

LES MOUVEMENTS DE LA TERRE

- ✓ Durée du jour
- ✓ Saisons (équinoxe, solstice)
- ✓ Précession
- ✓ Nutation
- ✓ Rotation de l'orbite
- ✓ Excentricité de l'orbite
- ✓ Point vernal, définition saison
- ✓ Écliptique
- ✓ Périhélie et aphélie
- ✓ La révolution terrestre
- ✓ Obliquité de l'écliptique
- ✓ Inclinaison versus chaleur (énergie)
- ✓ Distance versus chaleur (énergie)
- ✓ L'année anomalistique
- ✓ L'année tropique
- ✓ L'année sidérale



LES OBJECTIFS

- ★ Au terme de cette présentation, le participant connaîtra :
 - Les principaux mouvements de la terre dans l'espace
 - L'explication des saisons
 - Les mouvements de la terre sur de longues périodes
 - Les mouvements du système solaire dans la galaxie



LES OBJECTIFS

La terre a plusieurs mouvements, en voici les principaux :

- ★ La rotation – mouvement propre
- ★ La rotation – précession
- ★ La rotation – nutation
- ★ La rotation – la variation de l'obliquité
- ★ La révolution – l'année tropique (précession)
- ★ La révolution – déplacement du périhélie (l'année anomalistique)
- ★ L'orbite - la rotation de l'orbite
- ★ L'orbite – l'excentricité de l'orbite
- ★ Le barycentre – terre, Lune
- ★ Le barycentre – terre, Soleil
- ★ La révolution du soleil dans la galaxie
- ★ Mouvement sinusoïdal du soleil dans la galaxie
- ★ Déplacement de la galaxie vers l'amas de la Vierge et le Grand Attracteur.



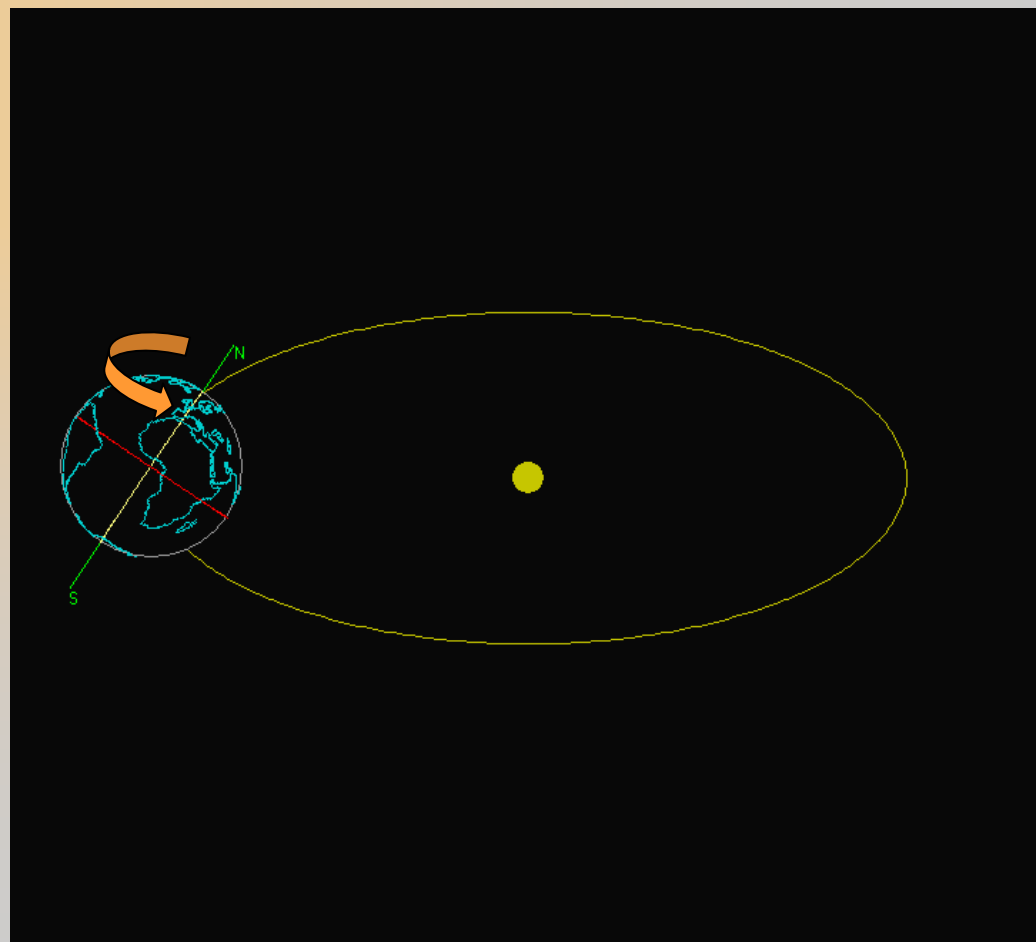
MOUVEMENTS DE LA TERRE



La rotation.

Elle tourne sur
elle-même,
en 23h 56m 4s.

Cette mesure est
par rapport aux étoiles
lointaines.





MOUVEMENTS DE LA TERRE

La rotation :

La rotation de la Terre est un mouvement complexe résultant de la superposition de trois mouvements importants :

- ★ A- La rotation propre est la rotation de la Terre autour de son axe.
- ★ B- Précession des équinoxes. L'axe de rotation de la Terre est l'objet d'une rotation dans un référentiel galiléen : cet axe demeure incliné d'un angle constant par rapport à l'écliptique mais décrit un cône d'axe perpendiculaire à l'écliptique.
- ★ C- La nutation. Le mouvement de rotation de l'axe de la terre est lui-même affecté d'oscillations périodiques appelées nutation.



MOUVEMENTS DE LA TERRE



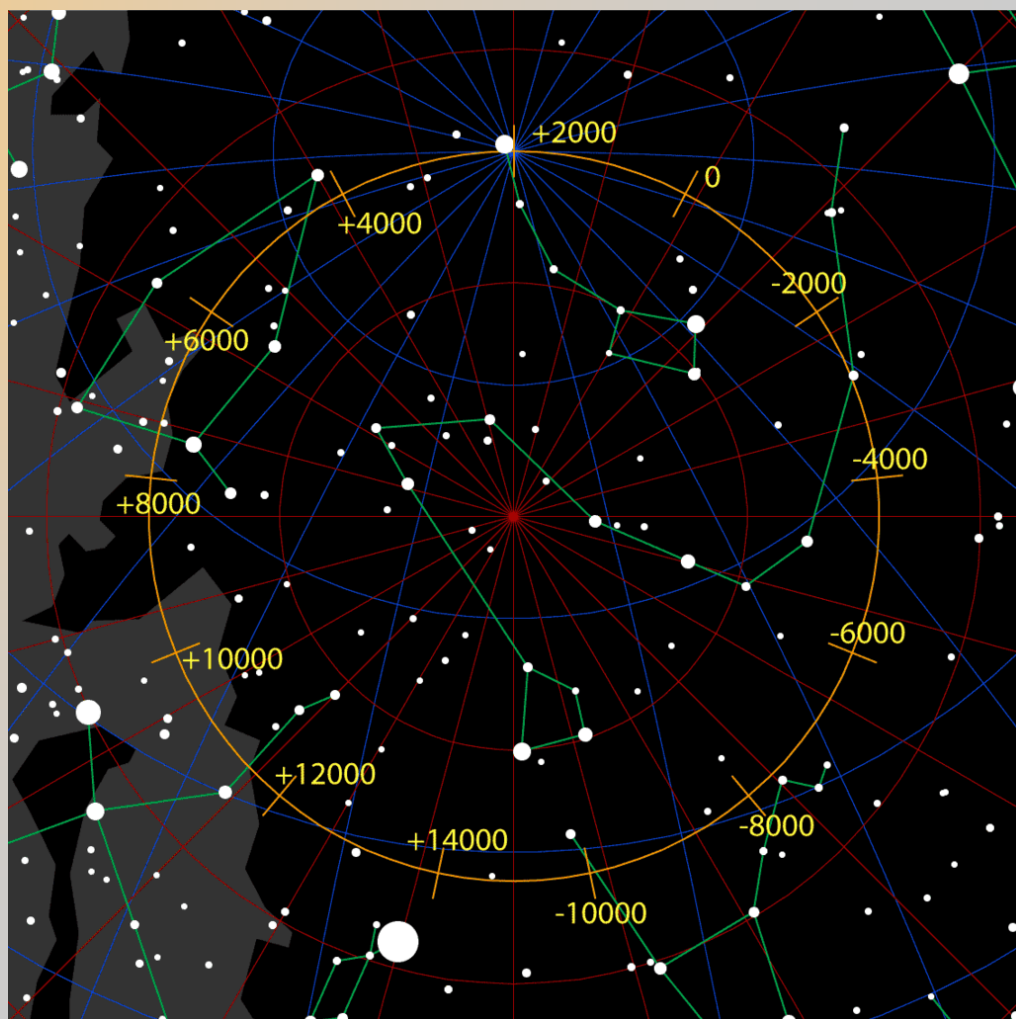
La rotation :

Mouvement de précession.

La précession, déplace l'axe de rotation par rapport aux étoiles.

Avec le temps nous allons perdre notre étoile polaire.

Dans 14 000 ans, Véga dans la constellation de la Lyre sera notre nouvelle étoile qui indiquera le nord !





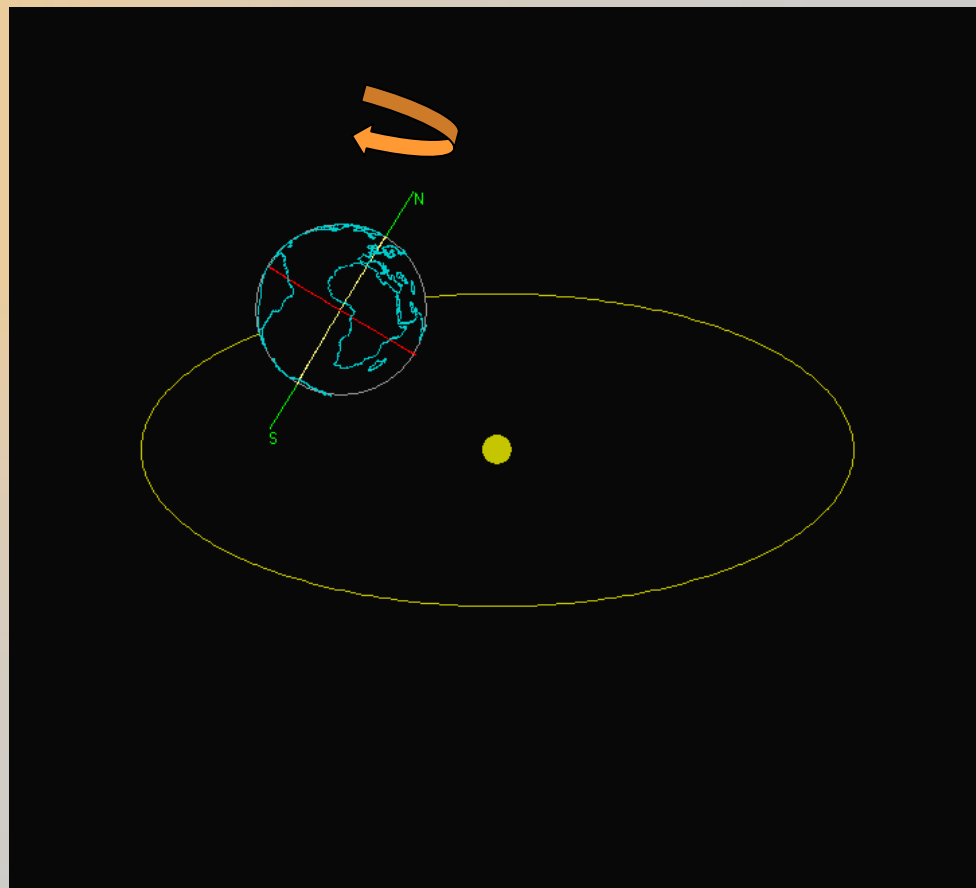
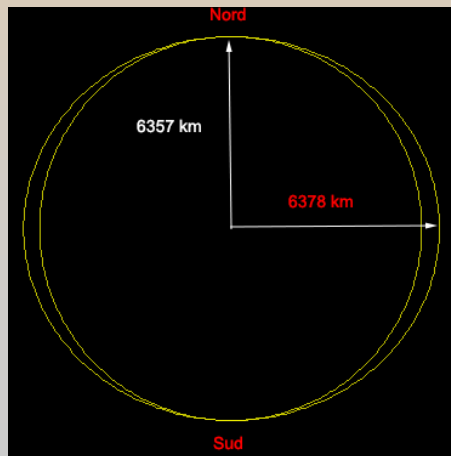
MOUVEMENTS DE LA TERRE



La rotation :

Mouvement de précession. L'axe de rotation précesse comme une toupie en 25 769.42 ans.

Ce mouvement affecte la date du printemps.



Le renflement à l'équateur de la terre explique le mouvement de précession.



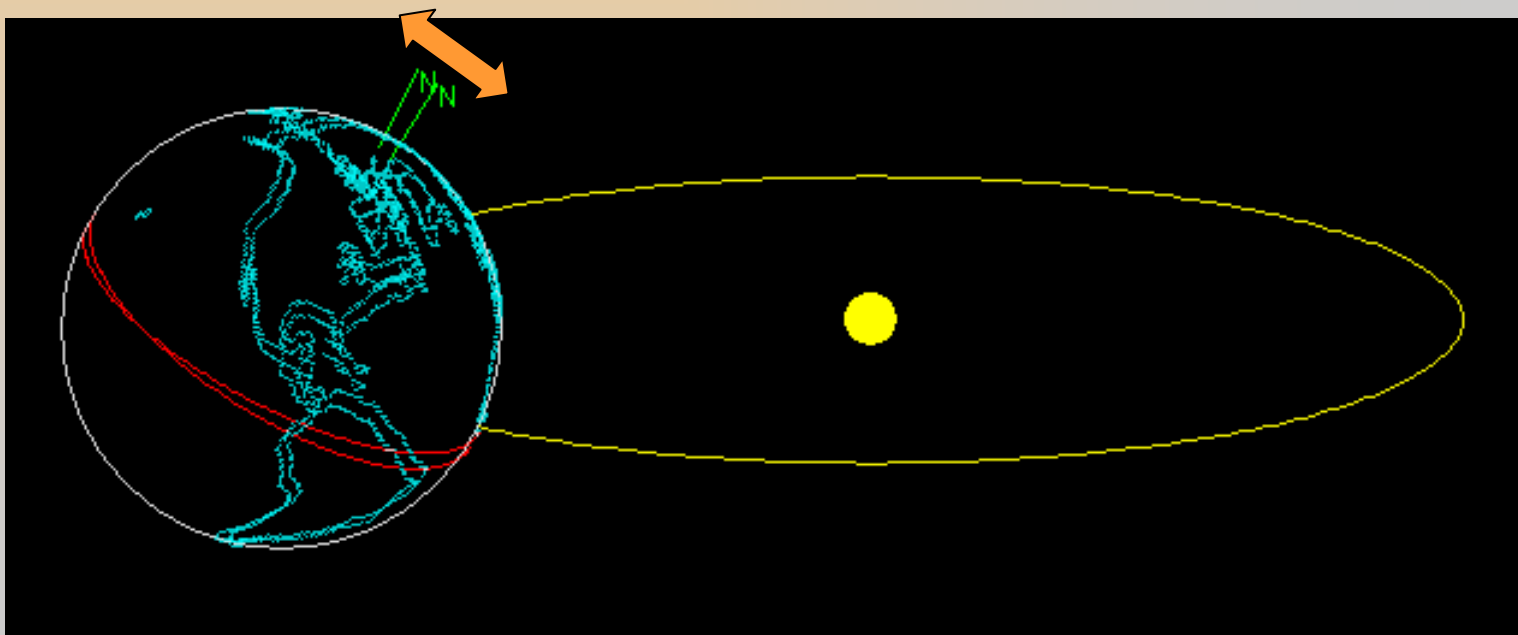
MOUVEMENTS DE LA TERRE

La rotation :

La variation de l'obliquité. (obliquité de l'écliptique)

L'angle de 23.43 degrés varie.

L'obliquité varie entre 21.5° et 24.5° sur une durée de plus de 40 000 ans.



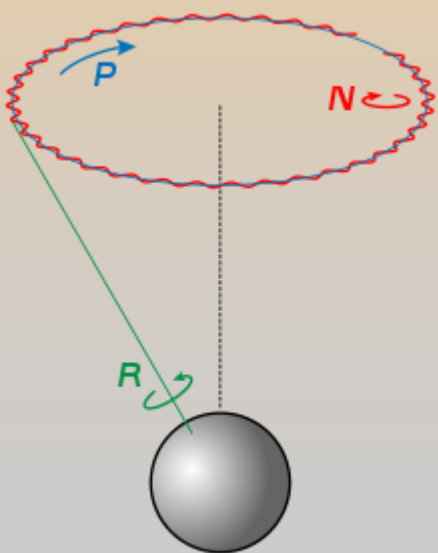


MOUVEMENTS DE LA TERRE

La rotation :

Mouvement de nutation.

Une image du mouvement de rotation de la Terre est donnée par une toupie lorsque celle-ci ralentit du fait des frottements : l'axe de la toupie commence à tourner et cette rotation est elle-même affectée d'oscillations.



La nutation est un mouvement d'oscillations rapides et de petites amplitudes de l'axe de la Terre autour du cône de rotation de l'axe. Ce mouvement est lui-même décrit comme la combinaison de plusieurs nutations. La principale d'entre elles est la nutation de Bradley qui a une période de 18.6 ans et une amplitude de 9.2 secondes d'arc.



MOUVEMENTS DE LA TERRE



Conséquences de la précession et nutation :

Comme pour une toupie, les mouvements de précession et de nutation ont pour cause la perte d'énergie cinétique par frottement du système Soleil-Terre-Lune. Cette perte est due principalement aux marées terrestres : celles-ci sont causées par les frottements des masses d'eau et des masses continentales qui dissipent l'énergie du système Soleil-Terre-Lune sous forme de chaleur. Cette dissipation d'énergie du système Terre-Lune provoque le ralentissement de la rotation de la Terre, et l'éloignement de la Lune.



MOUVEMENTS DE LA TERRE

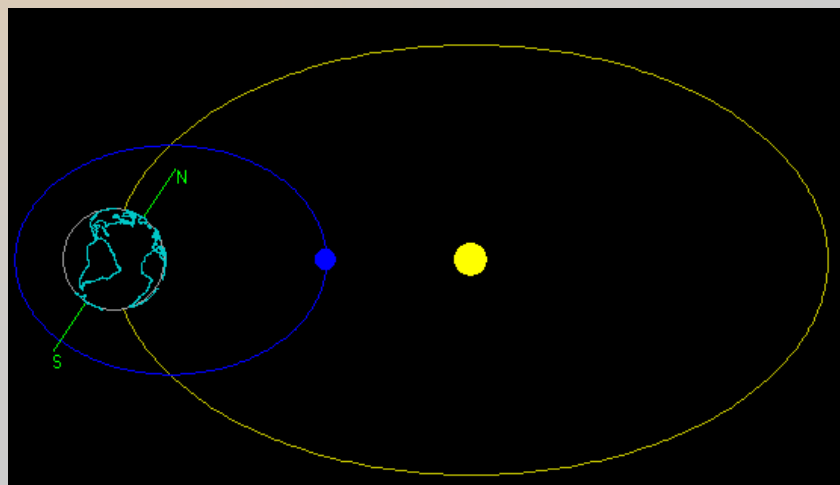


Force de gravitation

Lorsque deux corps gravitent l'un autour de l'autre, la force de gravitation tend à synchroniser la rotation des deux corps avec leur révolution de telle façon qu'à terme, les deux corps apparaissent fixes dans le ciel vus l'un de l'autre. Or la Terre est un satellite du Soleil et possède la Lune comme satellite. Sa rotation est donc influencée par ces deux astres.

L'effet de la Lune sur la Terre est près de 500 000 fois plus élevé que celui du Soleil. La Terre présentera toujours la même face à la Lune bien avant qu'elle ne présente la même face

au Soleil. Les calculs suggèrent qu'il faudra plusieurs milliards d'années pour qu'il y ait synchronisation des trois astres, soit plus que la durée de vie estimée du système solaire.





MOUVEMENTS DE LA TERRE



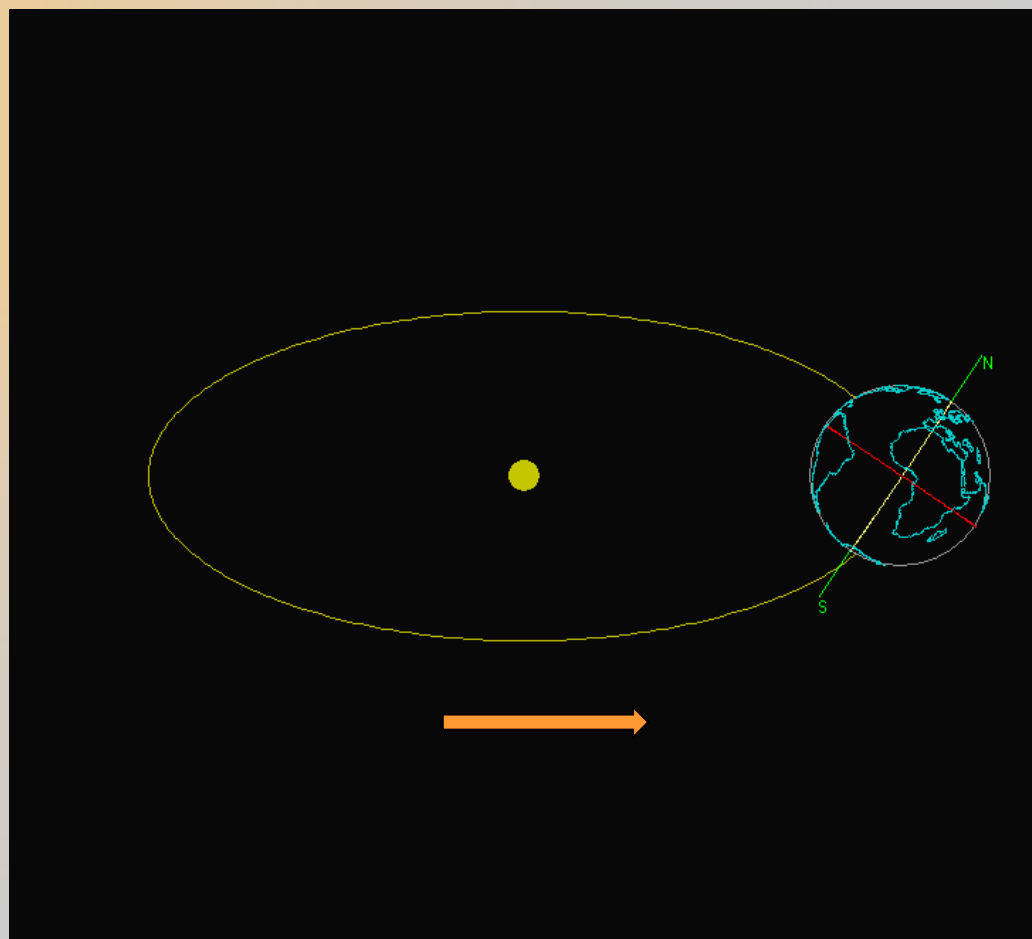
La révolution :

Elle se déplace autour du soleil en 365.25 jours.

Ce temps est compté par rapport aux étoiles lointaines.

Nous pouvons aussi compter selon d'autres critères.

Notons que la terre se déplace de 30 km/s autour du Soleil.



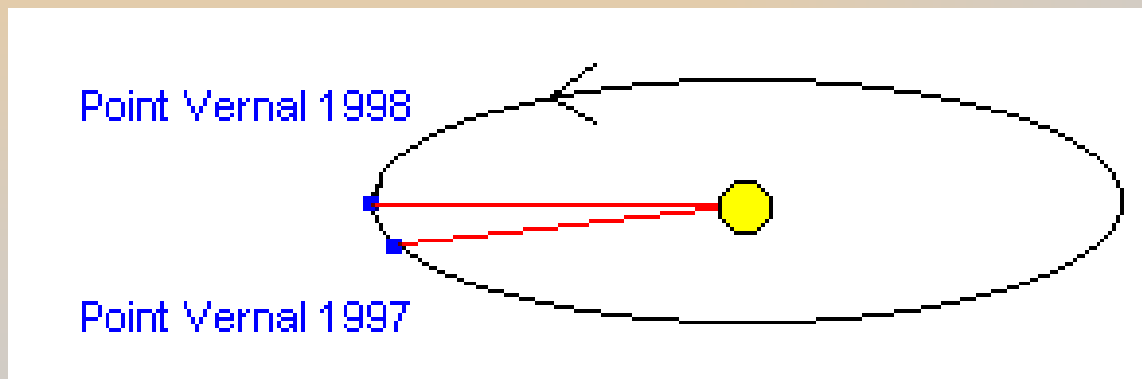


MOUVEMENTS DE LA TERRE

La révolution :

L'année tropique : 365 jours, 5 heures, 46 minutes

Période de temps écoulé entre deux passages successifs de la Terre au point vernal.



Le point vernal change dû à la précession des équinoxes !

C'est quoi le point vernal?

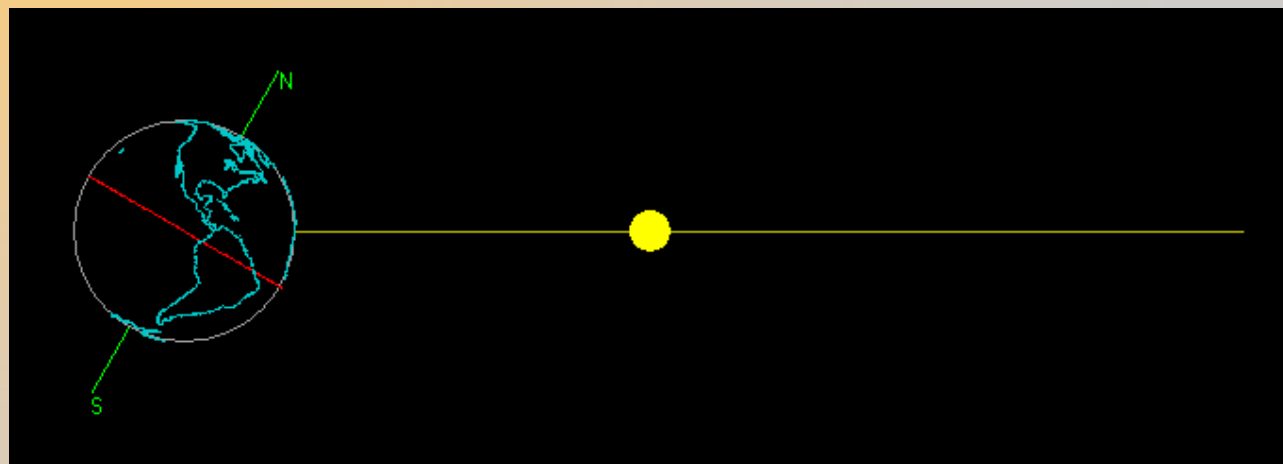


MOUVEMENTS DE LA TERRE

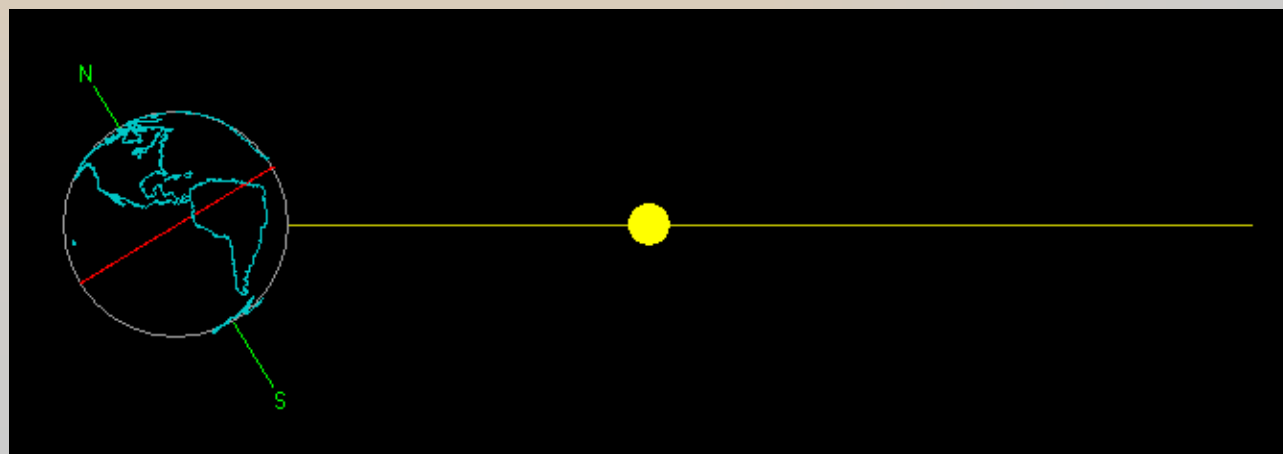


Le mouvement de précession change le moment et le point qui définit le printemps

Aujourd'hui



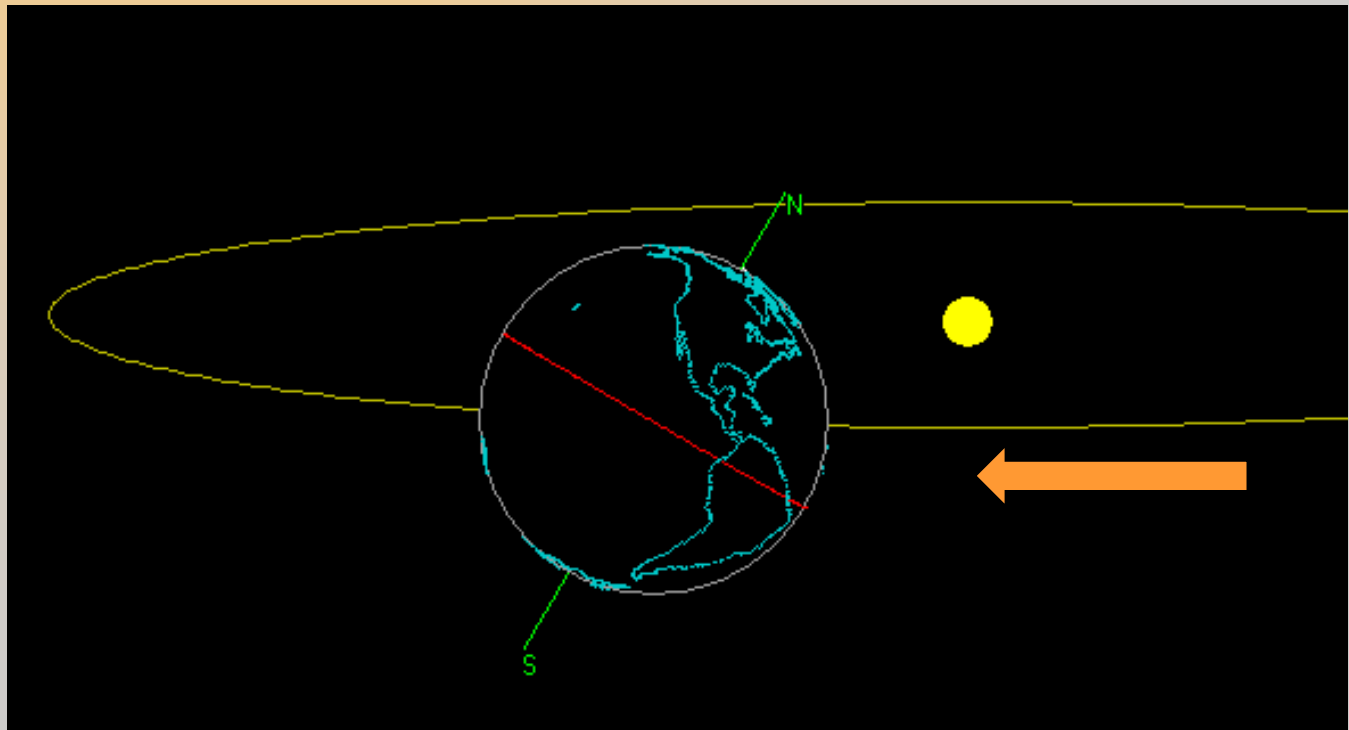
13 000 ans





MOUVEMENTS DE LA TERRE

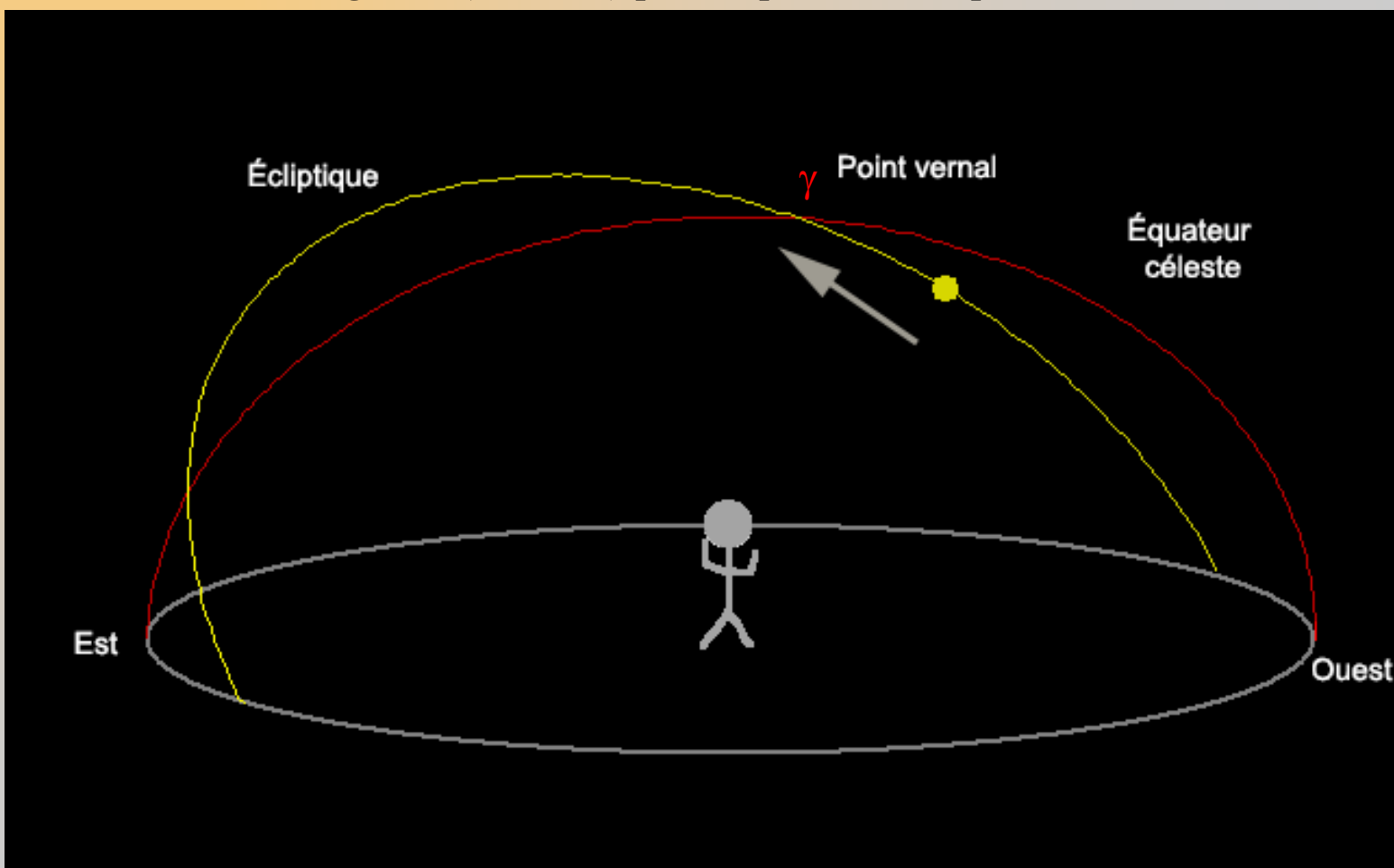
Le croisement entre l'écliptique et l'équateur céleste (qui est en fait le prolongement de l'équateur terrestre dans l'espace) définit le point vernal quand le soleil (qui est sur l'écliptique) passe du sud au nord.





MOUVEMENTS DE LA TERRE

On utilise la lettre grec γ (Gamma) pour représenter le point vernal





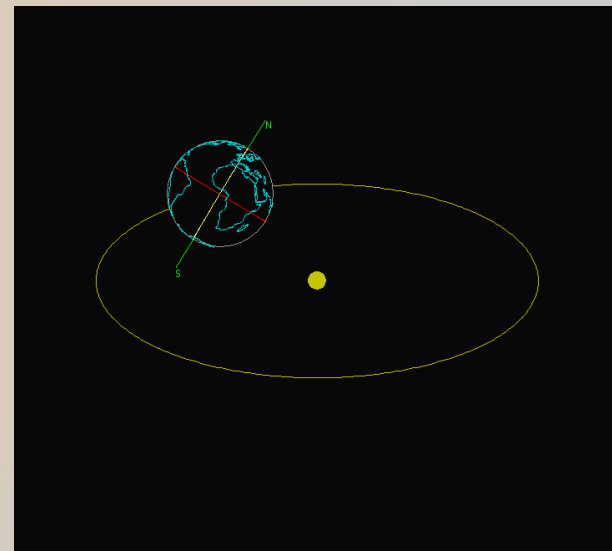
MOUVEMENTS DE LA TERRE

Comme on l'a vu, la précession dure 25 769,42 ans.

Or pour faire le cycle de précession au complet de 360° , il a $360 * 60 \text{ min d'arc} * 60 \text{ secondes d'arc} = 1\,269\,000 \text{ secondes d'arc}$

$1\,269\,000 \text{ secondes d'arc} / 25\,769 \text{ ans}$
 $= 50 \text{ secondes d'arc} / \text{année.}$

Ce mouvement est faible mais bien perceptible. Pour cette raison on doit ajuster l'alignement polaire des télescopes régulièrement, surtout les grands observatoires.





MOUVEMENTS DE LA TERRE

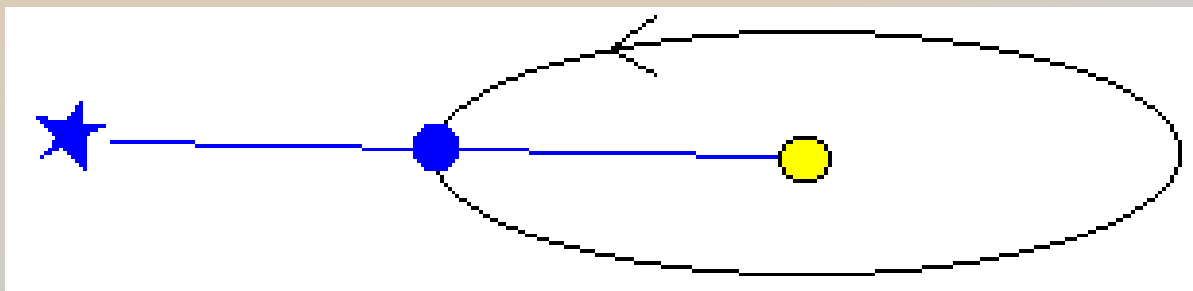
La révolution :

Le temps de la translation de la Terre autour du Soleil

L'année sidérale : 365 j 6 h 09 min. 9.54 sec.

Période de temps entre deux oppositions successives d'une étoile.

C'est cette valeur qui est considérée dans nos calculs de dates.



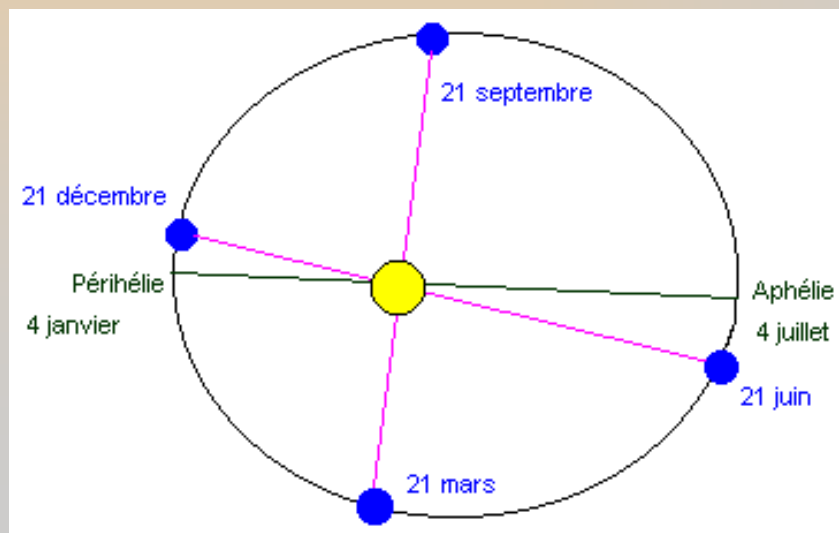


MOUVEMENTS DE LA TERRE

La révolution :

Le périhélie varie très lentement.

L'année anomalistique est définie par le passage successif de la Terre au périhélie de l'orbite (le point le plus proche du Soleil). La position du périhélie varie très lentement à cause du lent mouvement de rotation de l'orbite terrestre par rapport aux étoiles, environ 130 000 ans.





MOUVEMENTS DE LA TERRE



La révolution :

C'est aussi, ce qui explique que le jour le plus long le 21 juin n'est pas celui où le soleil se couche le plus tard !

Équation du temps...

Dates	Lever	coucher	durée
<u>16 juin 2019, dimanche</u>	04:33	20:36	16:03
<u>17 juin 2019, lundi</u>	04:33	20:36	16:03
<u>18 juin 2019, mardi</u>	04:33	20:37	16:04
<u>19 juin 2019, mercredi</u>	04:33	20:37	16:04
<u>20 juin 2019, jeudi</u>	04:33	20:37	16:04
<u>21 juin 2019, vendredi</u>	04:33	20:38	16:04
<u>22 juin 2019, samedi</u>	04:33	20:38	16:04
<u>23 juin 2019, dimanche</u>	04:34	20:38	16:04
<u>24 juin 2019, lundi</u>	04:34	20:38	16:04
<u>25 juin 2019, mardi</u>	04:34	20:38	16:03
<u>26 juin 2019, mercredi</u>	04:35	20:38	16:03
<u>27 juin 2019, jeudi</u>	04:35	20:38	16:02
<u>28 juin 2019, vendredi</u>	04:36	20:38	16:02
<u>29 juin 2019, samedi</u>	04:36	20:38	16:01
<u>30 juin 2019, dimanche</u>	04:37	20:38	16:00

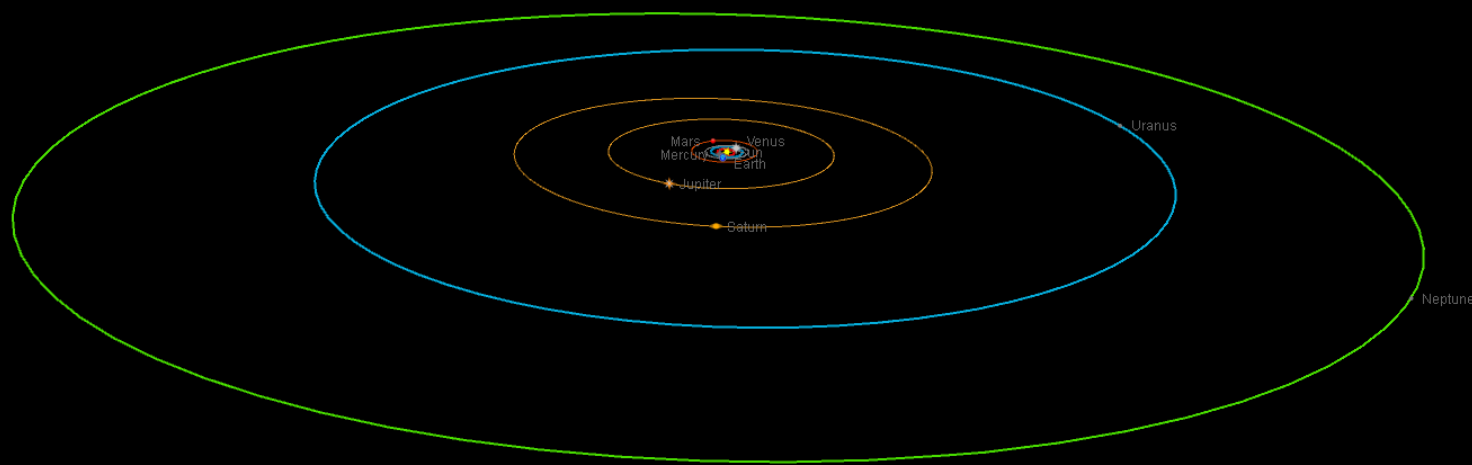
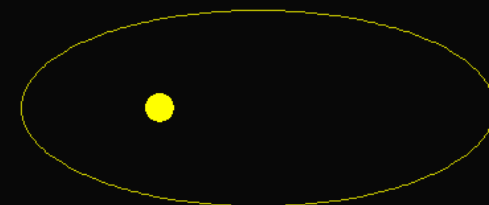


MOUVEMENTS DE LA TERRE

La rotation de l'orbite :

Période de 130 000 ans.

Ce mouvement propre de l'orbite inclue aussi une composante (oscillation) verticale.





MOUVEMENTS DE LA TERRE



La rotation de l'orbite :

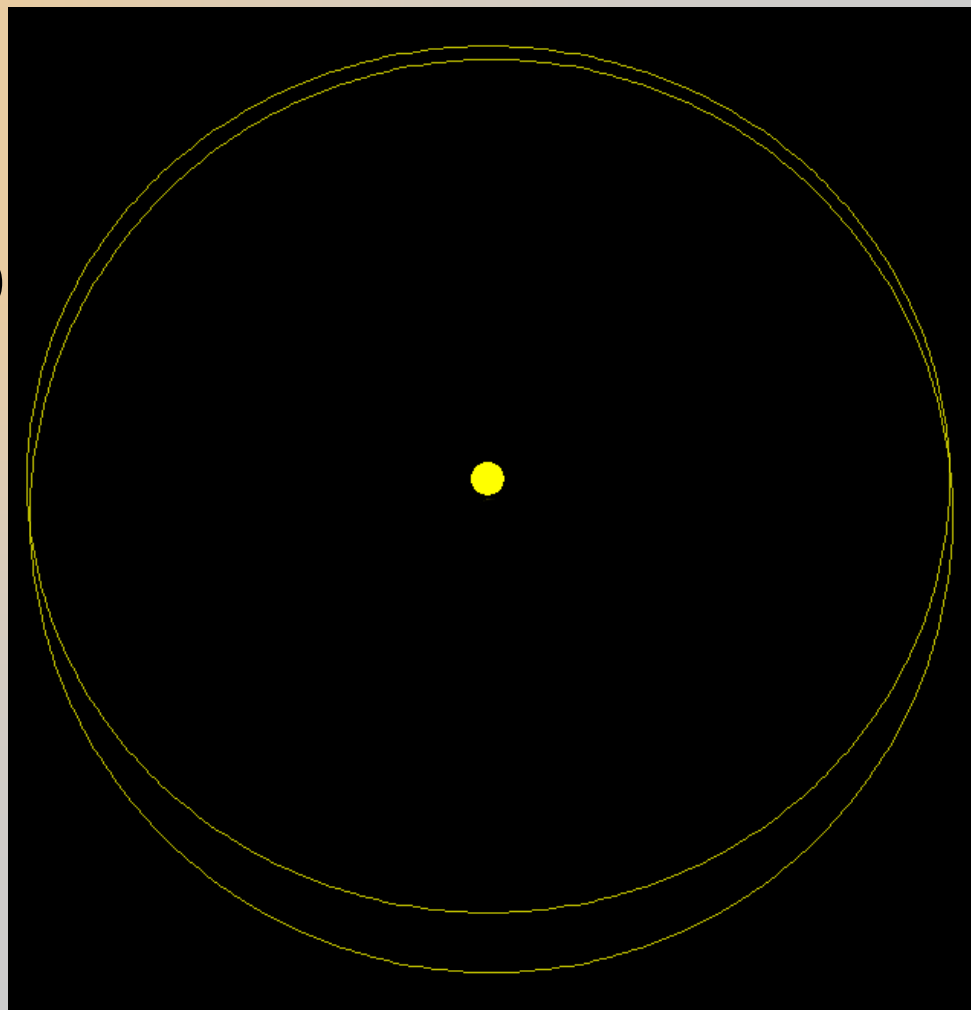
La variation de la forme de l'orbite terrestre (excentricité)



L'orbite devient plus ou moins ronde.



Variation de l'excentricité de l'orbite de la Terre :
100 000 ans.





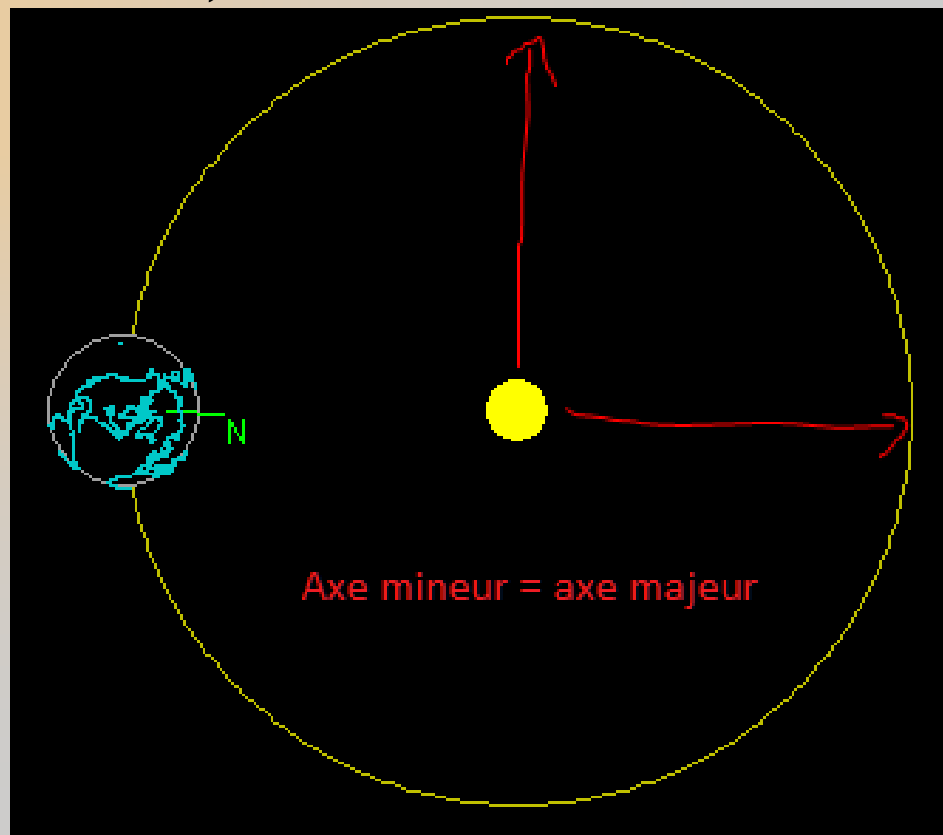
MOUVEMENTS DE LA TERRE



La rotation de l'orbite :

Actuellement cette excentricité diminue, dans 24 000 ans elle sera nulle et la Terre sera à égale distance du Soleil lors de toutes les saisons.

Notez que c'est l'inclinaison de la terre sur son orbite qui détermine les saisons et non pas la distance de la terre ou soleil.





MOUVEMENTS DE LA TERRE



Le barycentre :

Terre – Lune

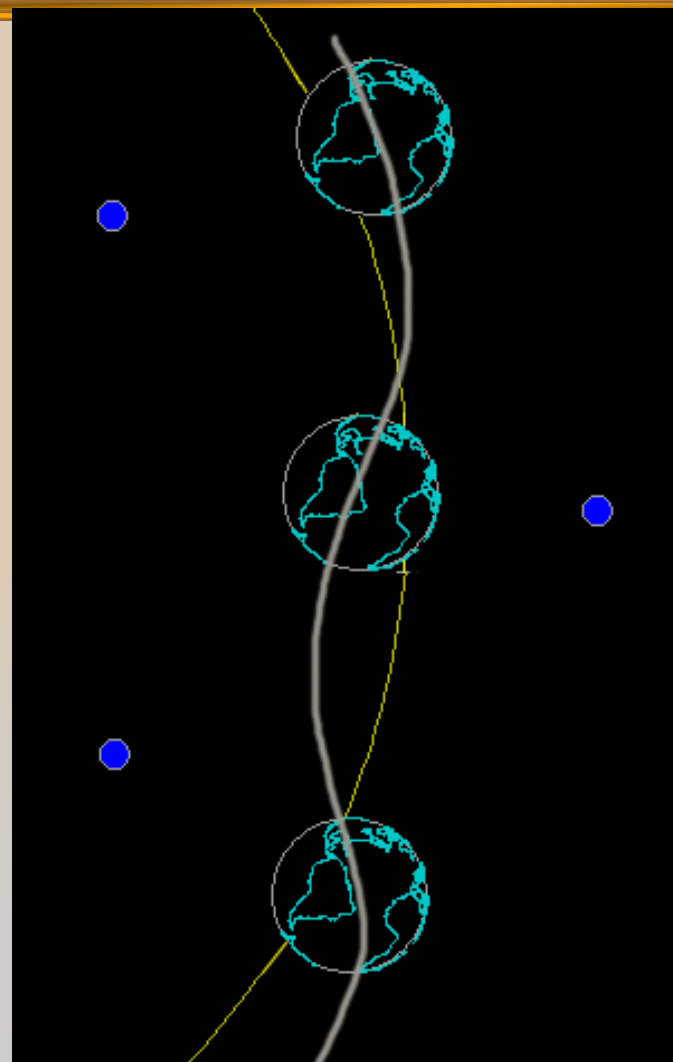
Terre - Soleil

La terre et la lune tournent autour du barycentre commun.

À chaque cycle lunaire, la terre avance ou recule légèrement par rapport à son orbite.



Le même phénomène se répète avec le couple soleil – (terre, lune)

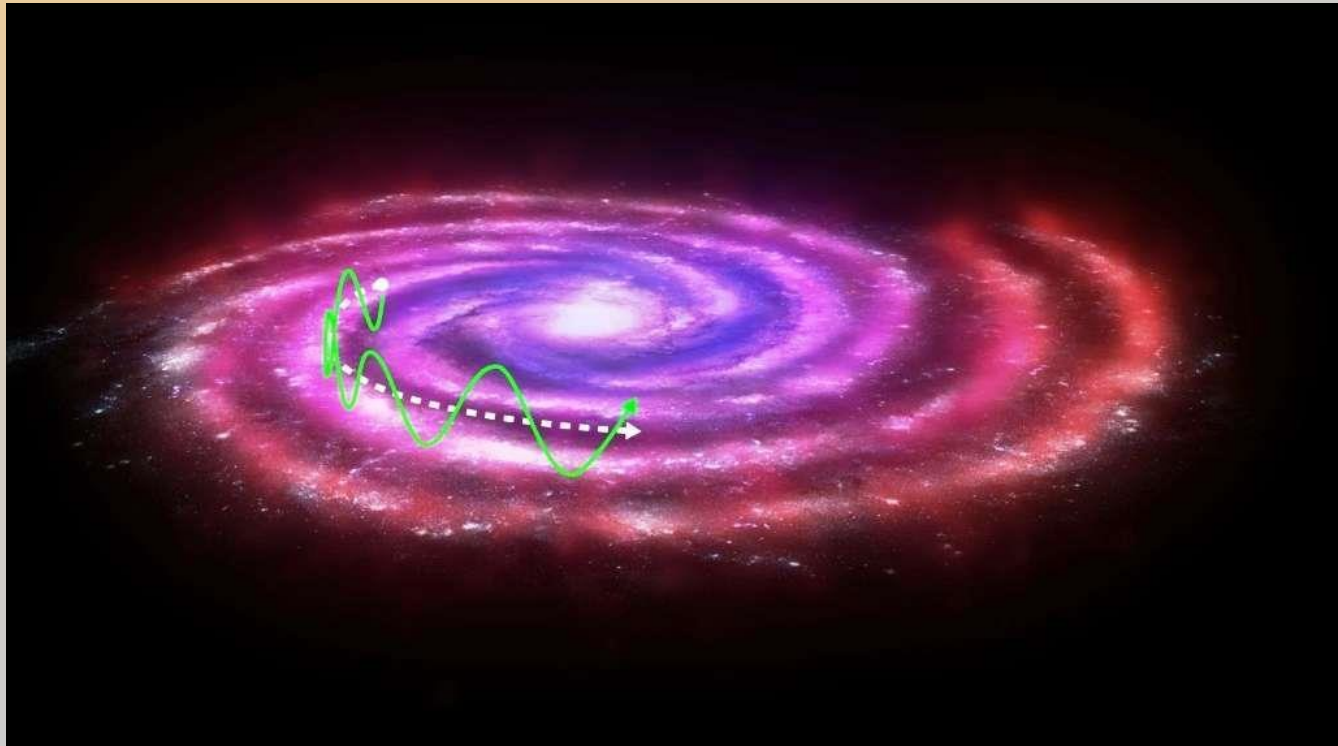




MOUVEMENTS DE LA TERRE



L'année galactique ou année cosmique est la période de révolution du Soleil autour du centre galactique. Sa durée estimée est de 225 à 250 millions d'années. Elle est une unité de mesure utile lorsque l'on veut représenter une période cosmique et géologique en même temps.

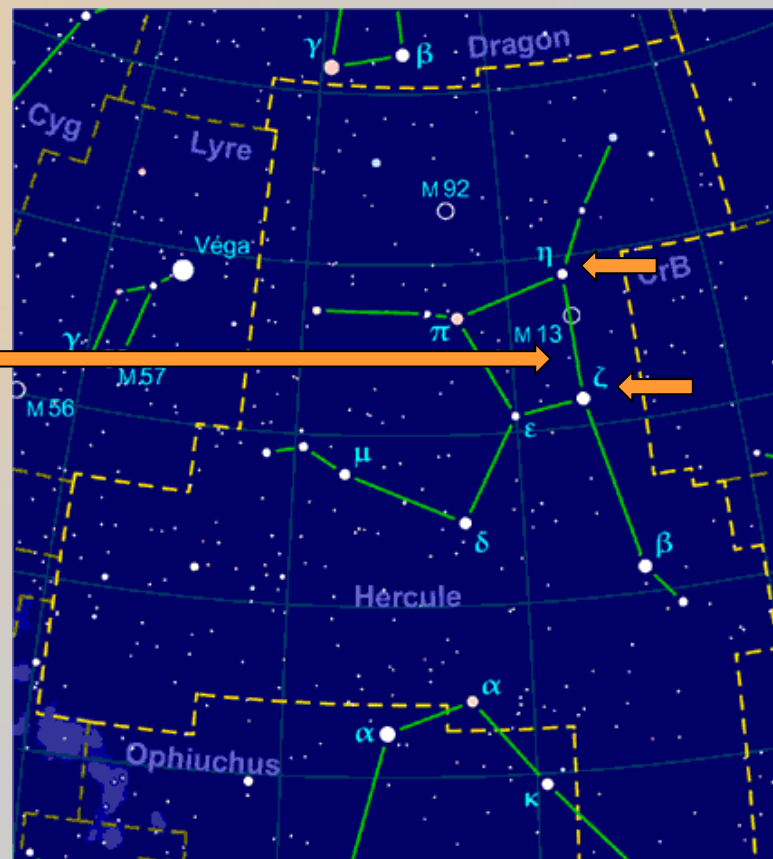
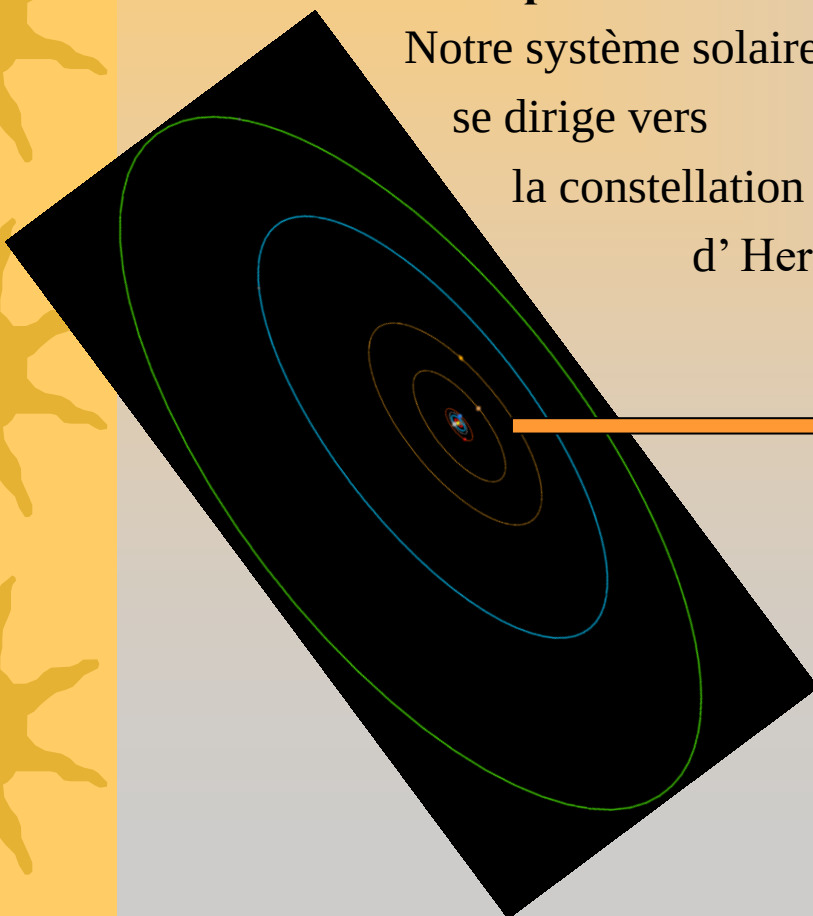




MOUVEMENTS DE LA TERRE

Mouvement vers l'apex solaire

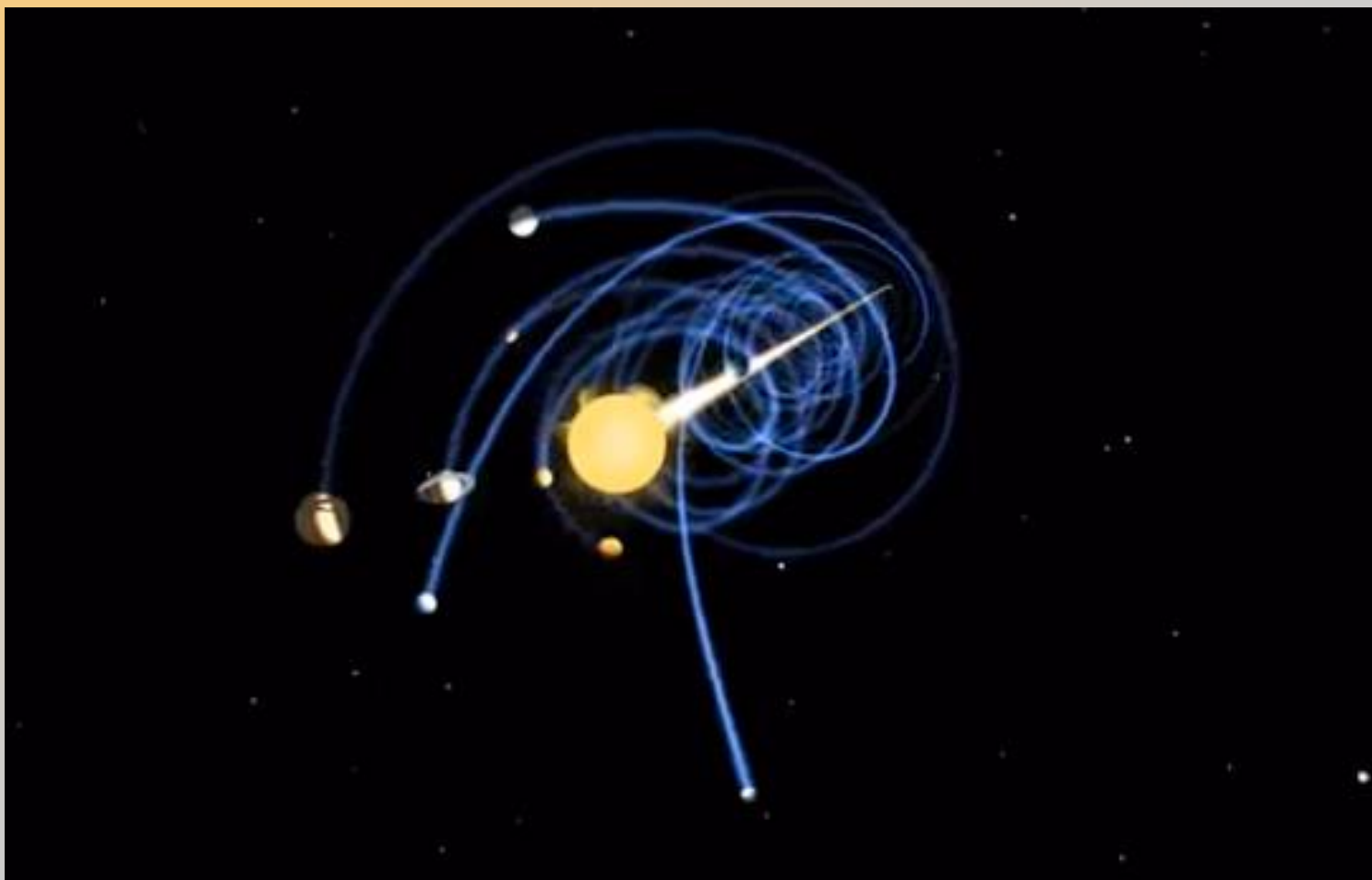
Notre système solaire
se dirige vers
la constellation
d'Hercule





MOUVEMENTS DE LA TERRE

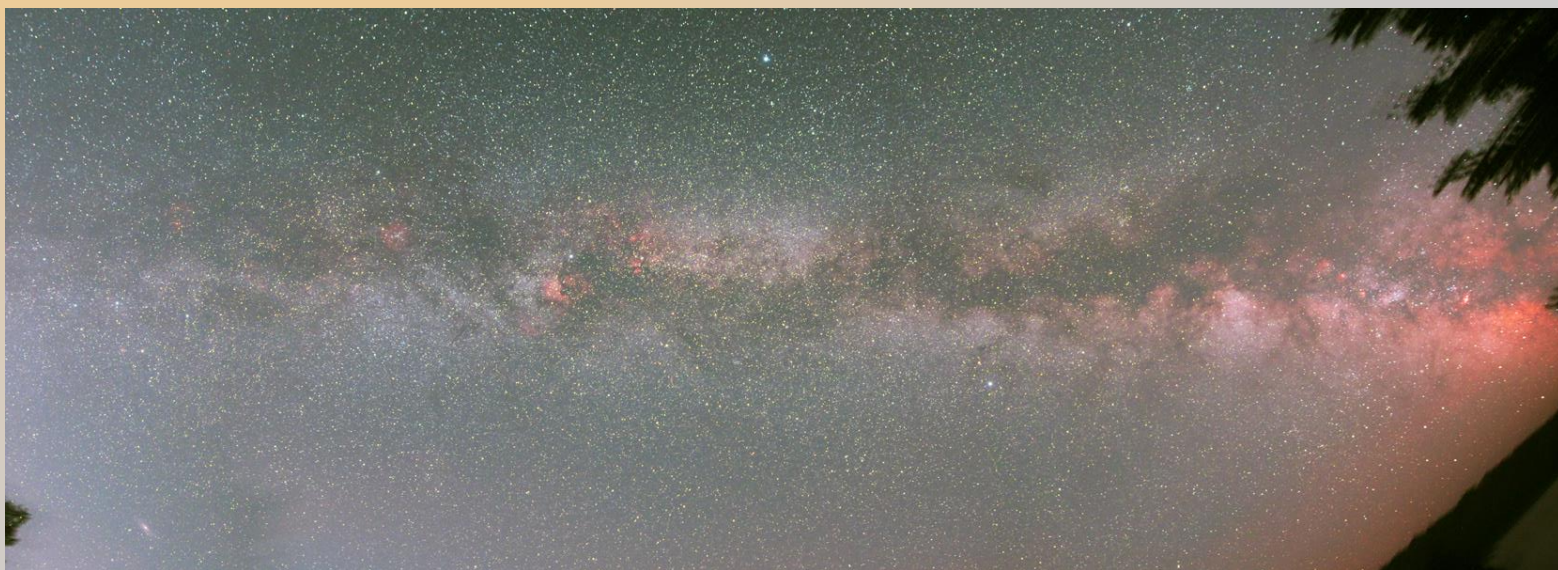
Le Soleil est les planètes se déplaçant dans la galaxie





MOUVEMENTS DE LA TERRE

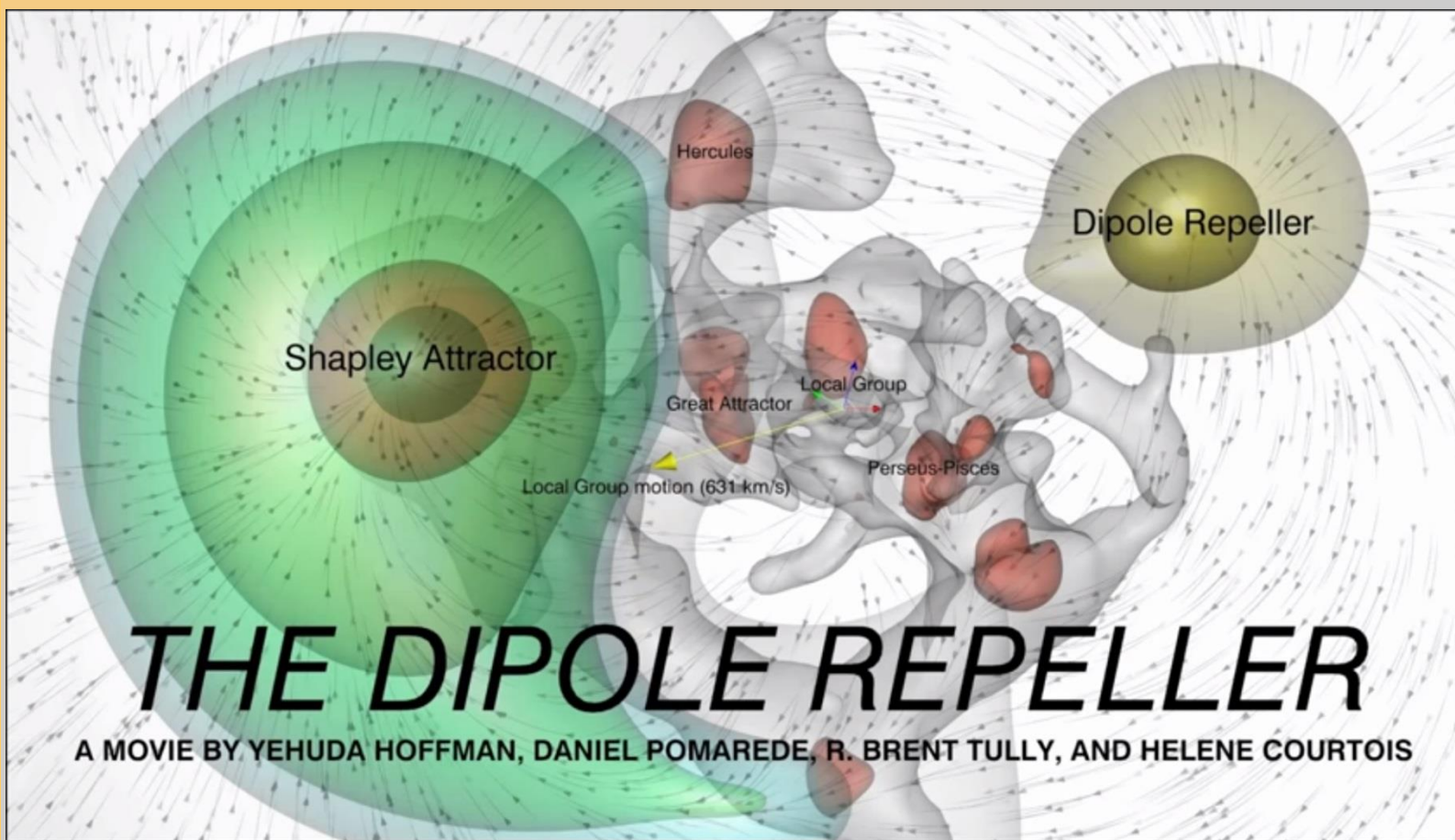
Notre galaxie, la Voie-Lactée se déplace à plus de 630 kilomètres par seconde vers l'amas de galaxie de la constellation de la Vierge, qui est lui-même attirée par grand attracteur.





MOUVEMENTS DE LA TERRE

Grand attracteur.





MOUVEMENTS DE LA TERRE

Personne ne le ressent, mais notre petite planète est constamment soumise à plusieurs types de mouvements :

- ★ La Terre tourne sur son axe à la vitesse d'environ 1600 km/h;
- ★ Elle tourne autour du Soleil à 100 000 km/h;
- ★ Le Soleil orbite autour du centre de la Voie lactée à 850 000 km/h;
- ★ Notre galaxie navigue à près de 2,3 millions de km/h, soit 630 km par seconde;

Ref.: <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1014068/voie-lactee-galaxie-repulseur-dipole-vitesse-etude-yehuda-offman-israel>



RÉFÉRENCES

Références

- https://fr.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A9cession_des_%C3%A9quinoxes
- http://jerome.nguyen1.free.fr/mouvements_terre.htm
- <http://adsabs.harvard.edu/full/1901BSAFR..15..262F>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Rotation_de_la_Terre
- <http://astrojm.over-blog.fr/article-10729486.html>
- <http://www.claudegabriel.be/Petits%20mouvements%20de%20la%20Terre%20et%20th%C3%A9orie%20astronomique%20des%20climats.pdf>
- <https://www.sunrise-and-sunset.com/fr/sun/canada/rimouski>