier 2001

22 juin 2001

Fig. 9. Ces deux photos ont été réalisées avec le même télescope et développées de la même manière (4 photos sont disponibles sur le site du CLEA).

Une méridienne

Pour amener les élèves à observer les variations de hauteur du Soleil, on peut réaliser une méridienne constituée d'une planchette, d'un bâton vertical et d'une ligne nord sud.



Fig. 10. Méridienne horizontale réalisée sur une année par Didier Guigue, IUFM de Dijon.

On note régulièrement la longueur de l'ombre lorsque le Soleil passe au sud, situé à droite sur la photo. Une ombre courte signifie un Soleil haut, une ombre longue un soleil bas.

Un appareil à chocolat

Comment la hauteur du Soleil joue-t-elle sur la température au sol ? Plutôt qu'un long discours, cette petite expérience est très parlante.

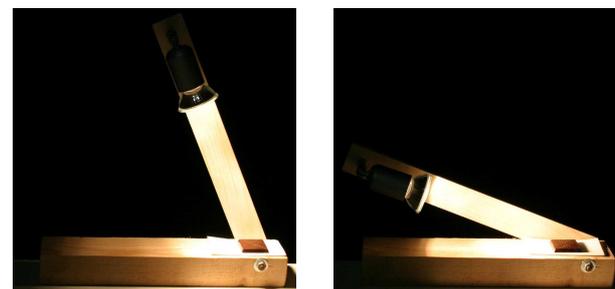


Fig. 11. L'expérience du chocolat. Les deux lampes sont situées à la même distance des deux carrés de chocolat mais inclinées différemment. Elles sont allumées en même temps. Après environ deux minutes, seul le chocolat situé sous la lampe "été" à gauche a fondu.

De nombreuses autres expériences sont possibles. Quelques-unes sont décrites dans les pages qui suivent. (voir aussi l'encadré p 16). ■