

DOSSIER TPE 1^{ère} S₁
ANNÉE 1999-2000

RYTHMES
ET PÉRIODES,
MESURE DU TEMPS

Les Équinoxes.

Réalisé par Florent Bauduin et Vincent Geeraert.
LES ÉQUINOXES.

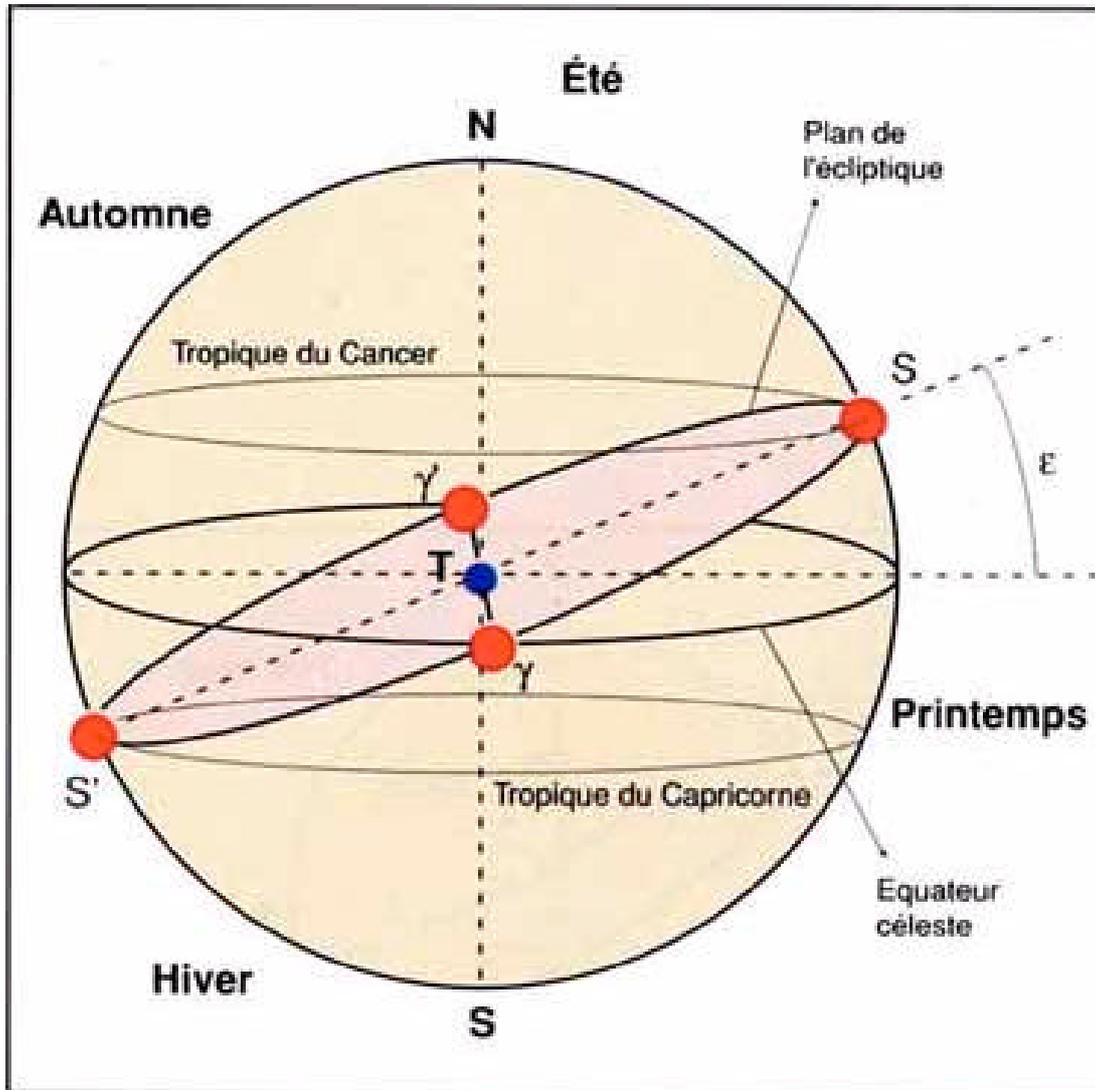
A la latitude de la France, l'année peut être divisée en quatre saisons, chacune d'elles débutant par un événement astronomique précis. Nous nous intéresserons aux deux événements analogues qui marquent le début du printemps et de l'automne : les équinoxes.

Nous essayerons de déterminer les moments auxquels ils se produisent et donc de répondre à la question " quand se produisent-ils?". Ainsi, nous verrons ce qu'est un équinoxe et quels sont les facteurs qui ont une influence sur leur avènement.

I. Définition d'un équinoxe.

Pour introduire la notion d'équinoxe, il nous faut d'abord prendre connaissance de certains termes astronomiques. Ainsi, d'après le dictionnaire de l'astronomie, la sphère céleste correspond à la demi-sphère représentant tout ce que l'œil voit. Sur la sphère céleste se retrouve également l'équateur céleste, qui en fait n'est que le prolongement de l'équateur terrestre à l'infini. De plus on peut définir un autre plan, celui de l'écliptique, qui n'est autre que le trajet apparent du soleil sur la sphère céleste au cours de l'année, vu depuis la Terre. Le plan de l'écliptique, incliné actuellement de $23^{\circ}27'$ par rapport à l'équateur céleste, coupe ce même plan en une droite appelée ligne des équinoxes. Sur cette dernière on trouve le point vernal (ou point γ , gamma) au-dessus duquel se trouve le soleil lorsqu'il passe de l'hémisphère sud à l'hémisphère nord (passage de l'hiver au printemps), alors que la déclinaison du soleil s'annule (la déclinaison étant la distance angulaire d'un point de la sphère céleste au plan équatorial).

Sphère céleste et différents plans s'y rapportant :



Comme nous l'avons vu, le moment où se produisent les équinoxes dépend de la position de ce point ?. Or différents phénomènes influent sur la position de ce point et donc du moment où se produit l'équinoxe : ces phénomènes sont appelés la précession et la nutation.

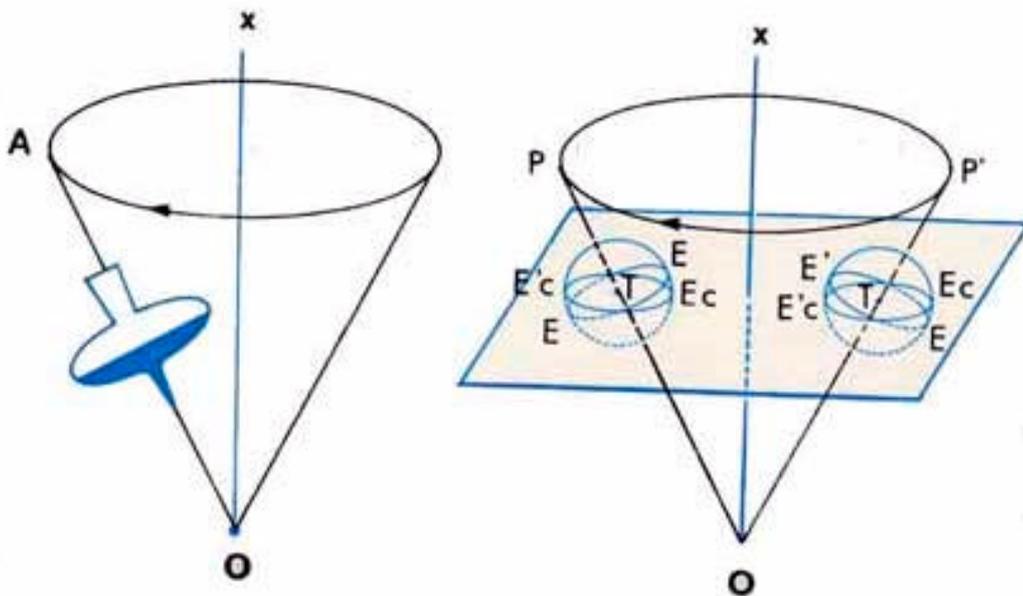
II. La précession des équinoxes.

Le phénomène de la précession a déjà été soupçonné dans l'Antiquité par Hipparque, astronome et mathématicien grec du deuxième siècle après Jésus Christ environ, qui a également réalisé le premier véritable catalogue d'étoiles.

1 Définition du phénomène.

La Terre tourne autour d'un axe passant par les pôles nord et sud. Or cet axe tourne lui-même à la manière de l'axe d'une toupie, c'est-à-dire en formant un cône. Ce mouvement conique entraîne ainsi le déplacement de l'équateur terrestre et celui de l'équateur céleste. Le point γ change alors de position sur l'écliptique, qu'il décrit en 25765 ans dans le sens rétrograde ou indirect, c'est-à-dire le sens des aiguilles d'une montre, ce qui correspond à une vitesse de $50''27$ par an. La valeur moyenne de l'angle formé entre l'écliptique et l'équateur céleste est de $23^{\circ}27'$.

Schéma représentant le "cône de précession".

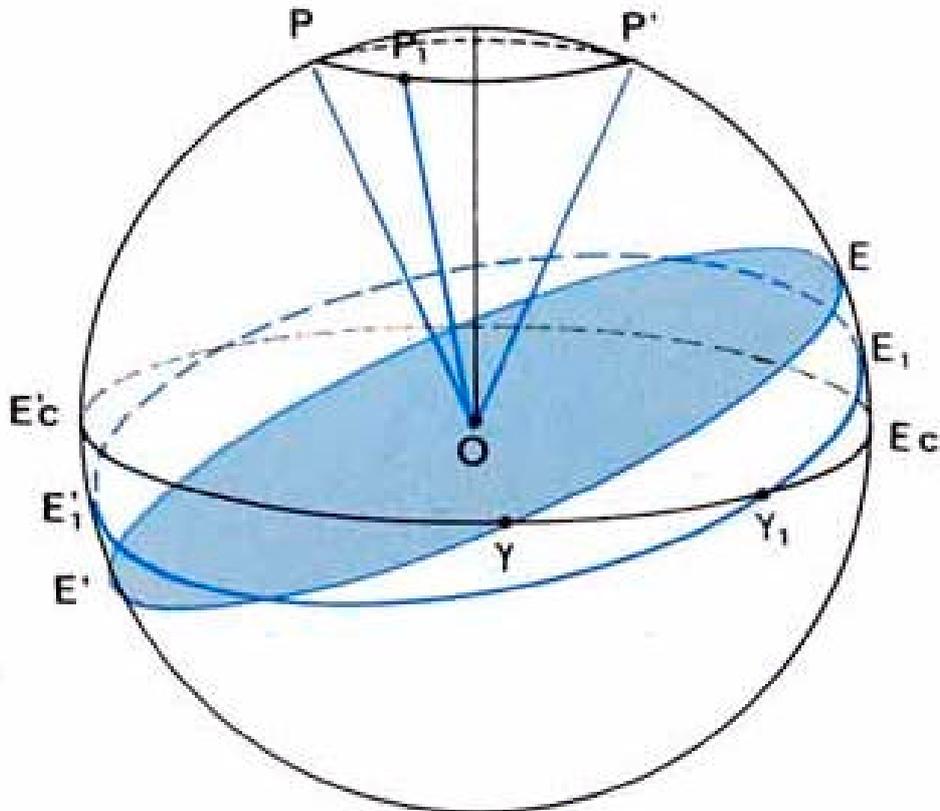


Ox = axe perpendiculaire à l'écliptique.

Oa = axe du monde.

On remarque qu'à deux positions différentes P et P' sur la base du cône, la ligne des équinoxes possède une direction différente.

Représentation du mouvement du point γ sur l'écliptique.



A deux positions OP et OP_1 de l'axe du monde correspondent deux positions de l'équateur, donc deux points : γ et γ_1 .

$E_c E'_c$ = écliptique.

$E E'$ = position de l'écliptique quand l'axe du monde = OP .

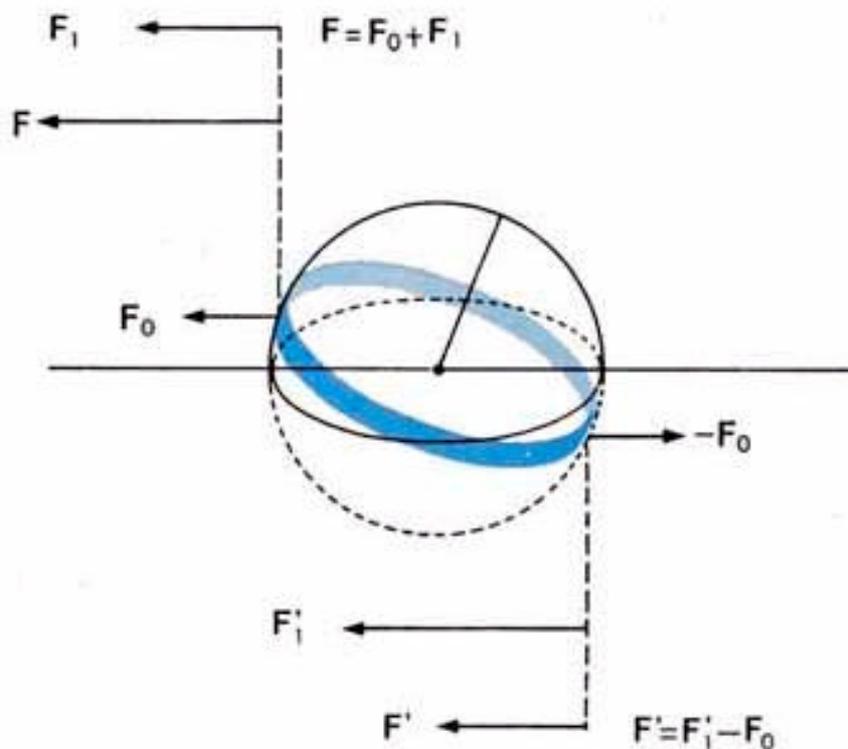
$E_1 E'_1$ = position de l'écliptique quand l'axe du monde = OP_1

Nous allons maintenant voir quelles sont les causes de ce mouvement conique de l'axe du monde.

2 Les causes de la précession des équinoxes.

La Terre n'est pas une sphère homogène, elle est légèrement aplatie aux pôles et présente un renflement au niveau de l'équateur. Ainsi, du fait de cette forme aplatie de la Terre, l'attraction du soleil ne passe pas par le centre de la Terre. Cela crée un couple de force ayant tendance à ramener l'équateur dans le plan de l'écliptique, mais la force centrifuge due à la rotation de la Terre s'oppose à ce couple. Il en résulte le mouvement de précession de l'axe de rotation de la Terre.

Schéma représentant les forces s'exerçant sur la Terre :



Le principe de l'attraction universelle explique la précession des équinoxes.

Les forces F et F' sont le résultat de l'attraction solaire sur le bourrelet équatorial, F' étant cependant de même moins importante que F en raison du principe de gravitation : la force est inversement proportionnelle au carré de la distance. On a deux couples de forces :

? F_0 et $-F_0$: forces dues à la force centrifuge de la Terre.

? F_1 et F_1' : forces dues à la gravitation.

3 Les conséquences de la précession.

On peut en dénombrer plusieurs :

? Le pôle boréal n'est pas toujours à la même place dans le ciel ; il se trouve actuellement très proche de l'étoile polaire, étoile ? de la petite ourse. Il y a 4000 ans environ, à l'époque des astronomes mésopotamiens, le pôle nord se trouvait dans la constellation du dragon (étoile Alpha Draconis), et dans 5500 ans la nouvelle étoile "polaire" sera l'étoile Alpha Céphei.

? Le point ? se déplaçant de $50''26$ par an dans le sens rétrograde, le soleil ne se lève pas toujours au même point au-dessus de l'horizon le jour de l'équinoxe de printemps. Actuellement, il se lève dans la constellation des poissons, mais il y a environ 3000 ans, il se levait dans celle du bélier, et dans 2000 ans il se lèvera dans la constellation du verseau.

? La précession influe sur les coordonnées astronomiques : elle modifie la longitude écliptique puisque celle-ci est mesurée à partir du point ? et de ce fait elle change les coordonnées équatoriales (calculées à partir du point ?).

La précession présente de multiples conséquences, surtout au niveau astronomique, mais elle n'est pas le seul phénomène qui influe sur l'axe de rotation de la Terre, et donc sur le point ? ; l'autre phénomène s'appelle la nutation.

III. La nutation.

La nutation a été découverte en 1748 par Bradley, un astronome anglais. Il imagina un procédé d'observation de passage au méridien, "à l'œil et à l'oreille". Grâce à cela, il découvrit notamment l'aberration de la lumière et bien sûr, la nutation de l'axe terrestre en 1748.

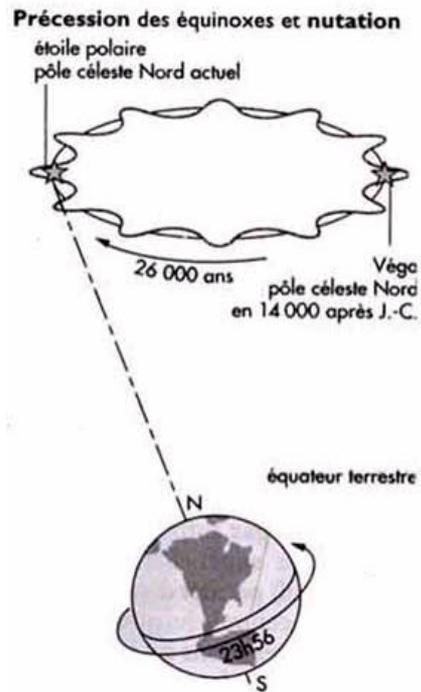
1 Description du phénomène.

Tout comme la précession, la nutation résulte du renflement de l'équateur. Ainsi les forces exercées par la lune font que l'axe de rotation de la Terre n'a pas une direction fixe dans l'espace ; par conséquent, le point γ n'est pas fixe sur l'écliptique et l'angle que forme l'équateur avec l'écliptique, appelé obliquité, varie au cours du temps.

2 Les causes et les conséquences de la nutation.

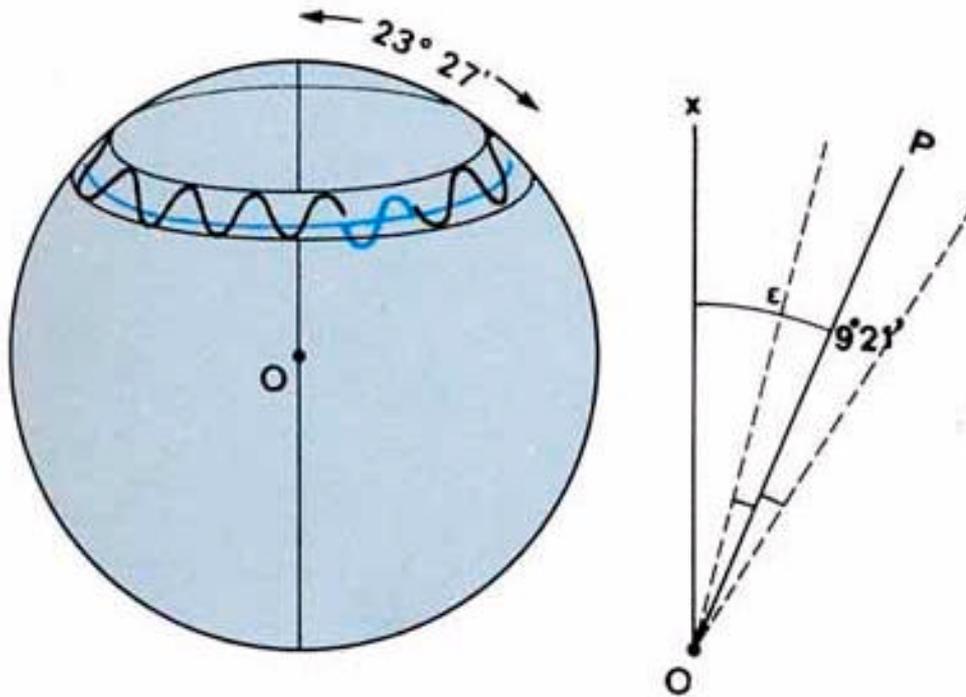
Les causes de la nutation sont quasiment les mêmes que celles de la précession : ce sont les forces exercées par la lune sur le bourrelet équatorial, les conséquences sont différentes. En effet, le phénomène de la nutation introduit un petit mouvement de caractère périodique que subit l'axe de rotation de la Terre autour de sa position moyenne. Ce mouvement d'oscillation a une amplitude de $9''21$ et donc la valeur moyenne de la précession, qui est d'environ $23^{\circ}27'$, est influencée par cette oscillation.

Mouvement de l'axe de rotation de la Terre sous l'influence de la nutation.



De la combinaison de ces deux mouvements résulte un mouvement sinusoïdal d'une amplitude de $23^{\circ}27'$ plus ou moins $9''21$ environ. La période de ce mouvement sinusoïdal, très aléatoire, est au maximum de 18,7 ans.

Mouvement de l'axe de rotation de la Terre sous l'influence de la précession et de la nutation.



La nutation.

Sous l'action combinée de la Lune et du Soleil, le pôle se déplace sur la trajectoire dessinée sur la figure (les proportions ont été exagérées : la figure est schématique)

L'axe de rotation de la Terre est donc influencé par les différentes forces s'exerçant sur lui. Or, nous avons vu que les équinoxes avaient un lien direct avec cet axe, qui fait varier l'obliquité de la Terre et donc le moment pendant lequel se produit l'équinoxe. Ainsi, on remarquera que les équinoxes ont lieu en moyenne autour du 21 mars (printemps) et du 23 septembre (automne). Ce ne sont en fait que des valeurs repères, car ces moments varient du fait de la précession et de la nutation, et les équinoxes peuvent donc avoir lieu un jour avant ces dates, c'est d'ailleurs assez souvent le cas.