

Paramètres orbitaux et variations d'insolation

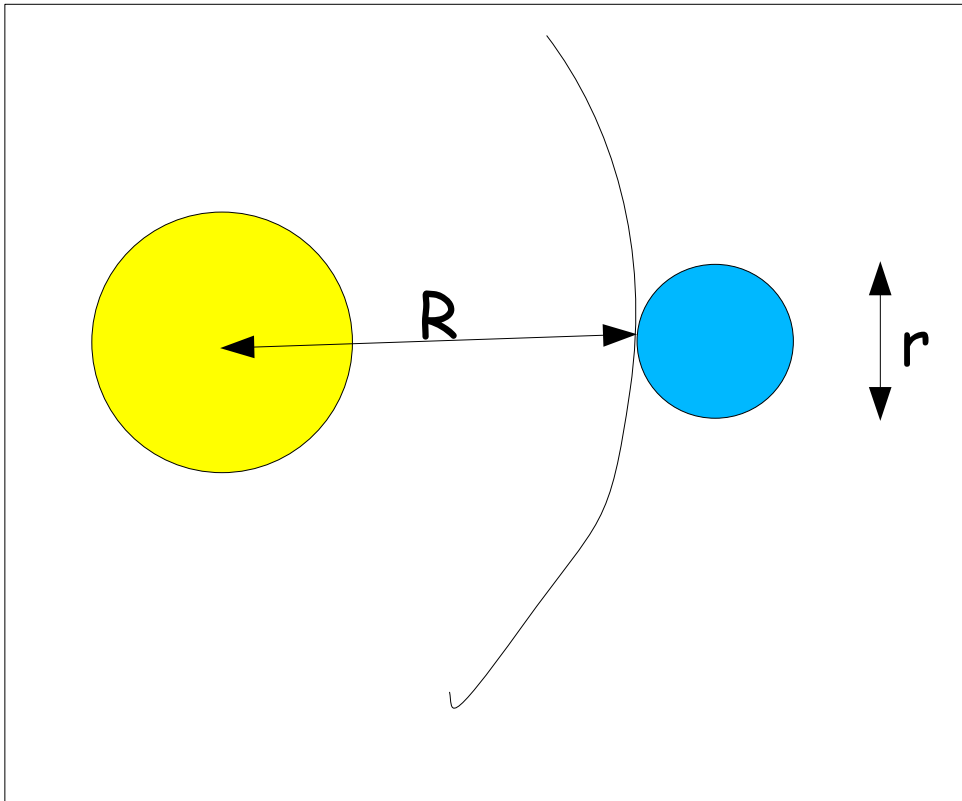
F. Parrenin

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement
Grenoble

Références

- <http://www.inrp.fr/Acces/biotic/environ/paleo climats/html/milanko1.htm>
- Loutre, M. (1993), 'Paramètres orbitaux et cycles diurne et saisonnier des insolation', PhD thesis, Université catholique de Louvain.
- Laskar, J.; Robutel, P.; Joutel, F.; Gastineau, M.; Correia, A. C. M. & Levrard, B. (2004), 'A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth', *Astronomy and Astrophysics* 428, 261-285.

L'insolation

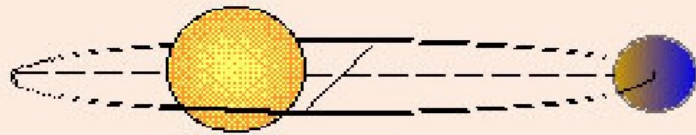


$$P = P_s \frac{\pi r^2}{4\pi R^2}$$

$$P = \frac{k}{R^2}$$

Les paramètres orbitaux de la Terre

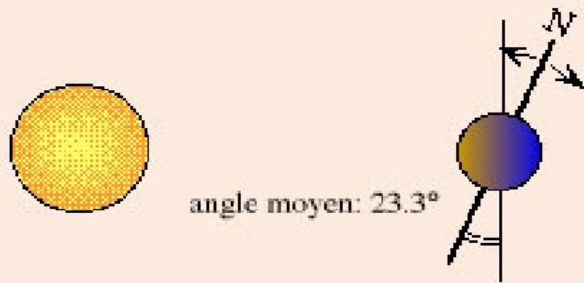
Variations de l'EXCENTRICITE de l'orbite terrestre



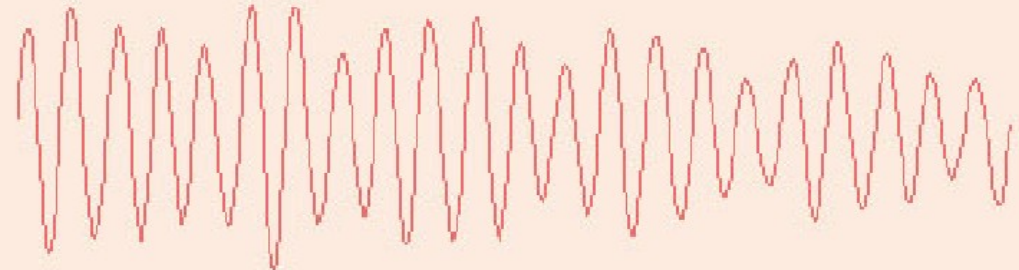
périodicités de 100 et 413 ka



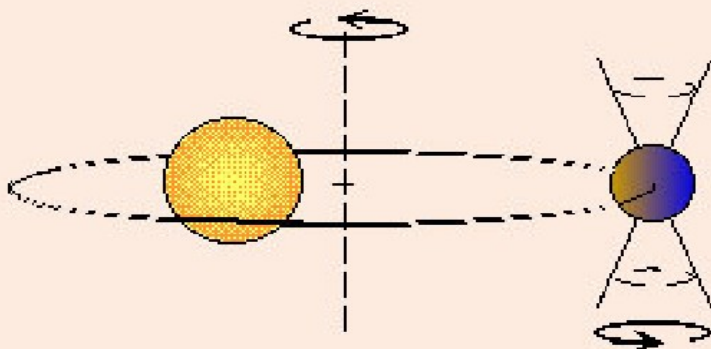
Variations de l'OBLIQUITE de l'axe de rotation



périodicité de 41 ka



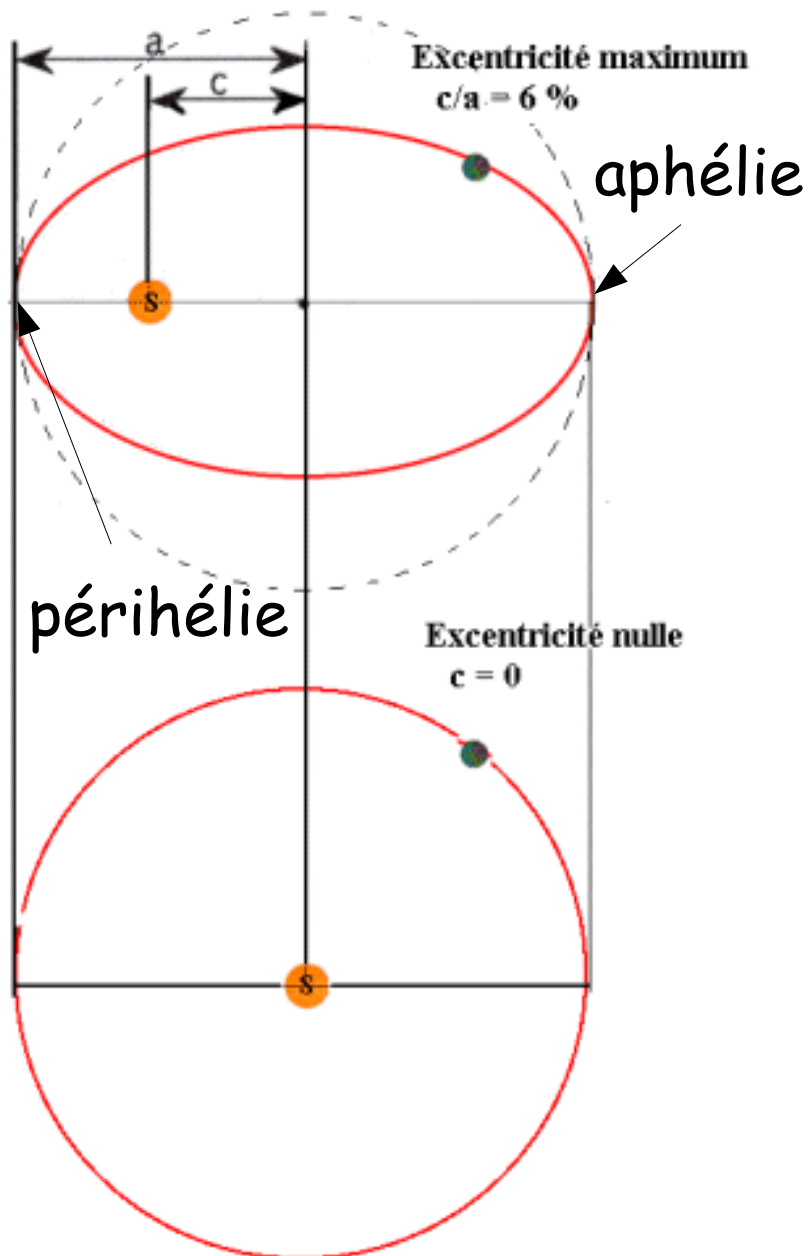
PRECESSION de l'axe de rotation et ROTATION de l'orbite terrestre



périodicités de 23 et 19 ka



Excentricité et insolation



Exercice :

- Calculer l'insolation au périhélie
- Calculer l'insolation à l'aphélie
- En déduire le rapport des deux en fonction de l'excentricité
- Calculer ce rapport pour $e=0.06$

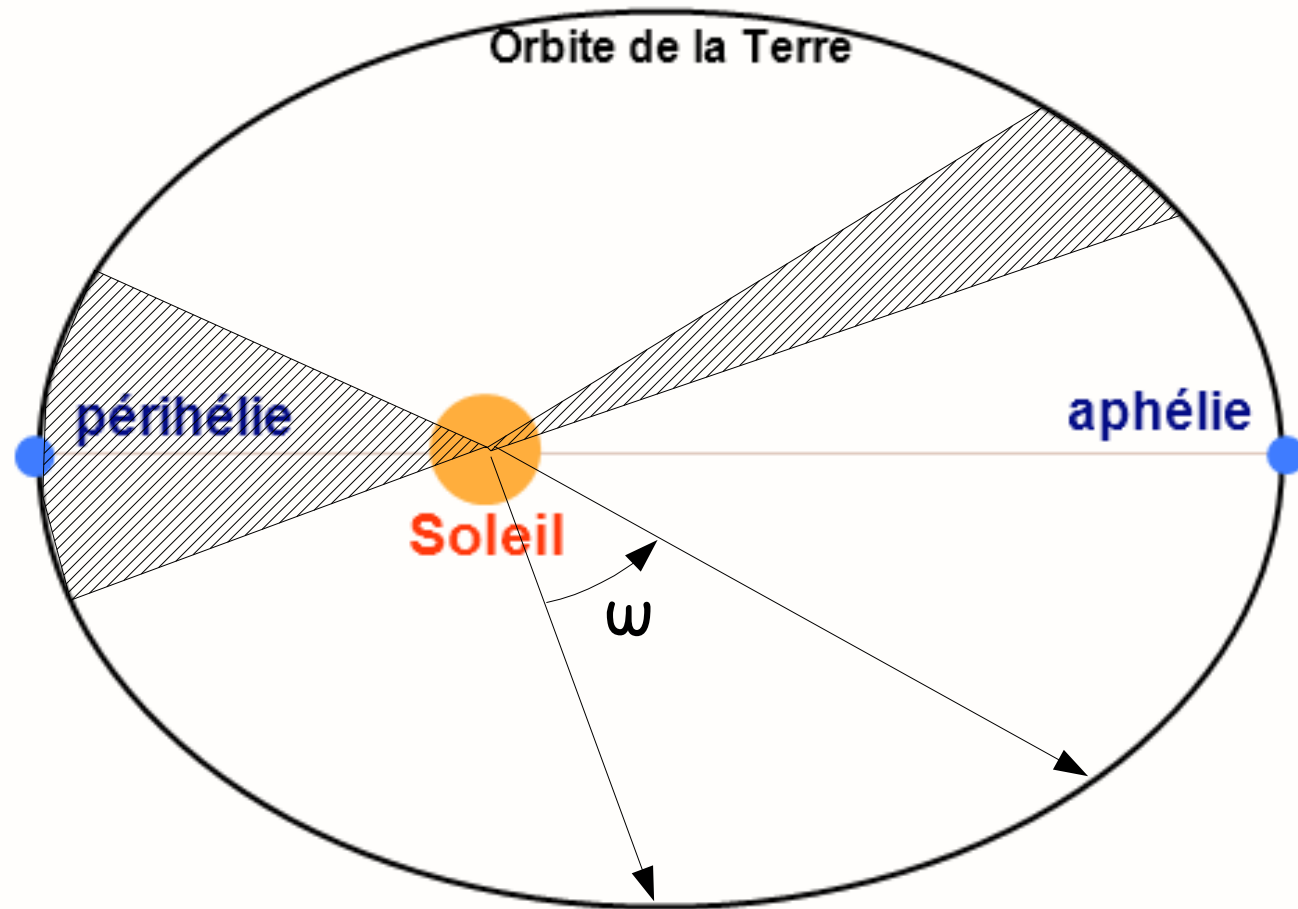
Insolation moyenne :

$$P = \frac{P_m}{\sqrt{1 - e^2}}$$

P_m : énergie reçue
à la distance a .

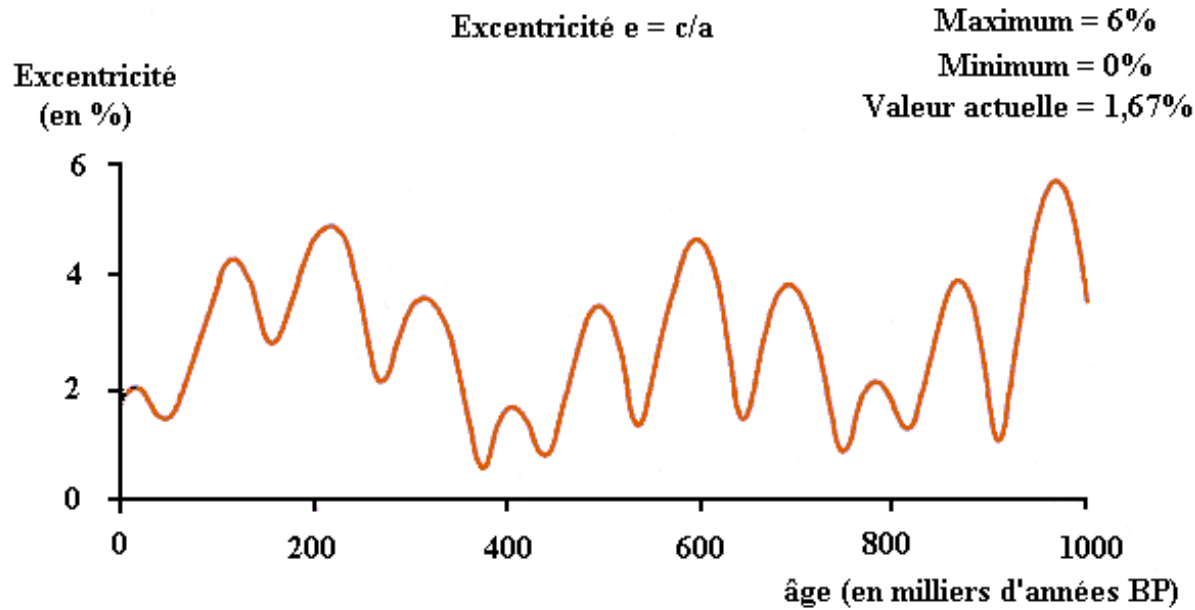
- Dépend peu de l'excentricité.
- ex : variations de 0,18% pour $e=6\%$.

La seconde loi de Kepler



Les aires balayées par les rayons en des temps égaux sont égales.
=> L'insolation moyenne reçue entre deux positions ne dépend que de l'angle ω entre ces deux positions. Exo : le démontrer.

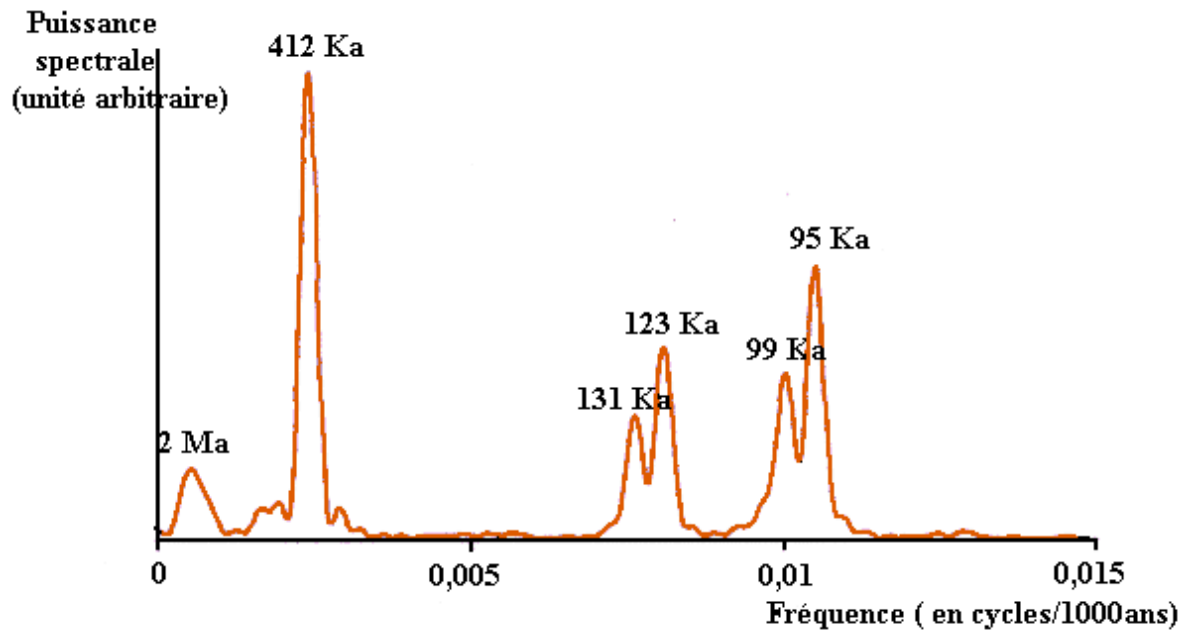
Les variations de l'excentricité



Pourquoi ?

Car les autres planètes (Jupiter) exercent une attraction sur la Terre.

Rmq: a est resté constant dans le temps

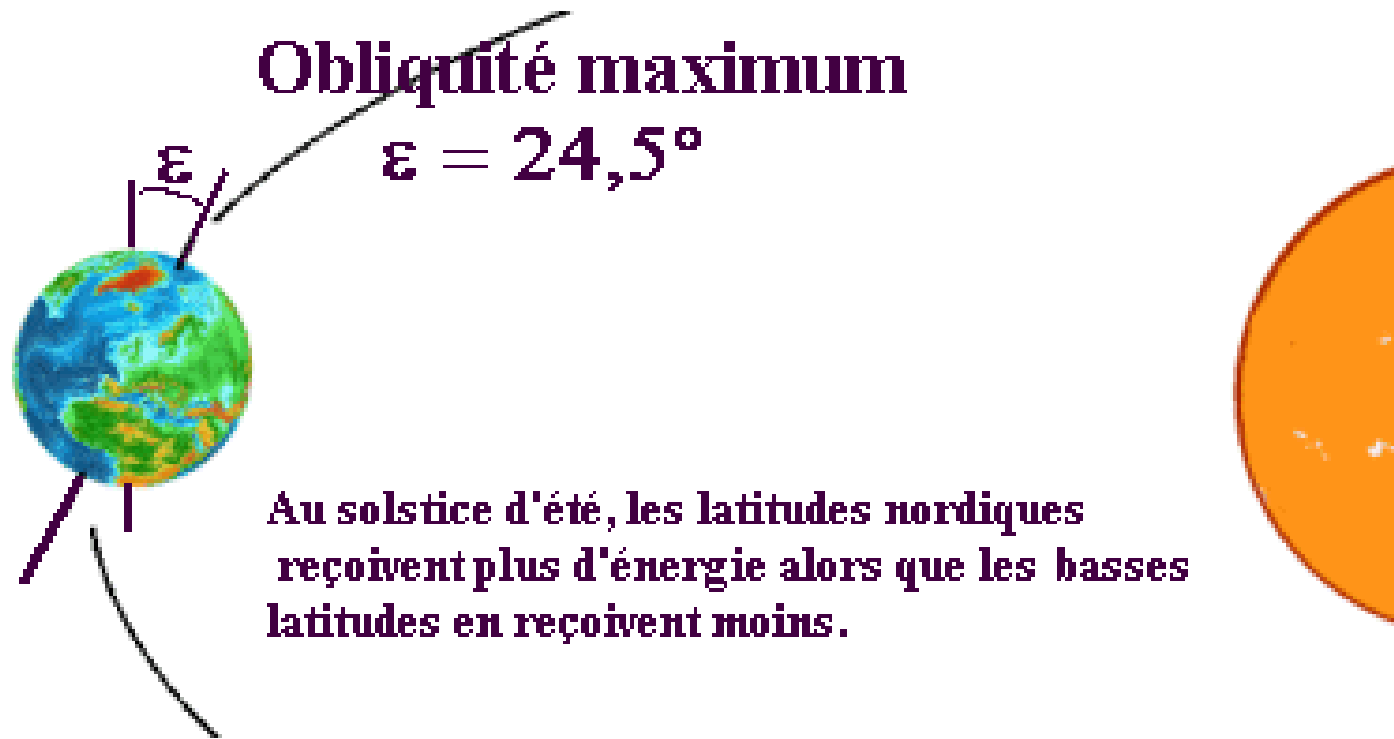


Périodes principales :

100 et 400 ka

(En fait, plusieurs périodes autour de 95 et 130 ka.)

Obliquité et insolation

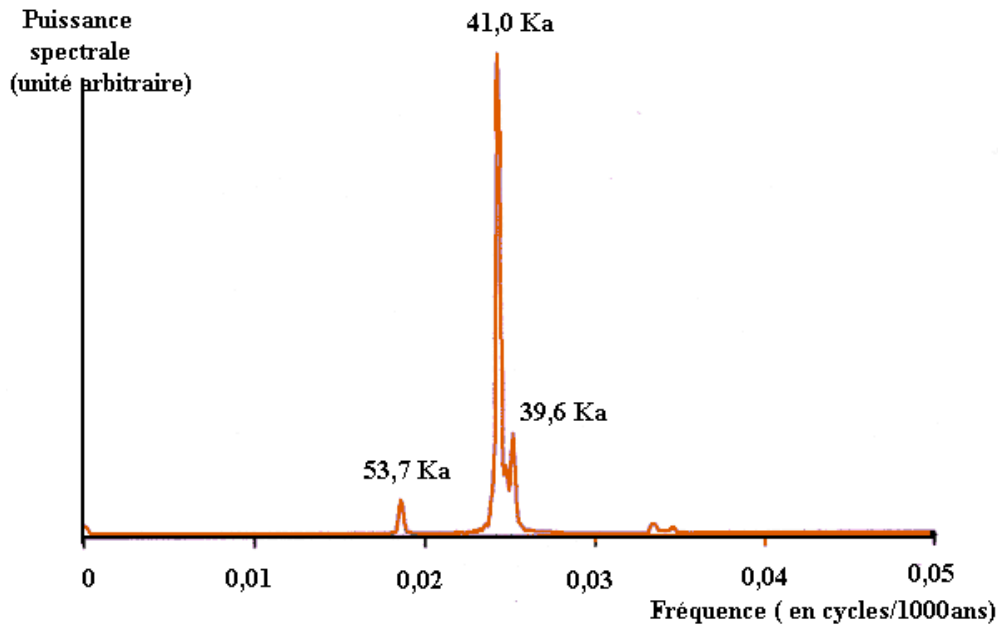
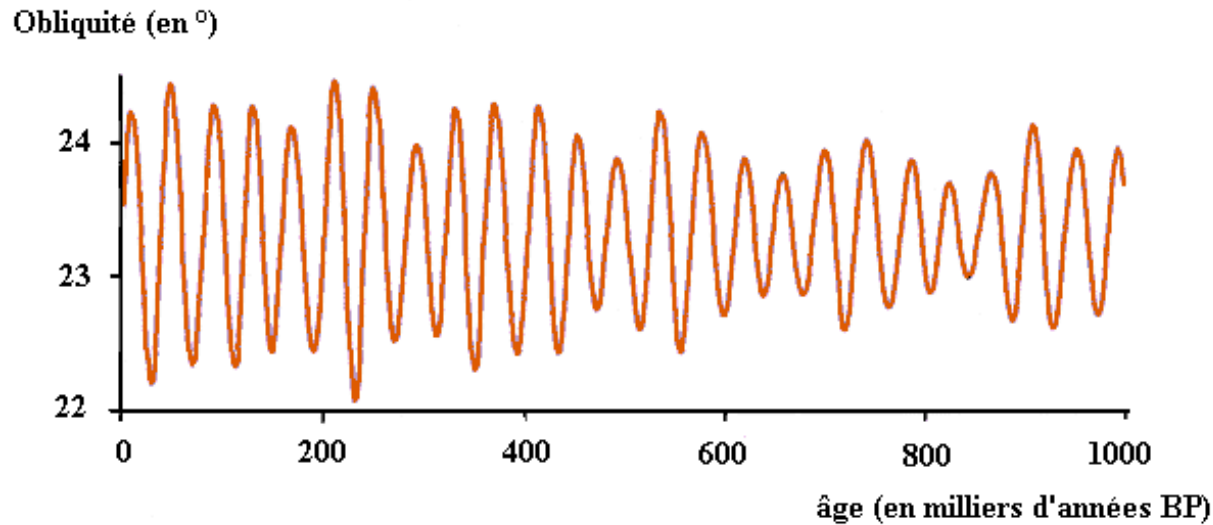


- Jours plus longs, angle d'incidence plus vertical
- L'obliquité crée des saisons
- Qui sont en antiphase entre HN et HS

Les variations de l'obliquité

Obliquité : ϵ

Maximum = $24,5^\circ$
Minimum = $21,9^\circ$
Valeur actuelle = $23,439^\circ$



Pourquoi ?

Car la Terre est aplatie, et la Lune et le soleil exercent un couple sur elle.

Période principale :

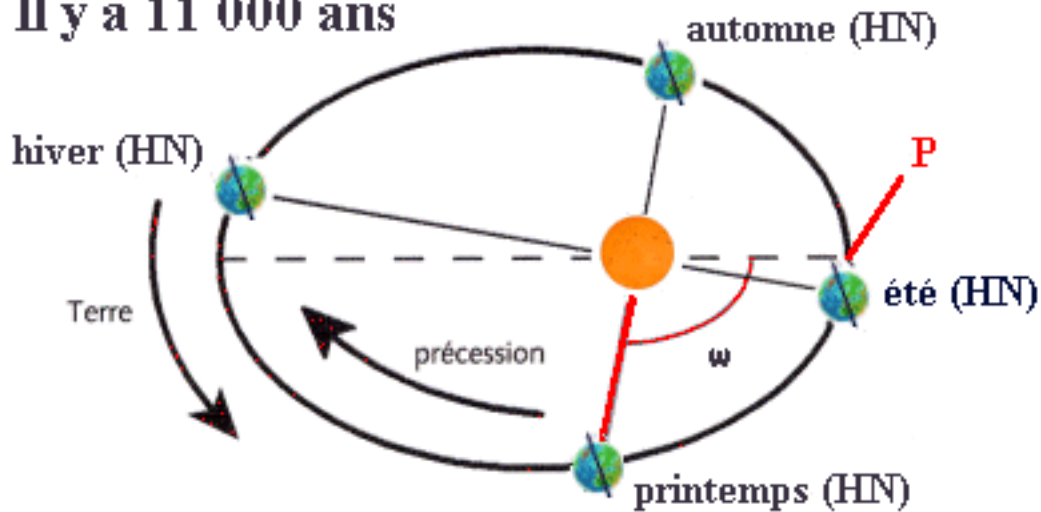
40 ka

En fait :

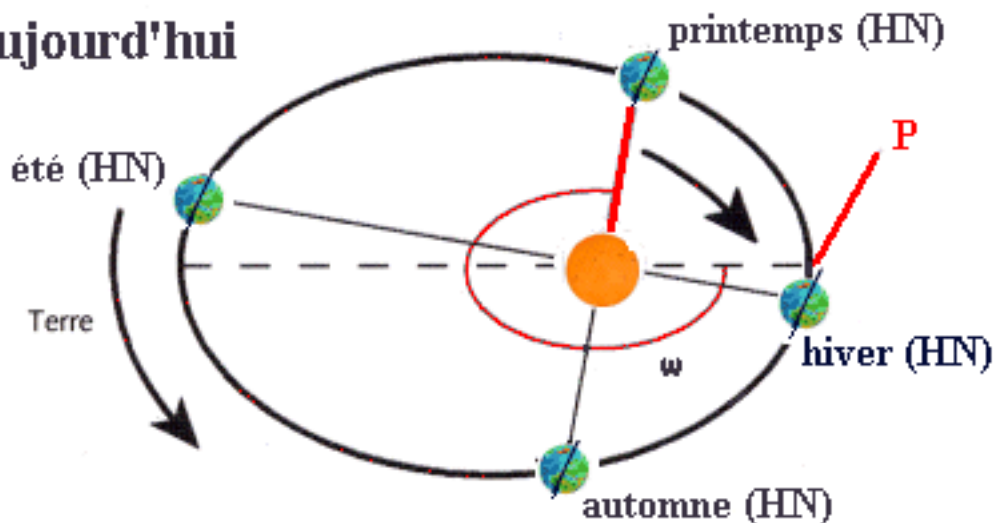
39,6 ka; 41 ka; 53,7 ka

Précession et insolation

Il y a 11 000 ans



Aujourd'hui



Principe :

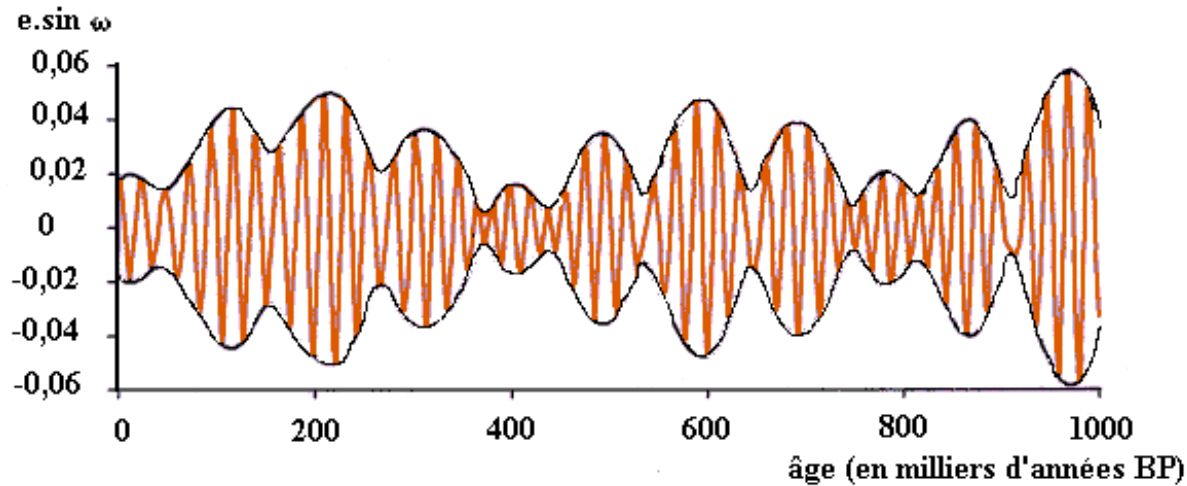
Les saisons (liées à l'obliquité) interviennent à des positions différentes sur l'orbite.

Le paramètre de précession :

$e \sin(w)$

C'est lui qui intervient dans le calcul des insolation

Les variations de la précession



Périodes principales :
19 et 23 ka

Amplitude modulée par
l'excentricité

