

Modélisation de la rotation de la Terre autour du Soleil

21/08/2003

Auteur(s) :

Claude Piguet

Observatoire de Saint Genis Laval, Lyon.

Publié par :

Benoît Urgelli

Résumé

Présentation d'une maquette de l'Observatoire de Lyon pour comprendre les mouvements de la Terre autour du Soleil et déterminer la hauteur du Soleil à son méridien, l'énergie reçue au sol, la durée d'ensoleillement en un lieu donné pour une date choisie.

Table des matières

- [Objectifs](#)
- [Dispositif](#)
 - [Le dispositif de modélisation](#)
 - [La mappemonde](#)
 - [Le plan de l'écliptique](#)
 - [Accessoires nécessaires](#)
- [Manipulations](#)
 - [Préparation du repère local](#)
 - [Mesure de la hauteur du Soleil lors de son passage au méridien aux solstices d'été et d'hiver](#)
 - [Méthode](#)
 - [Exemples](#)
 - [Comparaison qualitatives et quantitatives des énergies solaires reçues au sol en été et en hiver](#)
 - [Méthode](#)
 - [Exemple, à Lyon](#)
 - [Mouvement diurne du Soleil et durée d'ensoleillement au solstice d'été et au solstice d'hiver](#)
 - [Méthode](#)
 - [Exemple, à Lyon](#)
 - [Repérage des saisons grâce aux constellations du zodiaque \(méthode des bergers mésopotamiens\)](#)

Mise à jour le 20 juin 2008 (formules partie 3.3).

Objectifs

Cette maquette a été conçue pour comprendre, par la visualisation, comment les mouvements de notre planète, rapportés à un repère héliocentrique, sont perçus par un habitant situé sur la Terre, se repérant par rapport à un repère géocentrique. L'utilisation de la maquette peut également se concevoir chaque fois que l'on cherche l'interprétation d'une observation faite depuis la Terre. D'autre part un rapprochement fructueux peut être fait entre l'étude d'un phénomène avec la maquette et celle réalisée en utilisant une carte mobile du ciel ou le logiciel

Skyglobe.

Pour en savoir plus sur la maquette de Claude Piguet, cliquez [ici](#).

Dispositif

Le dispositif de modélisation

Cette maquette est constituée d'une mappemonde pouvant tourner autour d'un axe et entourée d'un élément plan sur lequel sont inscrits des noms de constellations et un calendrier. Ce plan est appelé "plan de l'écliptique".

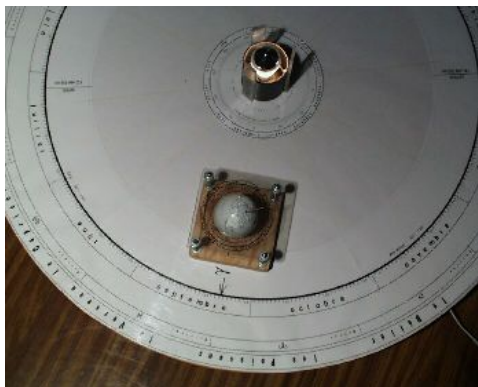


Figure 1. [Le dispositif](#).

La mappemonde

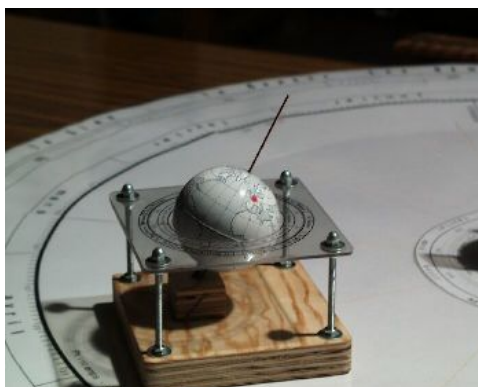


Figure 2. [La mappemonde](#).

L'axe de rotation de la Terre, ligne joignant les deux pôles, fait un angle de $23^{\circ} 27'$ avec la perpendiculaire au plan de l'écliptique. À la surface de la mappemonde sont tracés :

- une représentation des continents,
- 24 grands cercles passant par les pôles, délimitant les 24 fuseaux horaires,
- des parallèles correspondant à quelques latitudes remarquables :
 - cercle polaire antarctique, latitude $- 66^{\circ}33'$
 - Tropicque du Capricorne, latitude $- 23^{\circ}27'$
 - équateur, latitude 0°
 - tropique du Cancer, latitude $+ 23^{\circ}27'$
 - Paris, latitude $46^{\circ} 50'$
 - cercle polaire arctique, latitude $+ 66^{\circ}33'$

Le plan de l'écliptique



Figure 3. [Le plan de l'écliptique](#).

Le calendrier indique la direction de la ligne Terre-Soleil pour chaque jour de l'année. Les constellations sont celles de la portion du ciel où semble se déplacer le Soleil au cours d'une année, pour un observateur situé sur la Terre. On les appelle "constellations du Zodiaque".

Sont également représentés ici les "signes du Zodiaque" qui ne sont rien d'autre que les vestiges d'un calendrier primitif imaginé plusieurs siècles avant notre ère quand les peuplades du Moyen Orient ont commencé à se sédentariser et à développer l'agriculture. Ce calendrier leur servait de repère pour prévoir les saisons des semailles ou des récoltes. Il est lié à l'équinoxe de printemps et divisé en douze parties égales, chacune portant le nom de la constellation où se trouvait alors le Soleil.

Depuis, à cause du phénomène de précession des équinoxes, le Soleil ne se trouve plus, à l'équinoxe de printemps, dans la même constellation qu'il y a 2500 ans et ce calendrier est périmé. C'est donc uniquement à titre historique qu'il figure ici.

Accessoires nécessaires

- Un rapporteur en forme de demi-cercle de diamètre inférieur à 10 cm.
- Un petit carré en bristol de 2 cm de côté.
- Une baguette rectiligne assez fine de 15 à 20 cm de longueur.
- 4 cm environ de ruban adhésif transparent et 1 cm d'adhésif double face.

Manipulations

Préparation du repère local

Le petit carré cartonné de 2 cm de côté va servir à matérialiser le plan horizon du lieu souhaité et repéré sur la mappemonde. Pour repérer localement une direction, on utilise deux coordonnées : l'**azimut** et la **hauteur**.

Le repérage en azimut est basé sur les points cardinaux

	Sud	Ouest	Est	Nord
Azimut des astronomes	0°	90°	180°	270°
Azimut des géographes	180°	270°	0°	90°

Inscrire les directions des quatre points cardinaux sur le petit carré puis le positionner correctement à l'emplacement choisi sur la mappemonde, au moyen d'un adhésif double face.

La hauteur du Soleil dépend de la latitude du lieu d'observation. Le repérage en hauteur se fera donc à l'aide du rapporteur qui sera placé de manière à ce que :

- sa base soit parallèle au plan horizon placé précédemment,
- son plan contienne le lieu d'observation et l'axe de rotation de la Terre,
- son centre soit sur cet axe.

L'angle que fait l'axe de rotation de la Terre avec l'horizon Nord est égal à la latitude du lieu d'observation. Le rapporteur placé ainsi représente le méridien du lieu. Il sera maintenu en place au moyen d'un morceau de ruban adhésif recouvrant à la fois l'axe et le dos du rapporteur.

Remarque : théoriquement le centre du rapporteur devrait être placé sur la mappemonde à l'emplacement du lieu d'observation, mais les astres (étoile polaire ou Soleil) pouvant être considérés comme situés à l'infini, leurs directions sont les mêmes pour tous les points du voisinage de la Terre.

Mesure de la hauteur du Soleil lors de son passage au méridien aux solstices d'été et d'hiver

Méthode



Figure 4. Mesure de la hauteur du Soleil.

Faire tourner la Terre de manière à amener le méridien du lieu d'observation (matérialisé par le ligne Nord-Sud et le rapporteur) en face la date désirée.

Utiliser la baguette qui matérialisera la direction des rayons du Soleil. La placer à hauteur du centre du rapporteur, parallèlement à la direction Terre-Soleil indiquée sur le plan de l'écliptique pour la date correspondante.

Repérer sur le rapporteur la graduation qui donne l'angle que fait la direction du Soleil avec l'horizon Sud.

Exemples

	Tropique du Cancer	Lyon	Cercle polaire	Pôle Nord
Solstice d'été	Zénith	68°	47°	23°
Solstice d'hiver	47°	21°	0°	Sous l'horizon

Au Pôle Nord, le jour du solstice d'été, la hauteur du Soleil sera constamment égale à 23° ; on y observera le « *Soleil de minuit* » jusqu'au moment de l'équinoxe d'automne où le Soleil fera le tour de l'horizon avant de disparaître pour 6 mois.

Comparaison qualitatives et quantitatives des énergies solaires reçues au sol en été et en hiver

Méthode

Considérons un cylindre de section s et diamètre d ($s = \pi \cdot d^2/4$) contenant les rayons provenant du Soleil et faisant un angle a avec le sol. Soit S la surface interceptée au sol, c'est une ellipse de petit axe d et de grand axe D .

$$d = D \cdot \sin(a) ; S = \pi \cdot d \cdot D = \pi \cdot d^2/4 \sin(a) = s/\sin(a)$$

L'énergie solaire est donc répartie au sol sur une surface S plus grande que la section du cylindre d'un facteur

$1/\sin(a)$. Cela revient à dire que l'énergie reçue au sol par unité de surface E , est réduite d'un facteur $\sin(a)$ par rapport à l'énergie solaire maximale E_{\max} (selon la section du cylindre, soit perpendiculairement aux rayons solaires). $E = E_{\max} \cdot \sin(a)$.



Figure 5. Placement au solstice d'été pour Lyon.

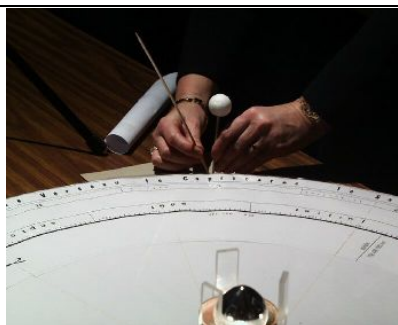


Figure 6. Quelque part en août.

Pour deux angles a_1 et a_2 et une même surface interceptée au sol :

$$S_1 / S_2 = \sin(a_2) / \sin(a_1) ; E_1 / E_2 = \sin(a_1) / \sin(a_2)$$

Exemple, à Lyon



Figure 7. Mesure pour Lyon en décembre.

Entre l'été et l'hiver au moment du passage du Soleil au méridien :

$$E_1 / E_2 = (\sin 68^\circ / \sin 21^\circ) = 2,6$$

À Lyon, l'énergie reçue au sol quand le Soleil culmine est 2,6 fois plus grande en été qu'en hiver.

Mouvement diurne du Soleil et durée d'ensoleillement au solstice d'été et au solstice d'hiver

Méthode

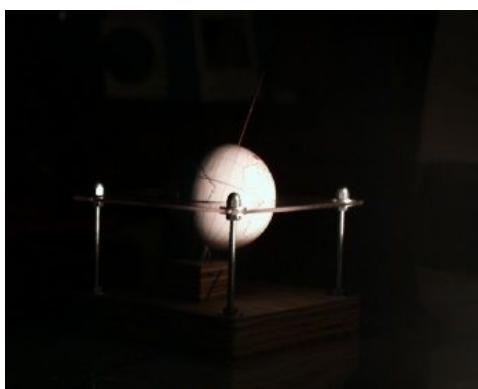


Figure 8. Observation de la durée d'ensoleillement.

Utiliser la baguette toujours maintenue parallèle à la direction Terre-Soleil mais pointant cette fois-ci vers le centre du repère local (centre du petit carré de 2 cm de côté). Faire tourner la Terre dans le sens direct et observer l'évolution de l'orientation des rayons du Soleil par rapport au plan horizon.

Lorsque la baguette se trouve dans ce plan, le Soleil se couche. L'heure de coucher du Soleil s'obtient en comptant le nombre de fuseaux horaires séparant le lieu de l'observation d'un autre lieu où le Soleil est alors au méridien.

La trace de la baguette sur le plan horizon indique aussi l'azimut du coucher du Soleil. La même méthode permet de trouver l'heure du lever du Soleil et d'en déduire la durée du jour.

Exemple, à Lyon

Au solstice d'été : la durée du jour est de 15h30min, le Soleil se lève au Nord-Est et se couche au Nord-Ouest.

Au solstice d'hiver : la durée du jour est de 8h30 min, le Soleil se lève au Sud-Est et se couche au Sud-Ouest.

Repérage des saisons grâce aux constellations du zodiaque (méthode des bergers mésopotamiens)

Juste après le coucher du Soleil, on observe les constellations qui apparaissent dans le ciel : ce ne sont pas les mêmes au cours de l'année. C'est ainsi que, bien avant notre ère, les Anciens avaient remarqué que le Soleil décrivait de jour en jour une ligne à travers les étoiles. La place du Soleil dans le zodiaque leur permettait de se repérer dans l'année et d'établir une sorte de calendrier.

	côté Couchant	côté Sud	Côté Levant
le 21 juin	Cancer	Vierge	Scorpion
le 23 septembre	Balance	Sagittaire	Verseau
le 22 décembre	Capricorne	Poissons	Gémeaux
le 21 mars	Bélier	Gémeaux	Lion

De la même manière on peut repérer les étoiles qui se lèvent juste avant le Soleil. C'est ainsi que les Égyptiens avaient remarqué que les crues du Nil revenaient au moment du lever héliaque de Sirius. Cet événement marquait le début de l'année égyptienne célébrée par de grandes festivités.