



AVEC NOS ÉLÈVES

L'obliquité de l'écliptique et sa mesure

Pierre Causeret

Cette expression compliquée d'obliquité de l'écliptique, désigne l'angle que fait l'axe de la plupart des globes terrestres des salles de géographie avec la verticale : un peu plus de 23° .

Mot à mot, obliquité signifie inclinaison et l'écliptique est le plan de l'orbite de la Terre : l'obliquité de l'écliptique est donc l'inclinaison du plan de l'orbite terrestre, sous-entendu par rapport au plan de l'équateur. Les astronomes grecs et arabes étaient déjà capables de la mesurer à quelques minutes d'angle près, en utilisant des méthodes simples que l'on peut reproduire avec nos élèves.

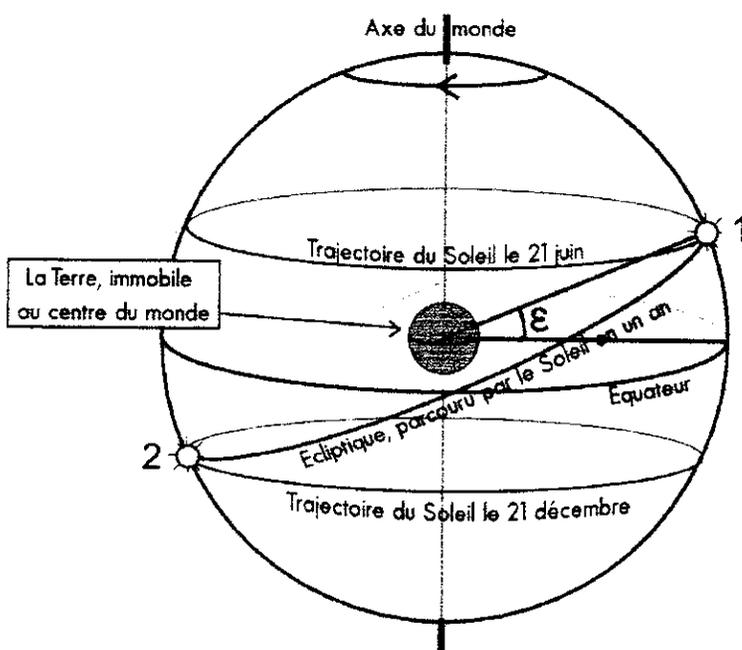


fig. 1 : système géocentrique

L'obliquité de l'écliptique en système géocentrique

La Terre est immobile au centre du monde. La sphère des fixes, qui supporte les étoiles, est centrée sur la Terre et tourne sur elle-même d'est en ouest en un jour sidéral (23 h 56 min et 4 s). L'équateur est le grand cercle perpendiculaire à l'axe du monde.

Le Soleil se trouve sur cette sphère mais il se déplace chaque jour d'environ un degré vers l'est. Il lui faut un an pour revenir à son point de départ. L'écliptique est la trajectoire annuelle du Soleil sur la sphère des fixes.

Voici (fig. 1 à gauche) de manière simplifiée comment les Grecs se représentaient le monde il y a plus de 2000 ans.

Cette représentation correspond assez précisément à ce que l'on observe depuis la Terre et à ce que l'on reproduit dans un planétarium. On pourrait apporter quelques améliorations à ce système pour rendre compte des durées inégales des saisons et des variations du diamètre apparent du Soleil mais cela n'a pas d'intérêt ici.

L'obliquité de l'écliptique est l'angle que fait le plan de l'écliptique avec le plan de l'équateur. On l'a noté ϵ sur la figure.

Au solstice d'été (position 1), on peut vérifier que le Soleil est situé "au-dessus" (au nord) du plan de l'équateur alors qu'au solstice d'hiver (position 2), il est "en dessous" (au sud). Dans ces deux positions, la direction du Soleil forme avec le plan de l'équateur un angle égal à l'obliquité ϵ .

L'obliquité de l'écliptique en système héliocentrique

C'est maintenant au tour du Soleil d'être immobile au centre du monde. La Terre tourne sur elle-même en un jour sidéral et autour du Soleil en un an, son axe gardant une direction fixe dans l'espace.

Le plan de l'équateur est perpendiculaire à l'axe de la Terre. Le plan de l'écliptique est ici le plan de l'orbite de la Terre. Sur la figure 2, il est représenté incliné comme sur la figure 1, le plan de l'équateur étant imaginé horizontal. L'obliquité de l'écliptique est l'angle formé par ces deux plans.

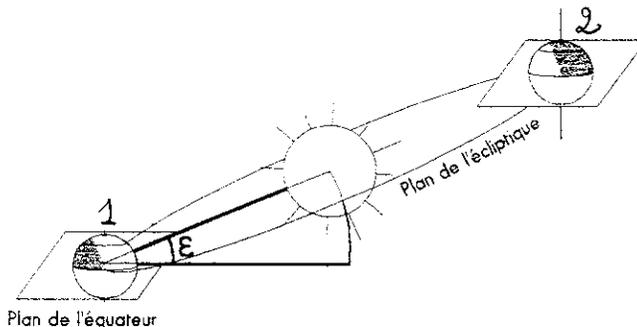


fig. 2 : système héliocentrique

Exactement comme sur la figure 1, on vérifie que le Soleil est situé au-dessus du plan de l'équateur au solstice d'été (position 1) et en dessous au solstice d'hiver (position 2). Dans ces deux cas, l'angle que fait la direction du Soleil avec le plan de l'équateur est égal à l'obliquité ϵ .

Obliquité de l'écliptique ou de l'équateur ?

Certains lecteurs ont peut-être été choqués par le schéma précédent. Il est vrai que l'habitude est plutôt de représenter le plan de l'écliptique horizontal et le plan de l'équateur incliné. Cette représentation est plus courante mais n'est pas plus valable que la précédente, il n'y a ni haut ni bas dans l'espace.

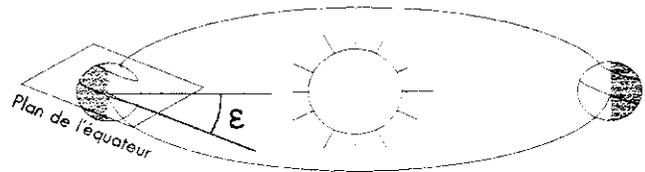


fig. 3 : système héliocentrique avec plan de l'écliptique horizontal

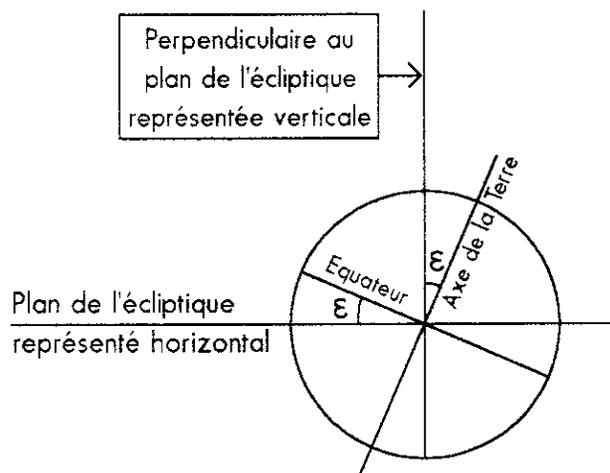
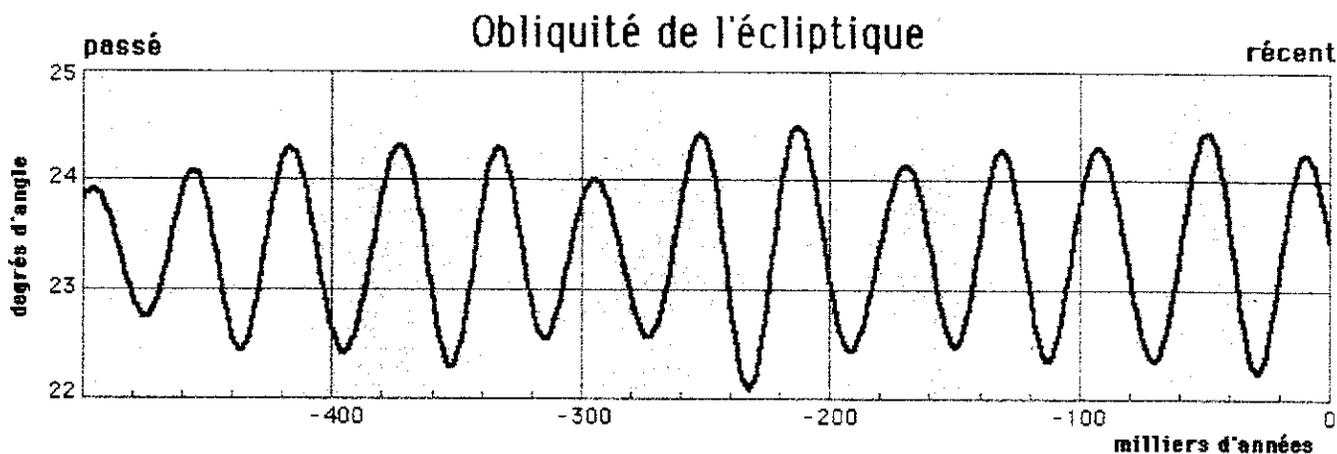


fig. 4

Dans cette représentation, l'axe de la Terre forme avec la verticale un angle égal à l'obliquité ϵ (les deux angles égaux à ϵ ont des côtés perpendiculaires deux à deux).

C'est pour cela qu'on a pris l'habitude d'avoir des globes terrestres avec un axe incliné. Ce qui n'a un sens que si on représente le plan de l'écliptique horizontal. C'est tout de même le plus pratique : lorsque, dans une salle de classe, on fait tourner un globe terrestre autour du Soleil, il est plus facile de le laisser à la même hauteur. Mais il faut bien avoir



En 994, al-Khujandi mesura que l'obliquité de l'écliptique était égale à $23^{\circ} 32'$

Au 9^e siècle, l'astronome al Battani donnait comme valeur $23^{\circ} 35'$.

Diminution de l'obliquité

En 1671, Jean Dominique Cassini obtenait $23^{\circ} 28' 47''$ grâce à la méridienne qu'il avait installée à Bologne. En 1730, son fils Jacques Cassini trouvait $23^{\circ} 28' 20''$ soit $27''$ de moins.

En 1743, l'astronome Charles Le Monnier conçoit la méridienne de l'église St Sulpice à Paris. Il observera pendant 48 ans. L'ocillon est situé à près de 25 mètres de haut et le Soleil fait une tache lumineuse au sol de plus de 23 cm de petit axe.

Il n'empêche qu'au solstice d'été, une erreur de mesure de 1 mm sur l'emplacement de la tache correspond à une erreur de $7''$ sur la hauteur du Soleil ! On imagine la précision nécessaire...

Le Monnier montre que la diminution de l'obliquité de l'écliptique est bien réelle et il l'estime à environ $30''$ par siècle. Elle est en réalité un peu plus grande.

Variations de l'obliquité

Ptolémée donnait comme mesure de l'obliquité $23^{\circ} 51'$ alors que al Battani trouvait $23^{\circ} 35'$.

Au 18^e siècle, on citait aux alentours de $23^{\circ} 28' 20''$

Flammarion, dans son *Astronomie Populaire* donnait $23^{\circ} 27' 55''$ pour 1800 et $23^{\circ} 27' 9''$ pour 1900. La valeur moyenne pour 2000 est de $23^{\circ} 26' 21''$.

Au cours des siècles, la valeur de l'obliquité donnée par les astronomes diminue. Il s'agit bien d'une diminution réelle même si Ptolémée s'était trompé d'une dizaine de minutes.

De nombreux livres et articles donnent d'ailleurs toujours l'ancienne valeur de $23^{\circ} 27'$ alors que l'on doit arrondir actuellement à $23^{\circ} 26'$.

D'où vient cette diminution de l'angle formé par le plan de l'équateur avec le plan de l'écliptique ? Ce n'est pas l'axe de la Terre qui bouge comme on pourrait le croire mais un déplacement du plan de l'écliptique par rapport aux étoiles, dû à l'attraction gravitationnelle des planètes sur la Terre.

Actuellement, ϵ diminue de $47''$ par siècle.

Il faut aussi citer la nutation luni solaire qui provient de l'attraction de la Lune et du Soleil sur le bourrelet équatorial terrestre et qui modifie l'orientation de son axe. Cette attraction est responsable de la précession des équinoxes mais aussi d'autres petites irrégularités de courtes périodes. La principale composante, due à la Lune, a une période de 18,6 ans et une amplitude maximale de $9''$.

L'obliquité de l'écliptique diminue à court terme mais ne va pas s'annuler. Elle oscille en gros entre 22° et $24^{\circ} 30'$ avec une période de 41000 ans.

Le schéma ci-dessus, représentant ces variations, a été récupéré sur le site du Muséum National d'Histoire Naturelle (tous les détails sur http://www.mnhn.fr/mnhn/lop/DIOGENE/morphologie/variations_obliquite.html)

Bibliographie

- Histoire des sciences arabes. Roshdi Rashed (Seuil). 1997.
- Fenêtre sur l'Univers (histoire des instruments de l'astronomie). Richard Learner (Denoël). 1984.
- L'Astronomie, la revue de la Société Astronomique de France, de mai 1990.
- Activités astronomiques au collège et au lycée. Pierre Causeret (CRDP Dijon). 2002.