

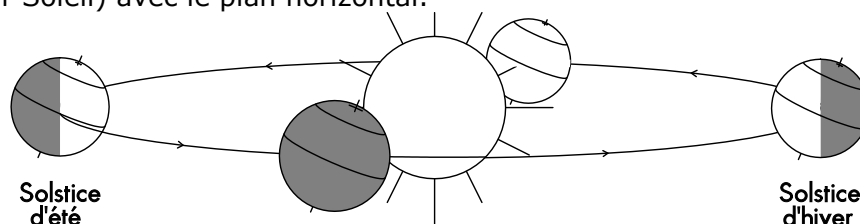
JOURNÉES NATIONALES A.P.M.E.P. GÉRARDMER 3-6 novembre 1999

Atelier VA03 POURQUOI FAIT-IL PLUS CHAUD EN ÉTÉ ? Pierre Causeret¹

Le mécanisme des saisons est très mal connu de nos élèves (et de nombreux adultes). Beaucoup croient, par exemple, que nous sommes plus près du Soleil en été alors que c'est en janvier que la distance Terre Soleil est la plus courte. Les deux exercices qui suivent permettent de mieux comprendre l'origine des saisons tout en montrant que l'on rencontre les maths dans de très nombreux problèmes. Il faut peut-être rappeler qu'il fait plus chaud en été d'abord parce que le Soleil est plus haut dans le ciel (c'est le thème du premier exercice) et ensuite parce que les journées sont plus longues (deuxième exercice). Ces deux phénomènes s'expliquent très bien en considérant que la Terre décrit une orbite circulaire centrée sur le Soleil, ce qui n'est pas très loin de la réalité.

Premier exercice : la hauteur du Soleil à midi

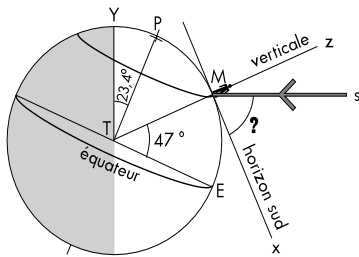
Il s'agit de calculer la "hauteur" du Soleil à midi au solstice d'été (21/06) puis au solstice d'hiver (21/12) pour un lieu dont on connaît la latitude. Nous prendrons ici Dijon (47° de latitude Nord). Le mot "hauteur" est à utiliser avec les élèves avec précaution puisqu'il désigne ici un angle et non une longueur, plus précisément c'est l'angle que fait la droite (Observateur Soleil) avec le plan horizontal.



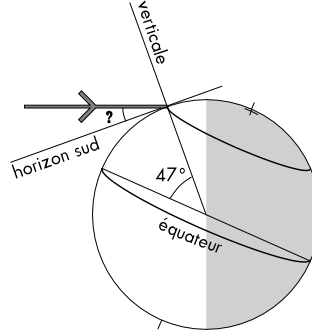
On sait que l'axe de la Terre garde une direction fixe dans l'espace, faisant un angle de $23,4^\circ$ avec la perpendiculaire au plan de son orbite

¹ Pierre.Causeret@wanadoo.fr, membre de :
Comité de Liaison Enseignants Astronomes (<http://www.ac-nice.fr/clea/>)
Société Astronomique de Bourgogne (<http://www.sab-astro.fr/>).

Au solstice d'été



Au solstice d'hiver



Sur les deux schémas précédents :

On se place dans le plan du méridien, que l'on définit comme le plan vertical qui contient l'observateur et l'axe de la Terre.

Le trait épais représente un rayon lumineux en provenance du Soleil.

Il est donc midi solaire, l'heure à laquelle le Soleil est dans le plan du méridien.

On cherche à déterminer l'angle xMs . Pour cela on peut utiliser la parallèle au diamètre équatorial passant par M et montrer que le Soleil est à $23,4^\circ$ au dessus de l'équateur le 21 juin et $23,4^\circ$ en dessous le 21 décembre.

On trouve ainsi comme hauteur $66,4^\circ$ au solstice d'été ($43 + 23,4$) et $19,6^\circ$ au solstice d'hiver ($43 - 23,4$).

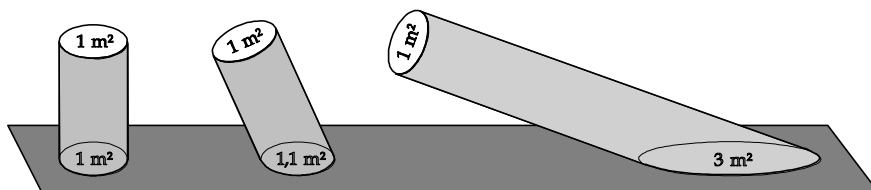
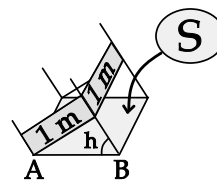
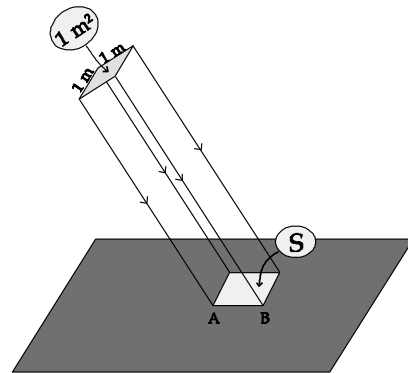
D'une manière générale, la hauteur du Soleil à midi est égale au complément de la latitude auquel on ajoute la déclinaison du Soleil. Cette déclinaison est l'angle que fait la droite Terre Soleil avec le plan de l'équateur, compté positivement au Nord et négativement au Sud. Elle vaut $23,4^\circ$ le 21/6, $-23,4^\circ$ le 21/12, 0° aux équinoxes. On la trouve dans les éphémérides astronomiques ou sur les sites Internet spécialisés comme celui du bureau des longitudes (<http://www.bdl.fr>)

Complément

On peut s'amuser à calculer la puissance reçue par m^2 de sol horizontal.

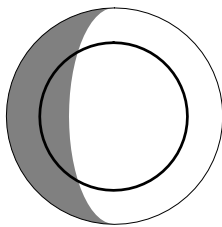
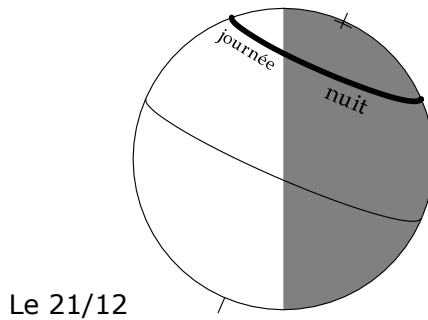
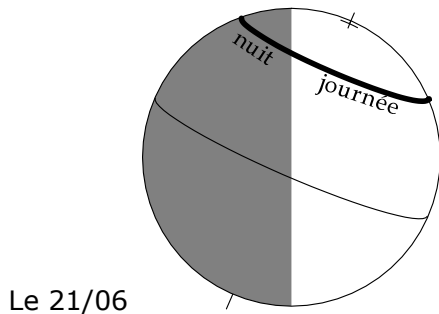
Considérons un faisceau de lumière de $1 m^2$ de section. Il nous apporte $1400 W$ (sans tenir compte de l'absorption atmosphérique). A Dijon au solstice d'été à midi, on peut calculer qu'il doit éclairer et chauffer une surface S de $1,1 m^2$ ($1/\sin 66,4^\circ$) environ contre $3 m^2$ au solstice d'hiver. La puissance reçue par m^2 horizontal passe ainsi d'environ $1300 W$ le 21/6 à moins de $500 W$ le 21/12 (à midi). On comprend que les températures soient plus élevées en juin qu'en décembre.

Ces calculs peuvent être effectués en 3ème bien que les élèves ne connaissent pas cette notion de puissance.

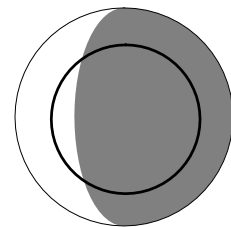


Deuxième exercice : la longueur de la journée

Le mot "journée" désigne ici l'intervalle de temps compris entre le lever et le coucher du Soleil. On cherche à calculer la longueur de la journée au solstice d'été puis au solstice d'hiver dans une ville de son choix. Nous prendrons ici Dijon (47° de latitude Nord). Quand la Terre tourne sur elle-même, l'observateur décrit un petit cercle représenté en gras sur ces figures. On voit bien que la journée est plus longue que la nuit au solstice d'été alors que c'est l'inverse au solstice d'hiver.

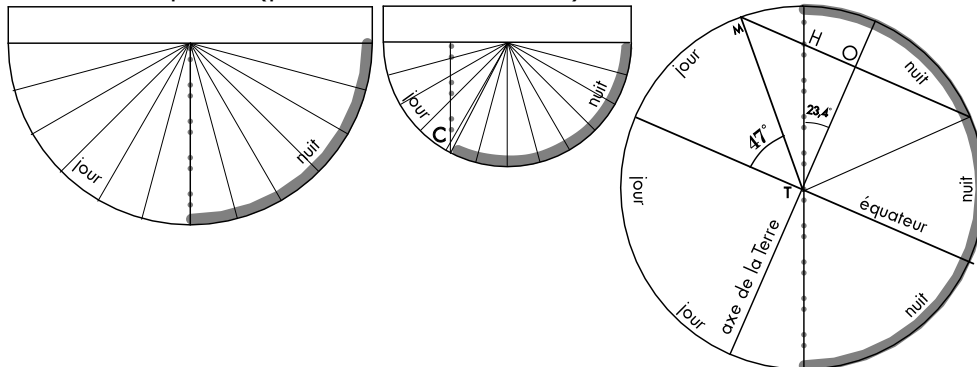


Pour trouver des valeurs précises, il faudrait connaître la longueur de l'arc journée, en supposant que la Terre tourne à vitesse constante. Pour cela, on peut utiliser une vue du Pôle Nord.



Mais il n'est pas facile pour nos élèves de voir dans l'espace et de passer d'une vue "de face" à une vue du Pôle. Pour les aider, on construit une petite maquette représentant le plan du méridien, le plan de l'équateur et le plan du parallèle 47° Nord.

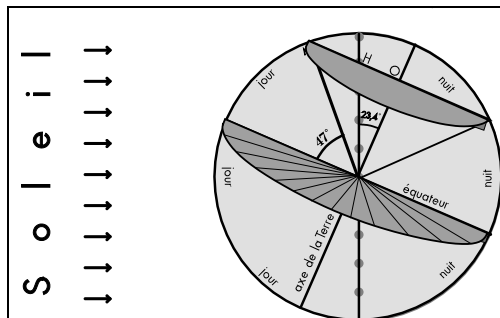
Les pièces de la maquette (pour le solstice d'hiver) :



La maquette peut être assemblée par les élèves à la maison. Une fois le problème bien expliqué, on peut déjà lire sur celle-ci une valeur approchée du résultat : un peu plus de 8 heures.

On détermine ensuite l'ordre des calculs à effectuer pour avoir une valeur plus précise :

- OM (dans OMT)
- OT (dans OMT)
- OH (dans OHT)
- L'angle \widehat{COH} (dans COH en remarquant que $CO = OM$)
- L'angle \widehat{MOC}



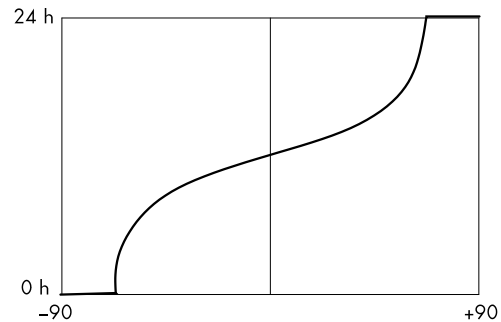
Les élèves effectuent les calculs en classe ou chez eux. Les calculs de longueur peuvent s'effectuer soit en fonction du rayon de la Terre r soit en km en prenant $r = 6370$ km.

Une fois trouvé l'angle \widehat{MOC} , une simple proportion nous donne la longueur de la journée. **On obtient pour la journée du solstice d'hiver à Dijon 8,3 heures.** Pour le solstice d'été, on peut utiliser la même maquette en échangeant nuit et jour et l'on trouve 15,7 h ($24 - 8,3$)

Question supplémentaire

On note f la fonction de $[-90;90]$ dans $[0;24]$ qui, à la latitude en degrés, fait correspondre la durée de la journée en heures au solstice d'été. On peut chercher à étudier cette fonction.

On obtient une fonction continue non dérivable en deux points dont la représentation graphique est tracée à droite.



Complément

On n'a pas tenu compte dans ces calculs de la réfraction atmosphérique qui fait que l'on voit le Soleil se lever alors qu'il est encore sous l'horizon géométrique. De même le soir, lorsqu'on le voit se coucher, il est déjà presque 1° sous le plan horizontal. Ce phénomène rallonge les journées de 7 minutes en moyenne.

Pour vérifier ses résultats, on peut aller chercher les heures de lever et de coucher de Soleil pour une ville quelconque sur le site du bureau des longitudes (<http://www.bdl.fr>). Celui-ci vous donnera un résultat supérieur d'environ 7 minutes à votre calcul car il tient compte de cette réfraction atmosphérique

Conclusion

Ces exercices permettent de vérifier que l'on peut expliquer les saisons en considérant que la Terre suit une trajectoire circulaire. C'est l'inclinaison de son axe par rapport à la perpendiculaire au plan de son orbite qui est à l'origine des variations de hauteur du Soleil et de durée de la journée.

Dans nos régions, nous recevons le maximum d'énergie du Soleil le 21 juin. Si les températures sont plus chaudes en juillet et août, c'est qu'il faut un certain temps au sol pour se réchauffer.

De nombreuses confusions sur le mécanisme des saisons viennent du fait que beaucoup, sachant que la Terre décrit une trajectoire elliptique, croient que ce fait est à l'origine des saisons. La faible excentricité de l'orbite elliptique (0,0167) n'apporte que de petites modifications : par exemple, la durée de l'été dans l'hémisphère Nord est supérieure de presque 5 jours à la durée de l'hiver.

On peut d'ailleurs vérifier simplement que nous ne sommes pas plus près du Soleil en été. Si c'était le cas, le Soleil devrait nous paraître plus gros. Or les mesures de son diamètre apparent montre que celui-ci est légèrement plus important en janvier ($32,5'$) qu'en juillet ($31,5'$).

