

Les controverses du Zodiaque ou Astronomie contre Astrologie



L'Astronome



Le Serpentaire
(Ophiuchus)



L'Astrologue



Les controverses du zodiaque : Astronomie contre Astrologie (ou science contre croyance)

Introduction

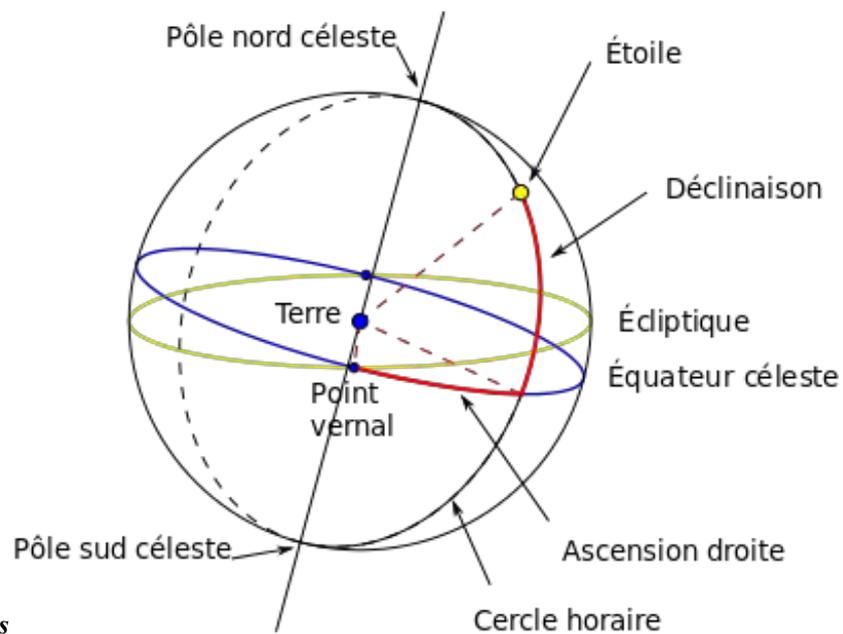
L'écliptique, cette ligne imaginaire qui est déterminée par le plan sur lequel tourne la Terre dans sa rotation autour du soleil, est visible depuis notre planète par le chemin apparent que suit le soleil dans notre ciel. Plus ou moins alignées le long de cette ligne se situent les autres planètes (qui, elles aussi, tournent autour du soleil dans le même plan que la Terre), la Lune et un certain nombre de constellations « inventées » par les hommes par le biais d'astérismes : **les constellations du zodiaque**.

Les hommes ont toujours été fascinés par le ciel situé au-dessus de leurs têtes, mais aussi par leur destin, leur futur... La tentation était grande d'essayer de faire coïncider les mouvements du ciel avec des prédictions plus « terrestres ».

C'est ce qui donna naissance à l'Astrologie, qui consistait à expliquer les différences de caractères (et/ou de comportements) et prévoir quel pouvait être le destin d'un individu en fonction d'un signe astral, lui-même déterminé par la position du soleil dans une constellation du zodiaque lors de sa naissance. Ultérieurement, l'astrologie fut affinée par la position des planètes dans le zodiaque (puisqu'elles aussi sont près de l'écliptique), de la Lune et du calcul des angles que faisaient ces planètes entre elles et avec le soleil ou la Lune. Dès l'antiquité on a pu voir des astronomes se livrant à ces exercices divinatoires basés, prétendaient-ils, sur des réalités cosmiques constatées dans notre système solaire.

L'**horoscope** d'un individu ne tenait naturellement pas compte de planètes (inconnues à l'époque de l'antiquité car invisibles à l'œil nu), comme Uranus, Neptune et Pluton, intégrées dans l'astrologie moderne depuis qu'elles ont été découvertes respectivement en 1781, 1846 et 1930. Pluton a d'ailleurs été « déclassée » de son statut de planète par l'Union Astronomique Internationale en 2006 pour figurer dans une nouvelle catégorie, celle des planètes naines où elle se trouve pour l'instant en compagnie de Cérés, Hauméa, Makémaké et Eris. L'astrologie devrait être contrainte de s'adapter aux découvertes scientifiques de l'astronomie, tout du moins à certaines découvertes car d'autres ont été volontairement mises de côté pour des raisons parfois obscures ou de simplification abusive.

Ainsi, dans l'astrologie de l'antiquité grecque on avait décidé que la détermination d'un signe était basée sur un étalon qui était le « point vernal ».



Coordonnées équatoriales

Le point vernal, c'est quoi ?

Sur la sphère céleste, l'équateur céleste et l'écliptique se croisent. Les deux intersections sont appelées des nœuds. Au cours de son mouvement apparent, le Soleil croise ces deux points, l'un en passant de l'hémisphère Nord à l'hémisphère Sud, c'est le nœud descendant; l'autre en passant de l'hémisphère Sud à l'hémisphère Nord, c'est le nœud ascendant. Ce dernier est le **point vernal** (noté γ , parfois g), parfois noté **point de l'équinoxe vernal** ou **point de l'équinoxe de printemps**.

Les références du système de coordonnées équatoriales sont d'une part le méridien passant par le point vernal, il définit le méridien zéro pour la mesure des ascensions droites, et d'autre part l'équateur céleste à partir duquel la déclinaison est mesurée (positivement au-dessus de l'équateur, négativement en dessous). Les coordonnées du point vernal sont l'ascension droite (α) = 0 h (étant situé sur le méridien zéro) et sa déclinaison (δ) est nulle (étant situé sur l'équateur céleste).

En astrologie, ce point porte le nom de « premier point du Bélier », d'après le nom de la constellation dans laquelle il se trouvait dans l'Antiquité. Toutefois, à cause de la **précession des équinoxes**, ce point se déplace lentement le long de l'écliptique. Le point vernal est actuellement situé dans la constellation des Poissons, il y est entré vers -60 et en ressortira vers 2600 pour entrer dans la constellation du Verseau. **Le problème est que les anciens grecs avaient repéré une étoile proche du point vernal et que c'est elle qui a servi d'étalon. Les astrologues se servent encore de ce point de base, mais le vrai point vernal astronomique se déplace à cause de la précession des équinoxes, mais l'étoile, non !!**

Détermination du point vernal

Le point vernal étant défini comme le croisement de l'écliptique et de l'équateur céleste, il change de position avec les mouvements de précession et de nutation de l'axe de rotation de la Terre. Ces paramètres sont déterminés par l'International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) en combinant les données fournies par un réseau de surveillance mondial. En raison des mouvements du point vernal, ce sont ses coordonnées J2000.0, c'est-à-dire au 1^{er} janvier 2000 à midi UTC, qui servent de référence pour le système de coordonnées équatoriales.

Précession des équinoxes

L'axe autour duquel la Terre tourne sur elle-même est l'axe des pôles terrestres, qui est de biais par rapport au plan de l'écliptique (*voir le schéma ci-dessus*). Mais en raison de la précession des équinoxes, cet axe des pôles trace lui-même au niveau de son pôle Nord très lentement un cercle dans l'espace, entraînant (du fait de l'angle de 90° avec l'équateur terrestre) un mouvement (durant ~ 260 siècles) du point vernal à rebours sur l'écliptique. Le point vernal, origine des douze signes astrologiques, met de l'ordre de 260 siècles pour remonter à reculons les douze constellations du zodiaque.

Nomenclature du point vernal

Le *point vernal moyen* (ou *équinoxe moyen*) à une époque "T", est le nœud ascendant de l'écliptique moyen sur l'équateur moyen. Il est déduit à partir du point vernal relatif à une autre date par la précession des équinoxes. Le *point vernal vrai* (ou *équinoxe vrai*) à une époque "T", est le nœud ascendant de l'écliptique moyen sur l'équateur vrai. Il est déduit à partir du point vernal moyen par la **nutation**.

Conséquences du déplacement du point vernal :

Ce point vernal, et son déplacement dans le temps à rebours le long du zodiaque étaient connus dès l'antiquité. L'astronome, mathématicien et géographe grec Hipparque (~ 190 / ~ 120 av. J.C) avait, peut-être à la suite de certains babyloniens et chaldéens, constaté ce mouvement de précession et il l'avait même chiffré (avec une grosse erreur toutefois). Le déplacement du point vernal est mentionné dans divers textes religieux comme la Bible, puis que l'on y parle de l'« ère des poissons » comme devant commencer entre - 60 et 0 avant JC pour se terminer entre 2100 et 2160, date à laquelle commencera l'ère du Verseau, etc. En effet, le mouvement de précession étant étalé sur 25.760 ans, il faut (en moyenne, mais c'est variable selon les signes) 2146 ans pour que le point vernal change de signe zodiacal (sur la base de 12 signes égaux en angle de 30°).

L'astrologie connaît et reconnaît ce changement de signe du point vernal. Mais elle n'en tire pas les conclusions (pourtant évidentes) qui s'imposent !

Un individu, né par exemple le 10 avril en 500 av JC est placé sous le signe du bélier (**ce qui est toujours le cas dans l'astrologie actuelle**). Par contre, né le 10 avril en 1600 après JC il serait réellement placé sous le signe des poissons en raison de la précession des équinoxes qui fait qu'à cette date, le soleil est devant la constellation des poissons. Un autre individu qui naîtra le 10 avril 2700 sera placé sous le signe du verseau pour les mêmes raisons, etc. Pour qu'un individu né à cette date du 10 avril puisse être, à nouveau, du signe du bélier, il faudra attendre environ les années $(- 2700 \text{ à } -60) + 25.760 =$ entre 23.000 et 25.000 !!!

Si l'astrologie explique que la place du soleil dans une constellation le jour de votre naissance détermine votre caractère ou votre destin, on s'éloigne radicalement de la réalité astronomique puisque les signes du zodiaque relatifs à votre horoscope sont figés dans le temps astrologique et ne suivent pas la réalité des choses telles que prouvées par l'astronomie. Donc les conclusions que les astrologues tirent de la soi-disant position du soleil dans une constellation le jour de votre naissance sont donc nécessairement erronées et le seront de plus en plus au cours de quelques 23.000 années à venir. La position des planètes dans les constellations ainsi que leur influence dans votre horoscope subissent exactement les mêmes erreurs fondamentales, puisque l'astrologie reste campée sur un dogme immuable, celui du ciel tel qu'il était à l'âge de l'antiquité gréco-romaine, celle du point vernal dans le Bélier.

Autres erreurs, dues à la volonté excessive de simplification des astrologues par rapport à la réalité astronomique :

1) Largeur des constellations dans le ciel

Les constellations du zodiaque n'occupent pas toute la même place dans le ciel le long de l'écliptique. La « largeur angulaire » est très différente d'une constellation à l'autre. La différence est énorme entre la très large constellation de la Vierge et la très petite constellation du Cancer. C'est totalement évident, mais l'astrologie part d'un postulat où toutes les constellations ont une largeur de $30^\circ (= 360^\circ/12)$. C'est bien plus facile à comprendre et à expliquer, mais c'est totalement faux sur un plan purement géométrique et astronomique. Le soleil restera plus longtemps dans la Vierge (44 jours) que dans le Cancer (21 jours). Donc le signe zodiacal astrologique du premier devrait être beaucoup plus long (de 23 jours) que le second ! Mais, non, ils font tous environ un mois, 30 à 31 jours... Pourquoi ?

2) Oubli (?) ou omission délibérée d'une constellation le long de l'écliptique

Les astrologues gréco-romains avaient 13 constellations dans leur zodiaque. Les 12 que nous connaissons : Bélier, Taureau, Gémeaux, Cancer, Lion, Vierge, Balance, Scorpion, Sagittaire, Capricorne, Verseau et Poissons, plus une treizième : le Serpenteire (Ophiuchus en latin).

Cette constellation existe bien, elle est le long de l'écliptique comme les 12 autres et traversée par le Soleil, comme les autres. Elle se situe entre le Scorpion et le Sagittaire. Les astrologues vous diront que certaines civilisations (babyloniens entre-autres) n'en avaient que 12. On peut leur rétorquer que d'autres civilisations en avaient d'autres, non prises en compte par l'astrologie traditionnelle. Evidemment le chiffre 12 est plus pratique pour diviser un cercle de 360° et pour créer des signes de 4 sortes : eau, feu, terre et air ($12/4 = 3$ signes de chaque). Avec 13 signes cela aurait été plus difficile de gérer des concepts peu parlants pour ceux qui croient en l'astrologie...

Donc, là encore, après l'erreur majeure par la non prise en compte de la précession des équinoxes, on voit des erreurs supplémentaires, majeures elles aussi et une modification délibérée de la réalité scientifique des constellations : leur taille et leur nombre.

Le zodiaque réel, astronomique, devrait être celui-là et, en fonction de votre date de naissance, vous devriez actuellement être de l'un de ces signes :

- Capricorne (Capricorn) : 20 Jan-16 Février
- Verseau (Aquarius) : 16 Fev-11 Mars
- Poissons (Pisces) : 11 Mars-18 Avril
- Bélier (Aries) : 18 Avril-13 Mai
- Taureau (Taurus) : 13 Mai-21 Juin
- Gémeaux (Gemini) : 21 Juin-20 Juillet
- Cancer (Cancer) : 20 Juill-10 Aout
- Lion (Leo) : 10 Aout-16 Septembre
- Vierge (Virgo) : 16 Sep-30 Octobre
- Balance (Libra) : 30 Oct-23 Novembre
- Scorpion (Scorpio) : 23 Nov-29 Novembre
- Serpente (Ophiuchus) : 29 Nov-17 Décembre
- Sagittaire (Sagittarius) : 17 Déc-20 Janvier



En conclusion, l'astrologie se met complètement en marge de la science en s'arrangeant avec la réalité du ciel et des mouvements de la Terre et des planètes.

Il fut un temps, heureusement révolu, où il y avait un « flou artistique » dans la distinction entre astronomes et astrologues. Ce fut notamment le cas durant tout le moyen-âge en occident. Il se trouve même que certains astronomes connus des XVI^e et XVII^e siècles ont même pratiqué officiellement l'astrologie, essentiellement pour des raisons pécuniaires afin de pallier à leur manque de revenus issus de l'astronomie. Ce n'est plus le cas aujourd'hui et l'on sait faire maintenant la distinction entre une science objective, qui ne sait pas tout (loin de là) mais qui connaît et explique ses limites dans la connaissance qu'on en a, et une pratique pseudo astronomique (dans son langage et ses références) qui ne repose sur rien de tangible et qui s'apparente clairement à une croyance. Et même là, il y a tellement de différences d'interprétation entre plusieurs astrologues sur un même thème astral (nous ne parlons même pas des prévisions astrologiques bidon et marketing que produisent les médias !) qu'on est totalement dans le règne de l'irrationnel.

Pour résumer : L'astrologie se moque éperdument de la réalité astronomique sur les points suivants :

- Elle connaît l'existence du point vernal mais n'en tire aucune conséquence.
- Elle connaît ou devrait connaître le principe de la précession des équinoxes, mais s'en moque.
- Elle ne connaît pas les variations de l'obliquité l'axe de rotation de la Terre par rapport à l'écliptique.
- Elle ne connaît pas les effets de la nutation et son cycle de 18,6 ans (faibles il est vrai).
- Elle ne connaît pas les variations de l'excentricité de l'orbite terrestre autour du soleil et ses conséquences.
- Elle refuse de voir les changements dus aux modifications astronomiques et reste figée sur un zodiaque archaïque qui date de l'ère du Bélier (de 2200 à 60 av J.C.).
- Elle refuse de tirer les conséquences de la largeur angulaire variable des constellations dans le ciel et du résultat que cela devrait engendrer sur la durée de chaque signe astrologique.
- Elle refuse d'intégrer le Serpenteire dans le zodiaque alors qu'il s'y trouve bien, le long de l'écliptique, entre le Scorpion et le Sagittaire.
- Elle se méprend totalement en s'autorisant à penser que les planètes (voire même le Soleil et la Lune) peuvent avoir une influence quelconque sur les êtres humains.

L'astrologie confrontée à la réalité objective

A - Les horoscopes dans les journaux et magazines

C'est édifiant et mêmes les astrologues « professionnels » trouvent ça ridicule, c'est vous dire...

Des investigations ont été faites auprès de certains journaux féminins et/ou gratuits, mais également auprès de personnes ayant la charge de cette rubrique dans leurs parutions.

Les résultats sont variés, mais l'absence de sérieux est concordant selon toutes les sources :

- 1 - Les horoscopes ne sont généralement pas signés par un astrologue (sauf peut-être pour des raisons financières) ...
- 2 – Les horoscopes étaient faits par des pigistes ne connaissant rien à l'astrologie, qui puisaient dans leur propre vie des éléments généralistes pour remplir leurs colonnes...
- 3 – Les horoscopes étaient souvent faits par copier-coller de parutions du même support, imprimées plusieurs mois ou années auparavant. Textuellement et par blocs de plusieurs signes (différents) se suivant...
- 4 – Les horoscopes étaient souvent faits par des ordinateurs se servant d'algorithmes approximatifs choisissant parmi des phrases floues s'appliquant à n'importe qui...

De plus :

À toutes les objections justifiées que font les astronomes aux astrologues, la réponse de ceux-ci est souvent de dire : « Oui, mais en fait il ne faut pas prendre notre terminologie à la lettre, elle n'est qu'un cadre symbolique à nos réflexions ! »

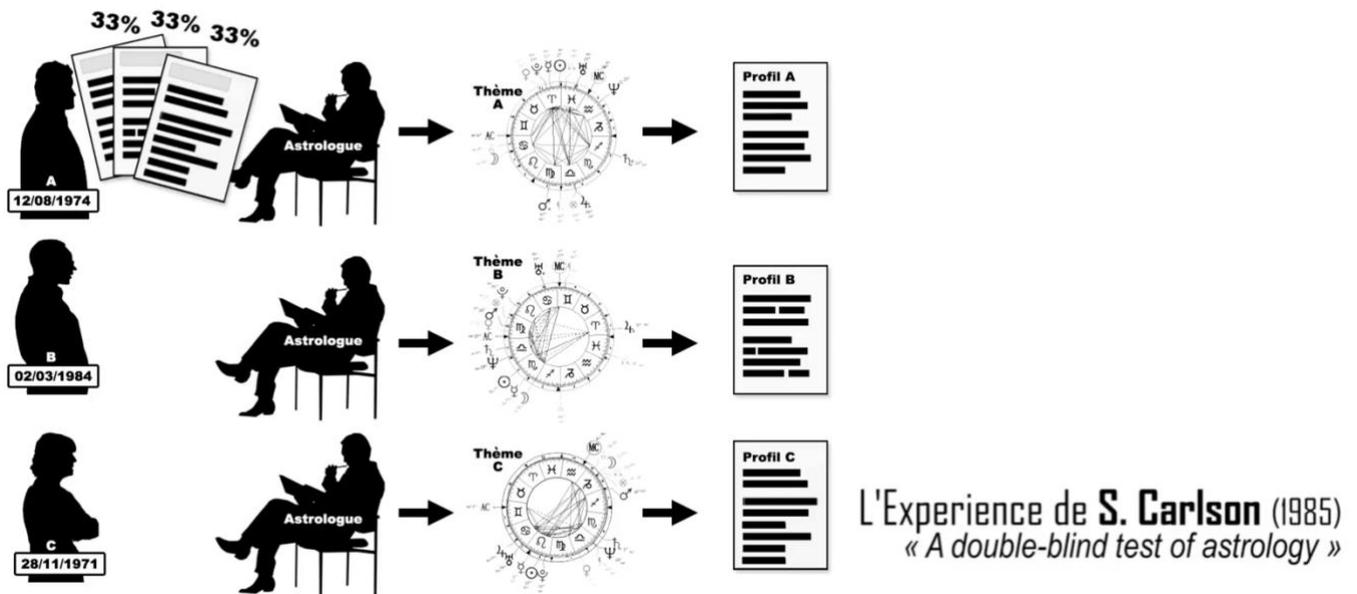
C'est un peu facile et c'est aussi une façon de botter en touche quand ils font face à leurs évidentes contradictions.

Dans ce cas-là, si les astres dont ils se réclament ne sont là que pour faire joli, pourquoi ne pas dissocier leurs arguments de tout ce camouflage qui les rattache à une réalité astronomique tangible et vérifiable ?

Il leur suffirait de dire qu'ils font de la voyance ou n'importe quoi d'autre, mais il est vrai que ça ferait moins sérieux...

B - Mais par-dessus tout, dans les études prospectives :

L'astrologie... ça ne marche pas ! Et cela se vérifie par l'expérience :



Quand un astrologue tire un profil du thème astral d'une personne, la personne se reconnaît tout à fait. C'est dû au fait que les profils sont toujours vagues, flous, ambigus, ça peut convenir à tout le monde et ça plait...

Si l'on fait faire trois thèmes astraux à 3 astrologues avec des dates de naissance complètement différentes, la personne se reconnaîtra aussi, mais dans les 3 profils, à égalité des chances statistiques... Ça s'appelle l'effet « Barnum ».

Un langage très flou arrange les astrologues :

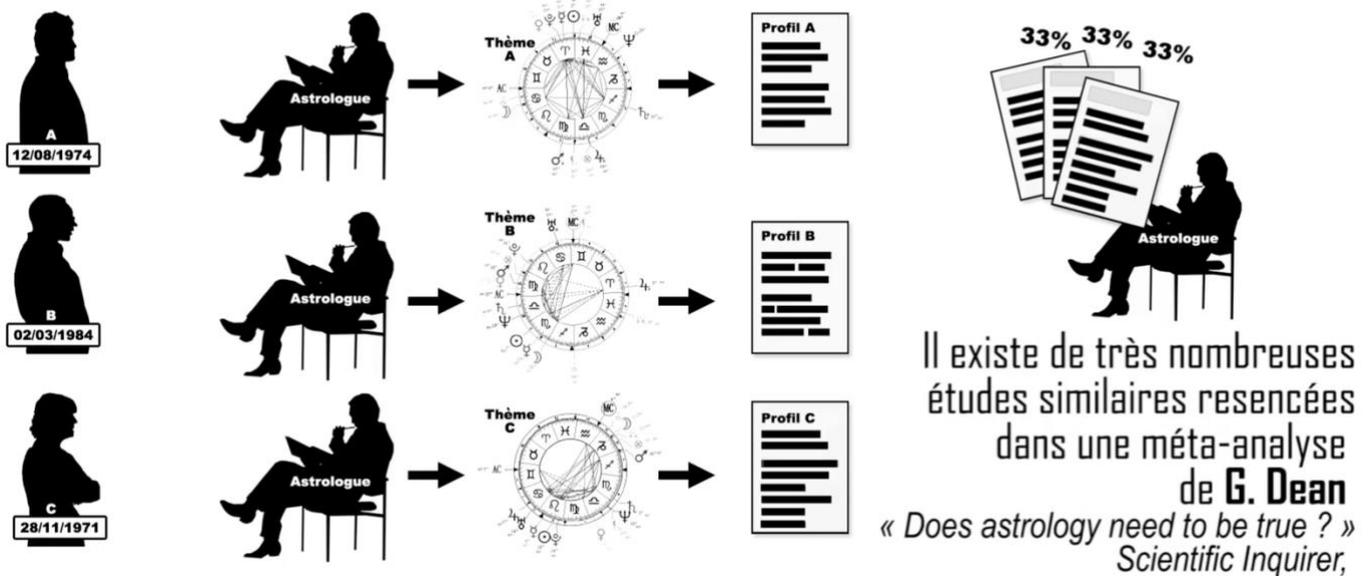
Exemples typiques de profils flous utilisés par les astrologues. Il y en a des milliers du même acabit :

"Vous êtes généralement introverti et réservé, mais vous savez quand il faut vous montrer extraverti et sociable."

"Vous avez un potentiel considérable que vous n'avez pas encore utilisé à votre avantage."

"Vous avez certes des points faibles dans votre personnalité, mais vous savez généralement les compenser."

L'astrologie... ça ne marche toujours pas !

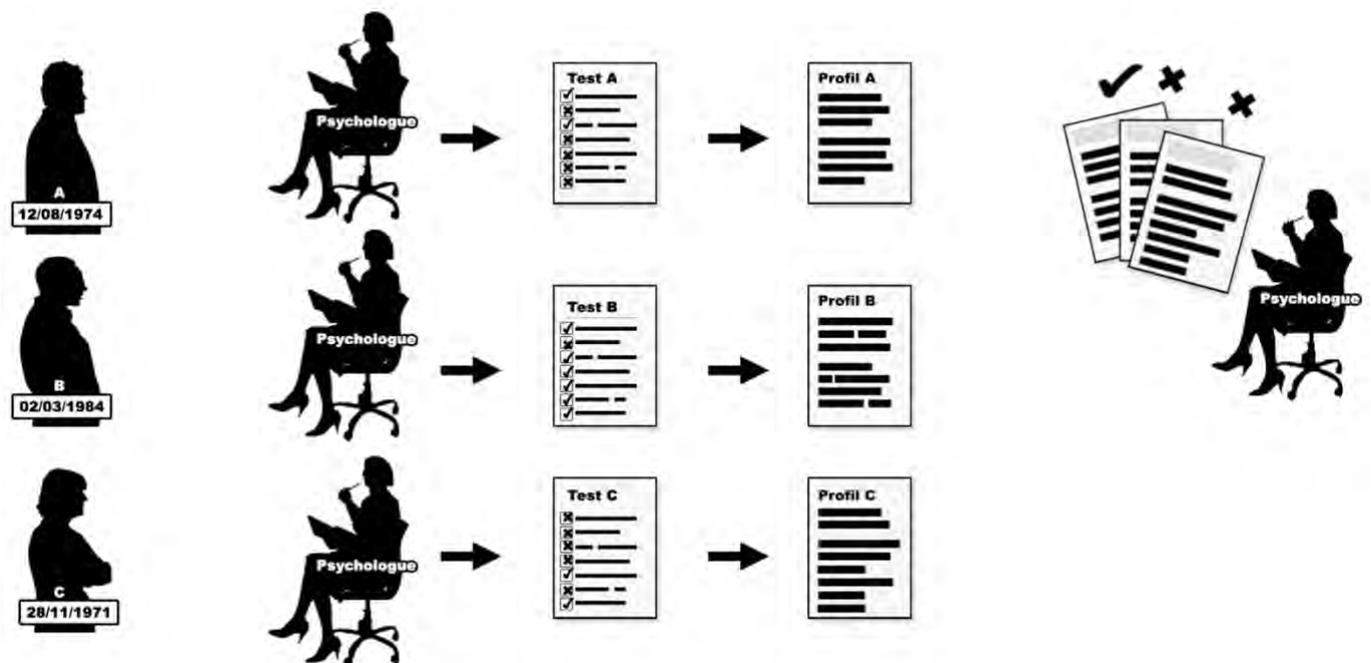


Plus fort encore : 3 astrologues établissent 3 thèmes et émettent 3 profils.

Un quatrième astrologue essaie de reconnaître (parmi les 3) le profil correspondant au thème astral fait par lui-même...

Résultat moyen : 1/3 – 1/3 – 1/3, donc aucune réussite autre que celle du hasard...

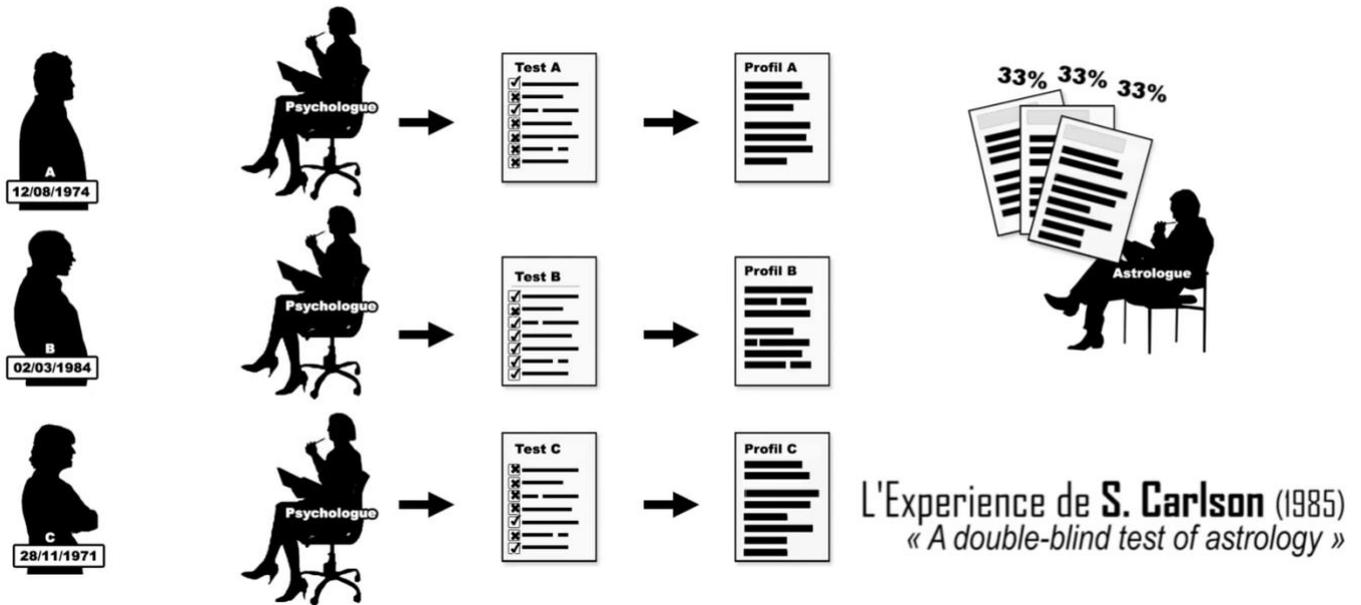
Les astrologues ne peuvent même pas reconnaître le travail effectué par leurs confrères... Il n'y a donc aucune consistance au sein de la profession !



Par contre cela marche très bien dans d'autres professions, par exemple chez les psychologues...

Le (ou la) quatrième psychologue reconnaîtra très facilement le profil du sujet, car il aura été élaboré avec des tests standardisés précis et vérifiables, reconnus par la profession !

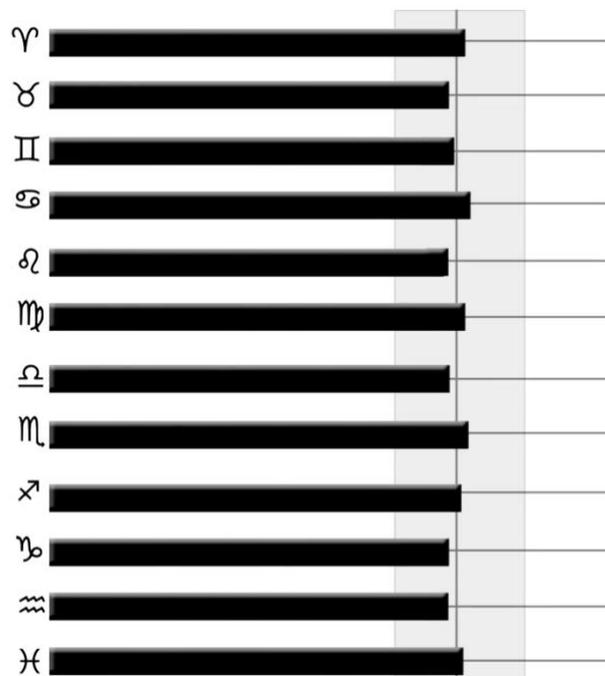
Encore un autre test :



ENCORE PLUS FOU... ET CONVAINCANT :

Un astrologue est incapable, en faisant le thème d'une personne, de reconnaître le bon profil parmi 3, établis par 3 psychologues sur 3 personnes différentes. Résultat toujours de 1/3 – 1/3 – 1/3 !!!

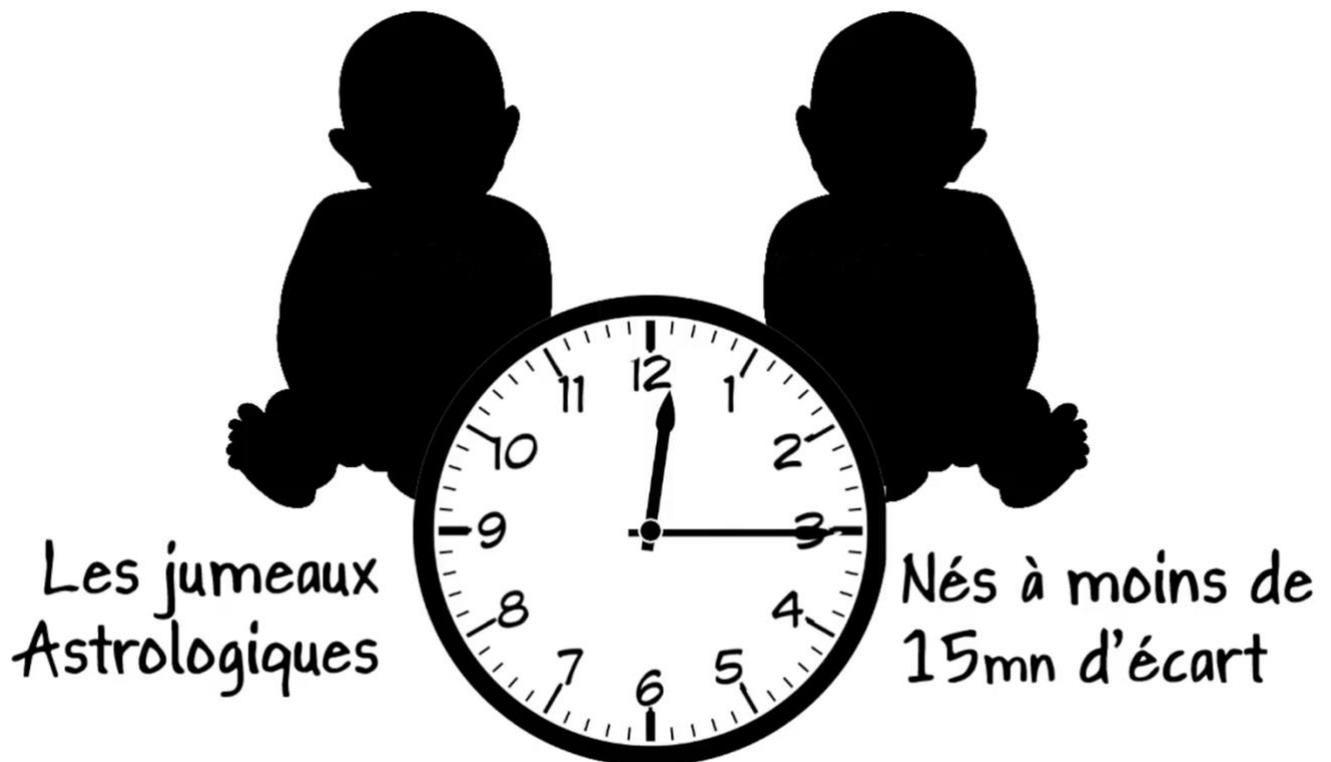
L'astrologie, ça ne marche encore pas...



Le statisticien Peter Austin a utilisé une base de données de 10 millions de personnes, provenant d'une grande compagnie d'assurances...

Classées par signe astral il n'y a aucune tendance que tel signe soit plus exposé que d'autres à : Divorce, accidents, maladies ou à n'importe quoi d'autre d'ailleurs...

Même dans les études rétrospectives, ça ne marche pas !!



Les jumeaux astrologiques n'ont rien de comparable dans leurs dossiers médicaux respectifs en dehors des lois du hasard...

En bref et pour terminer ...

... que ce soit au niveau des réalités astronomiques ou au niveau des résultats mesurables et mesurés, l'astrologie est un vrai cul-de-sac !!!

Quelques citations :

Un astrologue est un astronome raté. Un astronome n'est jamais un astrologue qui a réussi. (Anonyme)

L'entêtement pour l'astrologie est une orgueilleuse extravagance. Il n'y a pas jusqu'au plus misérable artisan qui ne croie que les corps immenses qui roulent sur sa tête ne sont faits que pour annoncer à l'Univers l'heure où il sortira de sa boutique. (Montesquieu)

La superstition est à la religion ce que l'astrologie est à l'astronomie, la fille très folle d'une mère très sage. (Voltaire)

La religion n'est autre chose que l'ombre portée de l'univers sur l'intelligence humaine. (Victor Hugo)

L'église dit que la terre est plate, mais j'ai vu l'ombre sur la lune et j'ai plus foi en l'ombre qu'en l'église. (Fernand de Magellan)

Je sais calculer le mouvement des corps pesants, mais pas la folie des foules. (Isaac Newton)

L'astronomie ne nous a pas appris seulement qu'il y a des lois, mais que les lois sont inéluctables, qu'on ne transige pas avec elles ... Elle nous a appris que les lois sont infiniment précises. (Henri Poincaré)

L'astrologie, ou quand les étoiles éclairent les illuminés qui éblouissent des lunatiques. (Paul Carvel)

Annexes

Annexe 1 : Votre signe astrologique n'est pas celui que vous croyez (source BBC)

Vous êtes née entre le 30 novembre et le 18 décembre ? Surprise, vous n'êtes pas Sagittaire mais « Serpenteire », le treizième signe du zodiaque. À cause de cette constellation, délibérément « oubliée », située entre celle du Scorpion et du Sagittaire, les horoscopes sont erronés depuis plus de... 2.000 ans. Ce secret de polichinelle au sein de la communauté scientifique a (enfin) été mis en lumière par un long format interactif de la BBC. Les révélations de la chaîne anglaise ont laissé les fans d'horoscope bouche bée. Heureusement, un outil en ligne permet de calculer son « vrai » signe, censé révéler les traits de votre personnalité.

Tour de passe-passe

Pourquoi avons-nous vécu tant d'années dans le mensonge ? Il s'agirait, selon la BBC, d'un tour de passe-passe orchestré par les astrologues pour se faciliter la tâche. Rappelons que le système d'horoscope tel qu'on le connaît, remonte à la Grèce Antique, et stipule que votre signe astrologique correspond à la constellation qui se situait derrière le Soleil, le jour de votre naissance (juin pour les Gémeaux, mars pour les Poissons, etc.).

Problème : comment représenter 13 constellations à parts égales dans un cercle (la course du Soleil autour de la Terre) ? 360° divisé par 13 égalent **27,69 degrés**... Trop compliqué. Le plus simple reste encore de ne garder que 12 constellations, et donc 12 signes astrologiques (360 divisé par 12 est égal à 30 , tout rond). C'est donc ainsi que le treizième^e signe, appelé Serpenteire, (Ophiuchus en latin), a disparu du radar des astrologues ! Cette petite constellation se situe au milieu des deux parties séparées de la constellation du serpent : la tête du serpent (serpens caput) à l'ouest et la queue du serpent (serpens cauda) à l'est. Le serpenteire « porte » donc le serpent que l'on voit de part et d'autre de lui.

Le 13^e signe ?



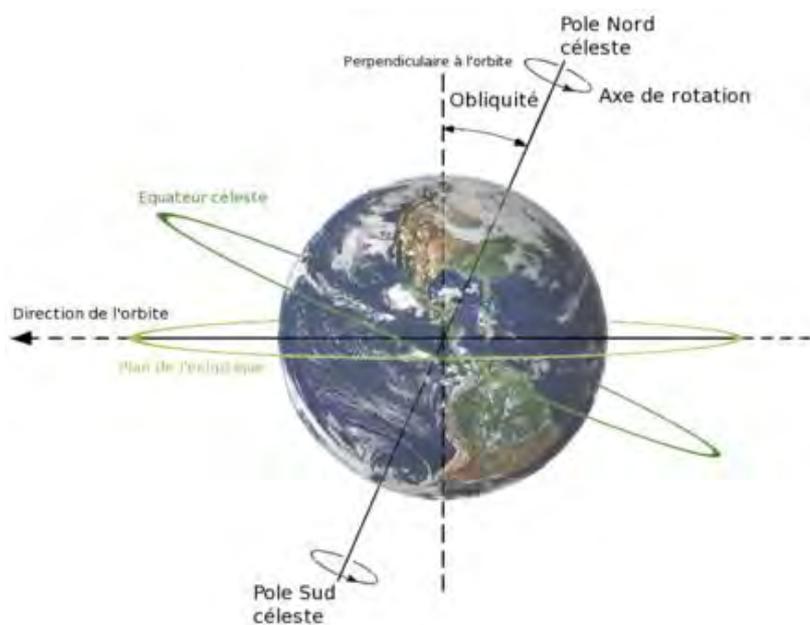
Le soleil passe devant le Serpenteire pendant 19 jours chaque année. Le zodiaque astronomique contient aujourd'hui 13 constellations, les 12 bien connues plus une, le Serpenteire.

Le Serpenteire a délibérément été supprimé du zodiaque d'origine il y a plus de 2.000 ans, alors même que le soleil passe clairement sur cette constellation après être passé devant le Scorpion et avant d'atteindre le Sagittaire. La raison n'en est pas connue mais il se peut que les anciens astrologues aient voulu simplifier en divisant les 360° du parcours du soleil en 12 parties égales de 30° . De surcroît, les vraies limites qui séparent les constellations décrites par l'Union Astronomique Internationale sont loin d'être égales. Par exemple, le Serpenteire n'est derrière le soleil que pendant 19 jours, 12 jours de plus que derrière son voisin, le Scorpion mais 25 jours de moins que la Vierge.

Annexe 2 : Rotation et orbite de la Terre (cf. « La Terre » OS – GAP 47 – Mars 2023)

A) Rotation

La **rotation de la Terre** est un mouvement de la Terre qui peut être défini, en première approximation, comme le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même autour de l'axe des pôles géographiques qui relie le pôle Nord au pôle Sud. Elle ne doit pas être confondue avec la révolution de la Terre, mouvement avec lequel elle se conjugue et qui peut être défini, en première approximation, comme le mouvement de translation elliptique de la Terre autour du Soleil. La rotation de la Terre est un mouvement complexe qui peut être décrit comme la combinaison de trois mouvements : la rotation propre, mouvement circulaire autour de l'axe; la précession, mouvement conique décrit par l'axe autour de sa position moyenne; et la nutation, oscillation de l'axe. Le mouvement de nutation peut lui-même être décrit comme la combinaison de plusieurs nutations dont la principale, dite de Bradley, a une amplitude de 9,2 secondes d'arc et une période de 18,6 ans. La Terre accomplit un tour sur elle-même, d'ouest en est (sens direct), par rapport au système de référence céleste (jour stellaire ou jour sidéral) en un petit peu moins de 86 164,1 secondes, soit 23 h 56 min 4,1 s. Le temps de faire une révolution autour du Soleil (soit 31 556 925 s), la Terre fait un petit peu plus de 366,24 de ces tours (jours sidéraux) sur elle-même, soit une année sidérale. La combinaison des deux mouvements fait que le Soleil semble tourner $366,24 - 1 = 365,24$ fois autour de la Terre (jours solaires de 86 400 s en moyenne) en une année. Comme la Terre n'est pas rigoureusement un solide massif indéformable, le concept de vitesse de rotation angulaire doit être soigneusement défini par des géodésiens et des astronomes, puis mesuré. Ce service est effectué par l'IERS (*International Earth Rotation Service*), qui met en ligne toutes les données connues.



Inclinaison de l'axe terrestre (auss appelé obliquité) et sa relation avec l'équateur céleste et le plan de l'écliptique, ainsi qu'avec l'axe de rotation de la Terre

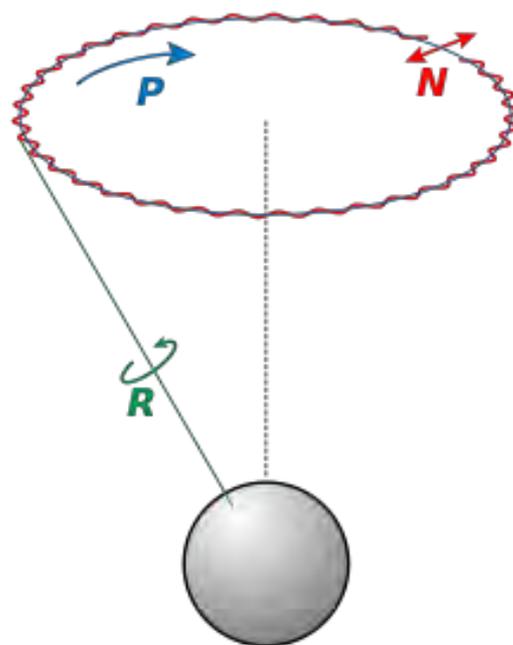


Diagramme présentant le mouvement de rotation d'un solide indéformable comme la combinaison de trois mouvements : la rotation propre R (en vert), la précession P (en bleu) et la nutation N (en rouge)

La vitesse de rotation oscille de manière irrégulière. Dans la période de rotation (longueur du jour), on observe principalement une variation saisonnière d'environ un millième de seconde (ms) et des changements décennaux (entre 10 et 70 ans) de l'ordre de cinq millisecondes. De plus, les actions du soleil et de la Lune sur le soulèvement de la marée produisent un couple retardateur qui induit une augmentation séculaire de la durée du jour d'environ deux millisecondes par siècle et un éloignement de la Lune de 3,84 centimètres par an (voir Rotation synchrone). Par rapport aux étoiles, l'axe de rotation balaye en 25 800 ans un cône axé sur les pôles du plan de l'écliptique (l'axe perpendiculaire à l'orbite terrestre), dont le demi-angle au sommet (l'obliquité de l'écliptique) vaut environ $23^{\circ}26'$. À ce

mouvement, la précession, se superposent de petites oscillations périodiques, les nutations, dont la principale, en 18,6 ans, a une amplitude de 20". La précession-nutation est provoquée par l'action gravitationnelle conjointe de la Lune et du Soleil sur le bourrelet équatorial de la Terre, et de ce fait, fait l'objet de modèles relativement précis, donnant la position spatiale de l'axe de rotation à la milliseconde de degré près. L'axe de rotation oscille également dans la Terre de 1" au plus, principalement aux périodes de 430 jours et 365 jours. Le pôle de rotation est l'intersection de l'axe de rotation avec la surface de l'hémisphère nord. À l'heure actuelle la direction du pôle dans l'espace comme dans la Terre est mesurée avec une précision de l'ordre de 0,1 milliseconde d'arc.

Origine

On considère que les planètes se forment en même temps que leur étoile, par accréation et condensation d'un nuage de gaz et de poussières sous l'influence de la gravitation. Tous les modèles de formation planétaire commencent donc par la formation d'une, voire de deux ou plus, étoiles au sein d'un effondrement, suivie par l'accréation des poussières dans le disque résiduel circumstellaire (extrait de planète). Il est statistiquement peu probable que la somme des moments angulaires (moment angulaire) de chacune des particules ou météorites du disque circumsolaire qui a engendré la Terre par accréation soit nul. De plus, en se rapprochant de ce qui sera le centre de la future planète, les constituants accélèrent leur vitesse angulaire pour respecter le principe de conservation de la quantité de mouvement. La future planète tournera donc dans le sens de la somme des moments individuels et plus vite que la somme des vitesses. Une partie de l'énergie mécanique d'accréation (frottement) sera transformée en chaleur. L'élévation de température consécutive, si elle n'a pas permis de démarrer une réaction nucléaire a tout de même ramolli la Terre. Les forces conjuguées de la gravitation (forme sphérique) et de la force centrifuge (bourrelet à l'équateur) ont modelé cette forme que nous lui connaissons aujourd'hui avec cette vitesse de rotation conservée jusqu'à nous et que nous appelons « un jour », dans la direction approximative de l'étoile polaire et de ce côté que nous appelons *l'est*.

Difficulté de définition

Par analogie, lorsque l'on observe un essaim d'abeilles, son mouvement global de translation, par le vent par exemple, est facile à définir; mais son mouvement intrinsèque de rotation, lié aux mouvements des abeilles, l'est moins. La Terre n'étant pas un simple solide, il faut définir précisément sa rotation globale. Néanmoins, on connaît bien le mouvement des plaques tectoniques, du moins mesure-t-on précisément le déplacement d'un point de la croûte terrestre avec un GPS par exemple, ce qui permet d'établir une convention, dite de Tisserand, pour figer un modèle théorique, l'ITRS (Système International de Référence Terrestre) puis d'y caler un modèle pratique évidemment entaché d'erreur, l'ITRF (Repère de Référence Terrestre International).

Il ne reste plus, alors, qu'à tenir compte des autres facteurs intervenants dans les différents milieux et interfaces terrestres :

- des vents (aéronomie), de la marée atmosphérique, de la marée thermique solaire;
- des courants océaniques, des marées océaniques, des interactions Océan-Atmosphère;
- de la marée terrestre; des mouvements du manteau (le rebond post-glaciaire a déplacé énormément le pôle (nord) vers le Groenland, des mouvements de la graine du noyau et du noyau lui-même et enfin de l'interaction noyau-manteau;
- des interactions TAO (Terre-Atmosphère-Océan) : par exemple l'altitude de Brest varie beaucoup et celle de Rennes beaucoup moins.

La Terre ainsi « solidifiée » par ces différentes « réductions-d'erreurs-systématiques », il ne reste plus qu'à étudier l'action des astres sur ce solide, repéré par ses angles d'Euler (voir rotation).

Longueur du jour

La « longueur » du vecteur rotation, soit $\omega = 2\pi/T$ donne la longueur du jour stellaire T , c'est-à-dire l'intervalle de temps qui sépare deux passages consécutifs de la même étoile au méridien. Il est proche du jour sidéral, l'intervalle de temps qui sépare deux passages consécutifs du point vernal (animé de la précession) au méridien. Cependant on utilise la longueur du jour solaire $LOD = 1,002\ 737\ 811\ 911\ 354\ 48\ T$ (de l'anglais « Length of Day »), qui est l'intervalle de temps séparant deux passages consécutifs du « soleil moyen » au méridien. Le LOD vaut 86 400 s TAI (le jour atomique) à plus ou moins 5 ms près. L'International Earth Rotation Service détermine quotidiennement l'écart du

LOD avec le jour atomique. Cet écart présente une variation saisonnière de l'ordre de la milliseconde, à laquelle se superposent des oscillations à plus long terme entre 10 et 70 ans, atteignant 5 ms et difficilement prévisibles. Selon la théorie commune, ces oscillations sont provoquées par le couplage entre le noyau fluide et le manteau. Sur des échelles de temps encore plus grandes, la décélération de la rotation terrestre devient prédominante et entraîne une augmentation de la longueur du jour de deux à quatre millisecondes sur deux siècles. La longueur du jour est mesurée grâce à la technique GPS et les tirs lasers sur satellites artificiels avec une précision de l'ordre de $0,020 \text{ ms} = 20 \text{ } \mu\text{s}$. On peut ainsi calculer l'écart de la longueur du jour par rapport au jour atomique.

Herpolhodie

C'est le mouvement angulaire du vecteur rotation dans l'espace (plus précisément le système de référence céleste). Il est caractérisé par sa précession de période 26 000 ans, déjà détectée par Hipparque, et sa nutation. Il existe des irrégularités, car la Terre n'est pas totalement un solide.

Polhodie

De pôle hodos (le chemin) : C'est le mouvement du vecteur rotation dans le système de référence terrestre (ITRF : *international terrestrial reference frame*, défini correctement (la tectonique des plaques de quelques centimètres par an oblige sur un sol aussi mouvant d'avoir une convention précise si l'on veut détecter un mouvement au millimètre près). À l'heure actuelle, ce mouvement est relevé très précisément par géodésie satellitaire et le VLBI.

Arrêt

La force de gravitation tend à synchroniser la rotation d'un satellite avec la rotation du corps autour duquel il est en orbite, jusqu'à ce que les deux corps apparaissent fixes dans le ciel vus l'un de l'autre. Or la Terre est un satellite du soleil et a elle-même un satellite (la lune), ce qui soumet la Terre à (principalement) deux influences opposées.

- En tant que membre du couple Terre-Lune, la Terre devrait tourner sur elle-même en un mois lunaire. La vitesse de rotation de la Terre étant actuellement plus grande, il y a un ralentissement de la Terre et l'énergie de rotation ainsi récupérée est transférée en énergie potentielle de la Lune, qui se traduit par un éloignement de la Lune (qui augmente la durée du mois lunaire).
- En tant que membre du couple Soleil-Terre, la Terre devrait tourner sur elle-même en une année (elle aurait alors par rapport au soleil une « face éclairée » et une « face cachée », comme actuellement la Lune vis-à-vis de la Terre)

Des calculs suggèrent qu'il faudra plusieurs milliards d'années pour arriver à une synchronisation, voire plus que la durée de vie estimée du Soleil. La rotation du soleil sur lui-même, celle de la Terre autour du soleil, et celle de la lune autour de la terre seraient alors identiques.

B) Orbite

L'**orbite de la Terre** désigne l'orbite de la Terre autour du Soleil. Ce mouvement périodique suit la forme d'une ellipse presque circulaire dont la période de révolution correspond à une année sidérale, soit un peu plus de 365 jours. Conjuguée avec l'inclinaison de l'axe de rotation terrestre, l'orbite de la Terre entraîne le cycle annuel des saisons. Le mouvement de la Terre autour du Soleil s'effectue à une vitesse orbitale d'environ 30 km/s, entraînant à chaque année un parcours d'environ un milliard de km. Du point de vue du pôle Nord de la Terre, cette dernière parcourt son orbite dans le sens antihoraire. Cette direction correspond, à midi, à l'ouest d'un observateur situé sur l'équateur terrestre. L'orbite de la Terre se situe dans la zone habitable circumstellaire du Système solaire qui permet, notamment, la présence d'eau sous forme liquide à sa surface. Cependant, la variation périodique, sur des milliers d'années, de certains paramètres de l'orbite et de l'axe de rotation terrestres entraîne des périodes de glaciations plus ou moins étendues sur la planète. Décrite précisément à partir du XVII^e siècle, l'orbite de la Terre est la source de plusieurs étalons et référentiels, dont la durée de l'année, la longueur de l'unité astronomique, la valeur du parsec et le plan de l'écliptique.

Historique

La représentation de la Terre dans l'Univers a fait l'objet de plusieurs modèles au cours de l'histoire. L'idée que la Terre puisse être en mouvement et parcourir une orbite est relativement récente et n'est

acceptée que depuis quelques centaines d'années. Elle réfère à l'héliocentrisme, qui place le Soleil au centre avec les planètes qui tournent autour, formant le Système solaire.

Historiquement, l'héliocentrisme a été précédé par le géocentrisme, qui plaçait la Terre au centre de l'Univers avec l'ensemble de la voûte céleste tournant autour. L'*Almageste* de Ptolémée, publié au II^e siècle, est la référence sur le sujet pendant plus de mille ans.



Système héliocentrique simplifié de Copernic extrait de Des révolutions des sphères célestes (1543)

Bien que des idées héliocentriques auraient été exprimées dès l'Antiquité, ce n'est qu'à partir du XVI^e siècle qu'elles sont considérées sérieusement, lors de la publication de *Des révolutions des sphères célestes* (1543) par Nicolas Copernic, qui lance la révolution copernicienne. Freiné par une conception circulaire des orbites, qui n'augmente pas la précision des observations par rapport au modèle géocentrique, ainsi que par les autorités religieuses de l'époque, l'héliocentrisme mettra encore plus d'une centaine d'années avant de s'imposer en Occident.

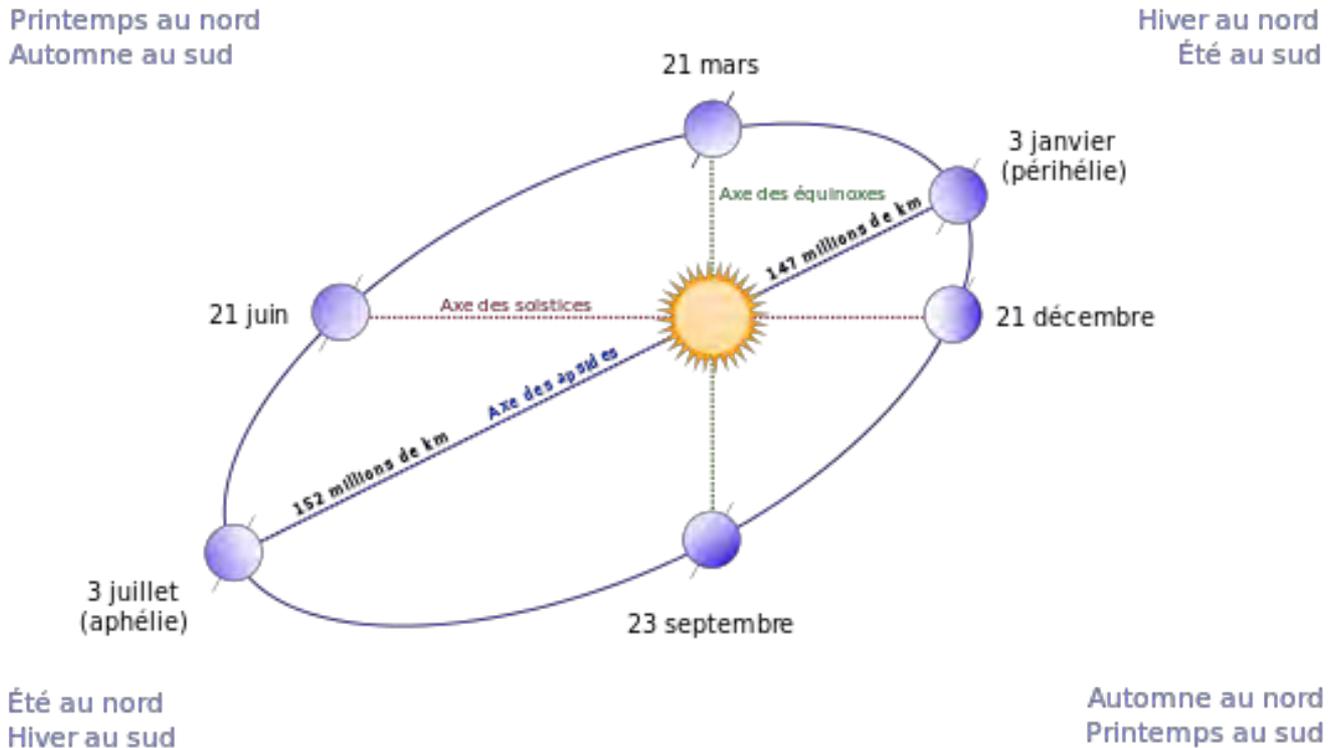
Au début du XVII^e siècle, Johannes Kepler affirme que les orbites des planètes sont des ellipses. L'astronome établit les lois de Kepler, qui permettent de décrire la position des planètes avec une précision beaucoup plus grande que celle donnée par les modèles géocentrique et héliocentrique circulaire. Ces lois seront expliquées plus tard par la loi universelle de la gravitation, exposée par Isaac Newton dans les *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Cette dernière consolidera définitivement l'héliocentrisme comme modèle décrivant l'organisation des corps du Système solaire.

Caractéristiques physiques

La Terre effectue un tour complet tous les 365,256363004 jours, ce qui correspond à une année sidérale. La vitesse orbitale de la Terre est de 29,78 km/s, ce qui est assez rapide pour couvrir le diamètre de la planète (12 700 km) en sept minutes ou parcourir la distance Terre-Lune (~384 000 km) en quatre heures. Du point de vue des pôles nord de la Terre et du Soleil, la Terre tourne dans le sens antihoraire sur son orbite et sur son axe, tout comme le Soleil tourne en sens antihoraire sur son axe selon ce point de vue. Ce parcours suit la forme d'une ellipse d'une excentricité d'environ 0,0167. L'orbite de la Terre n'est donc pas un cercle parfait avec pour milieu le Soleil. Le Soleil est plutôt déphasé sur l'un des foyers de l'ellipse. Le schéma suivant montre la relation entre la ligne des solstices, la ligne des équinoxes et la ligne des apsides de l'orbite de la Terre. Le périhélie se situe entre le 2 et le 5 janvier, alors que l'aphélie se situe entre le 3 et le 5 juillet. Les solstices se situent entre le 20-21 juin et le 21-22 décembre, alors que les équinoxes se situent entre le 19-21 mars et le 22-23 septembre. À long terme, les caractéristiques physiques de l'orbite de la Terre ne sont pas stables. Elles sont influencées, notamment, par l'interaction gravitationnelle que s'exercent entre eux les corps célestes.

Caractéristiques futures

Des mathématiciens et astronomes tels Laplace, Lagrange, Gauss, Poincaré, Kolmogorov, Vladimir Arnold et Jürgen Moser, ont cherché à prouver la stabilité des mouvements planétaires. Cela a conduit à de nombreux développements mathématiques montrant une certaine stabilité des orbites planétaires du Système solaire. Cependant, le problème s'assimile à un problème à N corps, pour lequel il n'existe pas de nos jours de solution exacte. Par contre, une étude de Jacques Laskar publiée en 1989 montre que le Système solaire, et plus particulièrement le Système solaire interne (Mercure, Vénus, Terre et Mars), est chaotique à partir d'une échelle de temps de quelques dizaines de millions d'années, avec un temps de Lyapounov (en) évalué à 5 millions d'années.



*Schéma de l'orbite de la Terre. La forme elliptique est ici **très fortement** exagérée*

C) Inclinaison de l'axe et saisons

L'**inclinaison de l'axe** ou **obliquité** est une grandeur qui donne l'angle entre l'axe de rotation d'une planète (ou d'un satellite naturel d'une planète) et une perpendiculaire à son plan orbital. Dans le système solaire, les planètes ont des orbites qui se situent toutes à peu près dans le même plan. Celui de la Terre est appelé l'écliptique. Chaque planète tourne en outre autour de son axe de rotation, phénomène à l'origine de la succession des jours locaux de chaque planète. Cet axe de rotation n'est jamais perpendiculaire au plan orbital de la planète, mais incliné d'un certain angle, très variable suivant les planètes du système solaire. Toujours suivant les planètes, cet axe est soumis au phénomène de la précession, de façon plus ou moins marquée. Mais en première approximation, cet axe de rotation garde à court terme une direction fixe dans l'espace. Dans le cas de la Terre, cet angle était de $23^{\circ} 26' 14,427''$ (ou 23.4373408135°) au 1^{er} janvier 2015, soit $0,468''$ de moins qu'il y a un an. Il est à noter que cette donnée tient compte de la nutation dont l'angle était de $-9,540''$ au 1^{er} janvier 2015. Par simplification de langage, on assimile parfois inclinaison de l'axe et inclinaison de l'écliptique. On parle aussi d'obliquité de l'écliptique. Du fait de la précession, l'inclinaison de l'axe de la Terre perd de nos jours environ $0,4680''$ par an. Selon Ptolémée, ce fut Ératosthène (v. 276 - v.194 av. J.-C.) qui fut le premier à démontrer l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur. Il établit sa valeur à $23^{\circ}51'$. Mais Pythéas avait déjà effectué ces calculs presque un siècle avant grâce à ses mesures faites à Marseille et validées par l'observation du soleil de minuit au-delà du cercle polaire lors de son expédition vers 325 à 300 av. J.-C. L'astronome danois Tycho Brahe la détermina en 1587 à $23^{\circ}30'30''$. C'est l'existence et le maintien de cette inclinaison naturelle qui entraîne, par le déplacement de la planète sur son orbite, la succession des saisons. Ainsi,

pour la Terre, de mars à septembre, la partie nord du globe voit le Soleil plus haut à midi dans le ciel que la partie sud, et c'est l'été dans l'hémisphère nord. Comme les rayons solaires arrivent sur Terre avec un angle plus proche de 90° , une même unité de surface reçoit plus de rayons lumineux qu'à midi dans le sud à la même époque. Du fait de cette inclinaison, le Soleil se lève plus tôt, se couche plus tard, et les jours sont de fait plus longs. Les rayons solaires dans l'hémisphère sud sont beaucoup plus inclinés et arrosent une plus grande surface, ils distribuent donc moins de chaleur par unité de surface : c'est l'hiver. Le Soleil paraît aussi plus bas sur l'horizon et les jours sont plus courts, avec un astre qui se lève plus tard et se couche plus tôt. Ces effets sont d'autant plus prononcés que la latitude de l'observateur est grande. À l'équateur, l'effet est d'ailleurs strictement nul, et la durée du jour et de la nuit ne varie pas (même si la position du Soleil dans le ciel varie). Aux pôles, l'effet est extrême, si bien que le jour et la nuit y durent 6 mois chacun. D'un point de vue astronomique, on peut noter quatre points particuliers sur la trajectoire d'une planète en fonction de son inclinaison :

- lorsque le côté nord de l'axe de la Terre penche vers le Soleil, c'est le solstice de juin, le jour le plus long pour l'hémisphère Nord. Le Soleil à midi est au zénith du tropique du Cancer, qui a une latitude de $23^\circ 26' 15''$ nord. C'est le jour le plus court pour l'hémisphère Sud;
- lorsque le côté sud de l'axe de la Terre penche vers le Soleil, c'est le solstice de décembre, le jour le plus court pour l'hémisphère nord. Le Soleil à midi est au zénith du tropique du Capricorne, qui a une latitude de $23^\circ 26' 15''$ sud. C'est le jour le plus long pour l'hémisphère Sud;
- les deux autres points correspondent aux équinoxes de printemps et d'automne. L'axe se trouve alors dans un plan orthogonal à la direction du Soleil; la durée des jours est égale à celle des nuits, au nord comme au sud, et le Soleil à midi est au zénith de l'équateur.

En ce qui concerne la Terre, une propriété importante de l'obliquité est la variation cyclique de sa valeur : celle-ci varie entre $24,5044^\circ$ (ou $24^\circ 30' 16''$) et $22,0425^\circ$ (ou $22^\circ 2' 33''$), suivant un cycle de 41 000 années. Les saisons varient donc suivant les millénaires de forte inclinaison ou d'inclinaison plus faible, une inclinaison plus forte impliquant des saisons plus marquées. Ce caractère cyclique est utilisé en cyclostratigraphie. Il a été démontré récemment par J. Laskar que la Lune stabilise la valeur de l'obliquité autour de 23° , et l'empêche ainsi de varier de façon chaotique. D'après W.R. Ward, le rayon de l'orbite de la Lune (lequel est en permanence en train de croître à cause des effets de marées) passera de 60 à 66,5 fois le rayon de la Terre en environ 1,5 milliard d'années. Une résonance planétaire se produira alors, induisant des oscillations de l'inclinaison entre 22° et 38° . Ensuite, en approximativement 2 milliards d'années, quand la Lune atteindra la distance de 68 fois le rayon de la Terre, une autre résonance provoquera de plus grandes oscillations, entre 27° et 60° . Ceci aura des effets extrêmes sur le climat.

L'angle d'inclinaison de la Terre est relativement stable au cours du temps. L'inclinaison entraîne la nutation, un balancement périodique ayant une période de 18,6 années. L'orientation (et non l'angle) de l'axe de la Terre évolue et réalise un cycle complet en 25 771 années. Cette précession des équinoxes est la cause de la différence de durée entre une année sidérale et une année tropique. Ces deux mouvements sont causés par le couple qu'exercent les forces de marées de la Lune et du Soleil sur le renflement équatorial de la Terre. De plus, les pôles se déplacent périodiquement par rapport à la surface de la Terre selon un mouvement connu sous le nom d'oscillation de Chandler. À l'époque moderne, la périhélie de la Terre a lieu vers le 3 janvier et l'aphélie vers le 4 juillet. Ces dates évoluent au cours du temps du fait de la précession et d'autres facteurs orbitaux qui suivent un schéma cyclique connu sous le nom de paramètres de Milanković.

1) Paramètres de Milanković

Les paramètres de Milanković sont le nom donné aux paramètres astronomiques terrestres qui ont un effet sur les changements climatiques. On parle aussi de **cycles de Milanković**. Ces paramètres sont l'excentricité, l'obliquité et la précession. La terminologie de « paramètres de Milanković » est surtout utilisée dans le cadre de la théorie astronomique des paléoclimats. Joseph-Alphonse Adhémar, James Croll et Milutin Milanković sont les principaux scientifiques ayant avancé l'idée que ces trois paramètres interviennent dans les variations climatiques naturelles, en particulier sur Terre. Cette hypothèse n'a été soutenue par des données expérimentales cohérentes qu'en 1976, avec l'article fondamental de Hays, John Imbrie et Shackleton. Ces changements climatiques naturels ont pour principale conséquence les périodes glaciaires et interglaciaires. Leur étude en termes de phénomènes périodiques est du ressort la cyclostratigraphie.

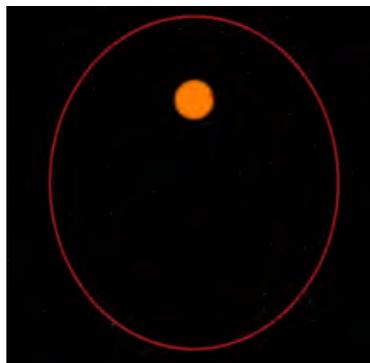
2) Les paramètres de la Terre

La théorie des paramètres de Milanković s'applique à toutes les planètes. Le climat de Mars a notamment été étudié. Pour la suite, nous étudierons le cas de la Terre en utilisant un système de coordonnées écliptiques dans lequel le soleil sera fixe. Lorsque cela n'est pas précisé, l'hémisphère nord est pris en exemple pour les étés ou les hivers.

3) L'excentricité de l'orbite terrestre



Excentricité nulle de l'orbite terrestre

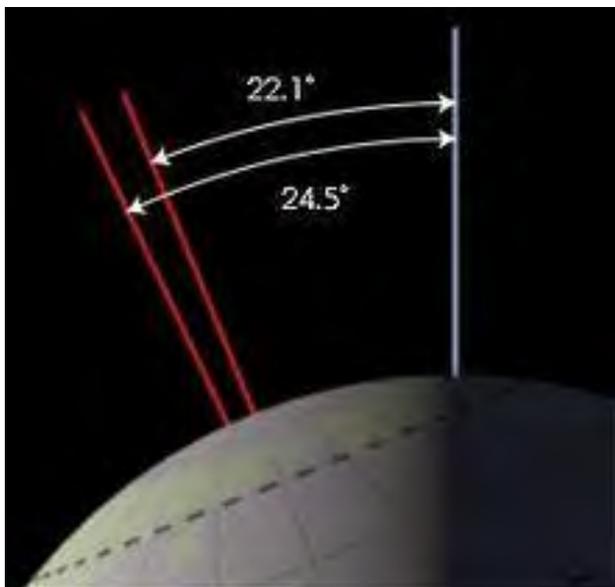


Excentricité maximale

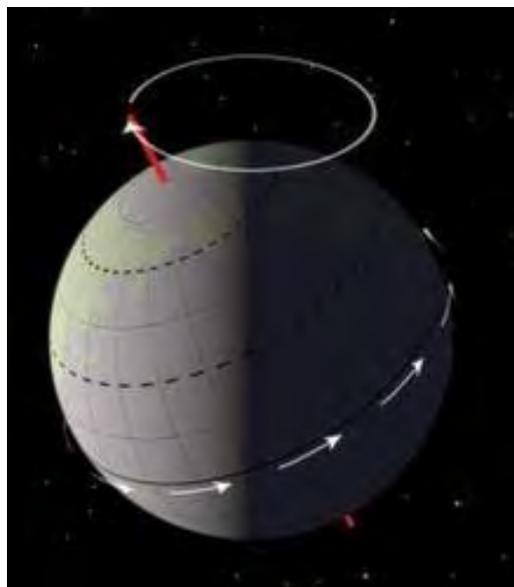
L'orbite terrestre décrit une ellipse dont le Soleil occupe l'un des foyers. L'excentricité de l'ellipse est une mesure de la différence entre cette ellipse et le cercle. La forme de l'orbite terrestre varie dans le temps entre une forme quasi circulaire (excentricité faible de 0,005) et une forme plus elliptique (excentricité élevée de 0,058). La principale composante de cette variation fluctue sur une période de 413 000 ans. D'autres composants de cette variation fluctuent sur des périodes entre 95 000 et 125 000 ans. L'excentricité actuelle de la terre est de 0,017. Cette excentricité est due aux attractions gravitationnelles exercées entre la Terre et les autres planètes du système solaire ainsi que le Soleil, selon les lois de Newton.

4) L'obliquité terrestre

L'obliquité de la terre, aussi appelée inclinaison terrestre, correspond à l'angle entre son axe de rotation et un axe perpendiculaire au plan de son orbite. L'obliquité terrestre varie entre $22,1^\circ$ et $24,5^\circ$ approximativement tous les 41 000 ans. Quand l'obliquité croît, les deux hémisphères reçoivent plus de radiation du soleil en été et moins en hiver. Cette obliquité est due elle aussi aux interactions gravitationnelles que la Terre subit de la part des planètes. Cette variation est faible par rapport à la variation de l'obliquité martienne qui varie entre $14,9^\circ$ et $35,5^\circ$. Actuellement, la Terre possède une obliquité de $23,44^\circ$. Ce qui correspond à une valeur moyenne entre les deux extrema. L'obliquité est dans une phase descendante et atteindra son minimum dans environ 10 000 ans. En prenant comme seul paramètre d'influence l'obliquité, les étés deviendraient plus froids et les hivers plus chauds.



Variation de l'obliquité terrestre



La précession terrestre

5) La précession terrestre

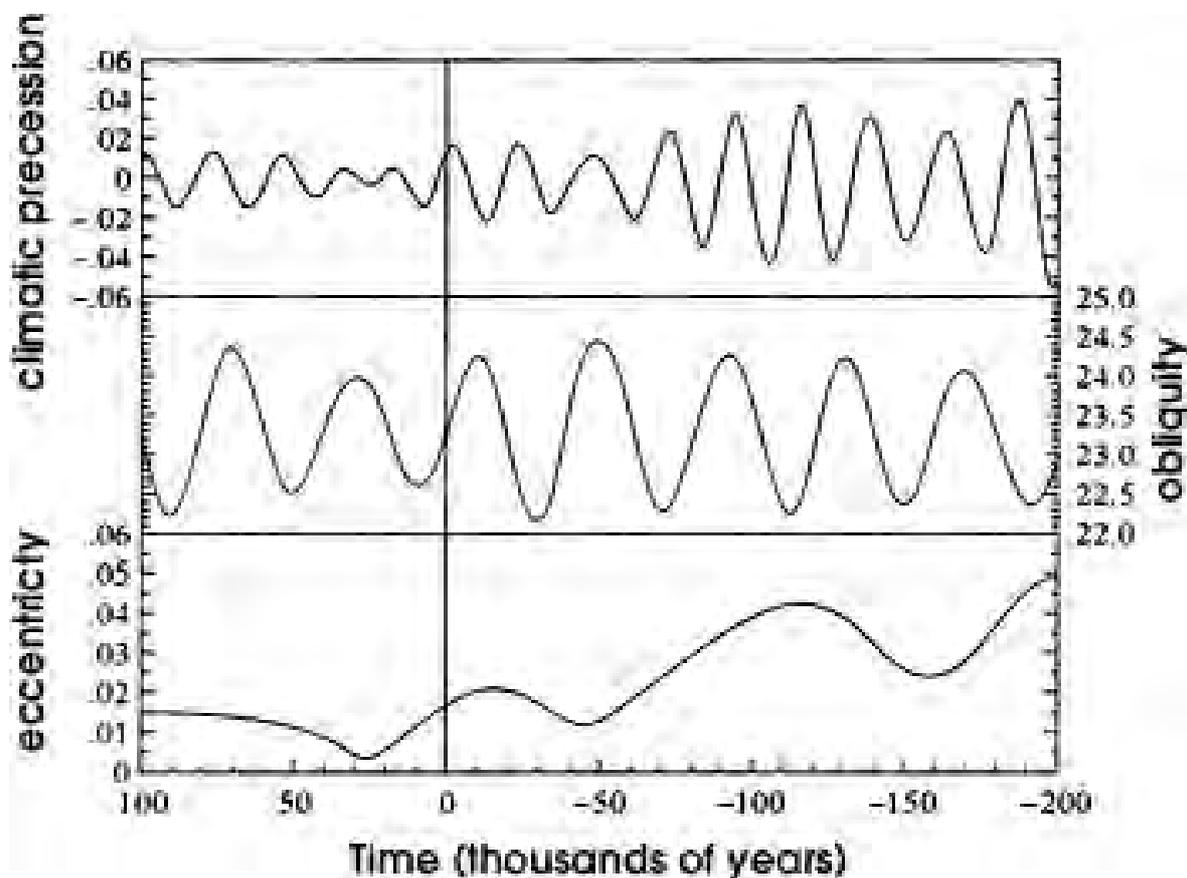
La Terre ne tourne pas sur elle-même comme un ballon parfaitement sphérique mais plutôt comme une toupie car elle est soumise à la précession. Cette précession provient du fait que les attractions du Soleil et de la Lune ne sont pas uniformes sur Terre à cause du bourrelet équatorial de la Terre. Ceci a deux conséquences différentes :

- D'un côté, cela va influencer sur l'indication du Pôle Nord céleste (*quelle étoile nous indique le nord*). Reprenons pour cela notre toupie : *La toupie tourne dans un premier temps de façon droite puis, en perdant sa vitesse, sa tige va commencer à dessiner une sorte de cercle*. Cette tige sur Terre est en réalité l'axe nord-sud (passant par les deux pôles géographiques), cet axe dessine dans l'espace un cercle par rapport au pôle Nord céleste (*qui ne varie pas*). L'axe nord-sud effectue le cercle complet en 25 760 ans. Aujourd'hui, α Ursae Minoris, appelée étoile polaire, se situe à $0,8^\circ$ du pôle Nord céleste.
- D'un autre côté, cela influence sur ce que l'on appelle la précession des équinoxes (*ce qui détermine les « changements de saisons » astronomiquement parlant*). Le point vernal rétrograde (*se déplace vers l'ouest*) de $50,38''$ par an, mais la précession due aux autres planètes du système solaire (*donc hors Soleil et Lune*) est de $0,12''$ dans le sens inverse; donc la précession se fait de $50,26''$ par an vers l'ouest.

6) La nutation

La précession de l'axe de rotation terrestre dessine un cercle sur la sphère céleste. Cependant ce cercle n'est pas parfait. L'attraction de la Lune (et du Soleil mais dans une moindre mesure) implique ce qu'on appelle la nutation. En effet, la Lune attire la Terre (*nous pouvons d'ailleurs le voir avec le phénomène des marées*) et cette attraction se remarque par une légère oscillation (ayant la forme d'une sinusoïde) de l'axe de rotation terrestre. Cette oscillation parcourt un cycle complet en 18,6 années. Le phénomène résulte du fait que l'influence de la Lune n'est pas toujours identique au cours du temps : elle est minimale lorsque la distance angulaire entre la Lune et l'équateur est la plus petite, elle est maximale lorsque la distance est la plus grande. Comme ce phénomène n'est pas très influent pour le sujet, nous allons l'ignorer pour les conséquences des paramètres de Milanković.

7) Les conséquences sur Terre



Les variations de tous les paramètres (Temps en milliers d'années)

a) Les conséquences de l'excentricité terrestre

L'excentricité est l'un des facteurs les plus importants dans les changements climatiques naturels puisque la Terre au périhélie peut recevoir de 20 à 30 % d'énergie (*émise par le Soleil*) de plus qu'à l'aphélie. Étant donné que l'excentricité n'est pas liée aux changements de saisons, cela peut avoir deux conséquences différentes :

- Si l'été correspond au périhélie et l'hiver à l'aphélie alors la Terre reçoit beaucoup d'énergie en été et moins en hiver, donc il y a des étés «chauds» et des hivers «froids».
- Si par contre l'été correspond à l'aphélie et l'hiver au périhélie (*comme «plus ou moins» actuellement dans l'hémisphère nord*), la Terre reçoit peu d'énergie en été mais plus en hiver, donc les étés sont «frais» et les hivers sont «doux».

b) Les conséquences de l'obliquité terrestre

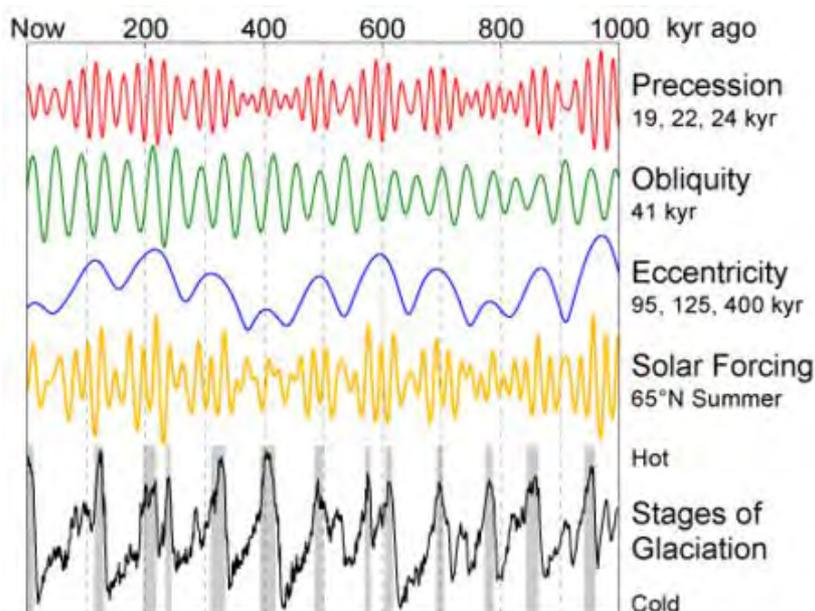
L'obliquité possède une influence sur les saisons. En effet, si la Terre est dans une période de forte inclinaison par rapport au Soleil, alors les saisons seront très marquées (*différences importantes entre été et hiver*) et à l'inverse une faible inclinaison homogénéise les saisons (*peu de différences entre l'été et l'hiver*). Cependant, il faut préciser que ces différences se sentent seulement lorsque l'on s'éloigne de l'équateur, où l'obliquité a peu d'influence (*dans un climat équatorial on trouve 2 périodes très chaudes et très humides aux équinoxes et 2 périodes relativement froides et sèches aux solstices, dont l'intensité varie avec l'obliquité*).

c) Les conséquences de la précession terrestre

La précession a deux conséquences. La première n'a aucune influence sur les changements climatiques, (*elle est indiquée pour information*), l'étoile qui pointe le pôle nord céleste change avec le temps. En effet, aujourd'hui il s'agit de α Ursæ Minoris (l'étoile polaire dans la Petite Ourse) mais dans 12 000 ans, ce sera Véga. Plus intéressant, la précession des équinoxes n'influence pas directement les changements de température; en fait la précession est responsable de la date du changement de saisons (*printemps/été par exemple*). Il faut savoir que les saisons sont délimitées par ce que l'on appelle la ligne des solstices et la ligne des équinoxes : *Exemple simple : lorsque la Terre dépasse la ligne des solstices le jour du solstice d'été, la Terre rentre dans l'été.*

La précession agit donc sur la croix formée par ces lignes, elle la fait tourner autour du Soleil. En d'autres termes, le 21 juin n'est pas (*astronomiquement parlant*) toujours le jour du solstice d'été. De cela, nous pouvons donc dire qu'une année selon le calendrier n'équivaut pas à une année astronomique. *Plus simplement, les 365,25 jours ne correspondent pas à un tour (parfait) de la Terre autour du Soleil.* Cet effet est donc indirect, mais pour les scientifiques, il est important.

d) Les conséquences de ces trois facteurs



Les variations et la conséquence sur la température. 1 kyr = 1 kiloyear = 1000 ans)

Ces trois facteurs combinés ont donc différentes conséquences:

- La variation d'énergie solaire reçue sous les hautes latitudes au cours de l'année.
- Les différences de température entre les continents et les océans à cause de l'albédo.
- Les variations sur les changements de saison (*plus élevées aux hautes latitudes*).
- Les différences de température entre les hémisphères dues à l'inclinaison.
- Par contre, ces paramètres n'ont aucune influence sur la quantité totale annuelle d'énergie solaire reçue par la Terre.

Confirmation de cette théorie

Suite au forage de Vostok (Antarctique), les chercheurs ont pu étudier le rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ (qui est noté $\delta^{18}\text{O}$) dans la glace extraite. Ils se sont aperçus que la courbe représentant le rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ avait des similitudes avec la courbe issue des cycles de Milanković. Étant donné que la correspondance température / $\delta^{18}\text{O}$ est fermement établie, on peut alors penser que les paramètres de Milanković peuvent être la cause des changements climatiques naturels.

Depuis que ces variations orbitales sont établies, les scientifiques tentent de trouver un modèle capable de relier insolation à 65° et $\delta^{18}\text{O}$ marqueur des variations passées du climat. Ce n'est pas évident à trouver car la fonte d'un inlandsis est mal cernée. Dans le passé récent (-1 million d'années), la périodicité est de l'ordre de 100 000 ans avec environ 90 000 ans d'englacement et 10 000 de dégel ; mais au-delà, le forçage est plutôt à une période de 41 000 ans (c'est la transition du Pléistocène moyen), correspondant à un forçage plus direct par l'obliquité. Les forages benthiques permettent de remonter jusqu'au Néogène, ce qui a permis de fonder la nouvelle échelle de temps géologique (ATNTS 2004).

Autre phénomène avancé par nombres d'astrologues et qui ne peuvent que nous faire mourir de rire !

L'influence des planètes sur les individus.

En physique on peut considérer qu'en dehors du Soleil, aucun effet électromagnétique ne peut exister (sauf la Terre). Il nous chauffe, nous éclaire et nous envoie de nombreux éléments. Mais son influence est assez faible, notamment parce que nous sommes protégés par notre atmosphère et notre magnétosphère.

L'autre force qui peut exister est la force gravitationnelle de certains corps. Ici, seul le Soleil et la Lune ont une influence sur la Terre, celles des marées sur nos océans (et pas nécessairement sur les êtres humains), les autres éléments du système solaire sont trop petits et/ou trop éloignés pour avoir une quelconque influence.

Alors, quand on entend dire par un astrologue que, par exemple, l'influence de Pluton peut jouer sur votre santé ou votre vie ou autre chose... Bravo ! L'influence gravitationnelle de Pluton (qui n'a été découverte qu'en 1930) est **un milliard de fois plus faible** que celle de la Lune qui, elle-même n'est pas très forte, bien que très près de nous !!

Ça vaut aussi pour les forces de marées, bien connues sur la Terre, grâce à l'influence conjuguée du Soleil (un peu) et de la Lune (surtout). Si on prend l'unité 1 pour les forces de marées venant de la Lune, elles sont de 0,4 pour le Soleil et de 0,000 006 pour Jupiter, qui est pourtant la plus grosse planète du système solaire, avec un diamètre de 12 fois la Terre et une masse de 318 fois celle de la Terre.

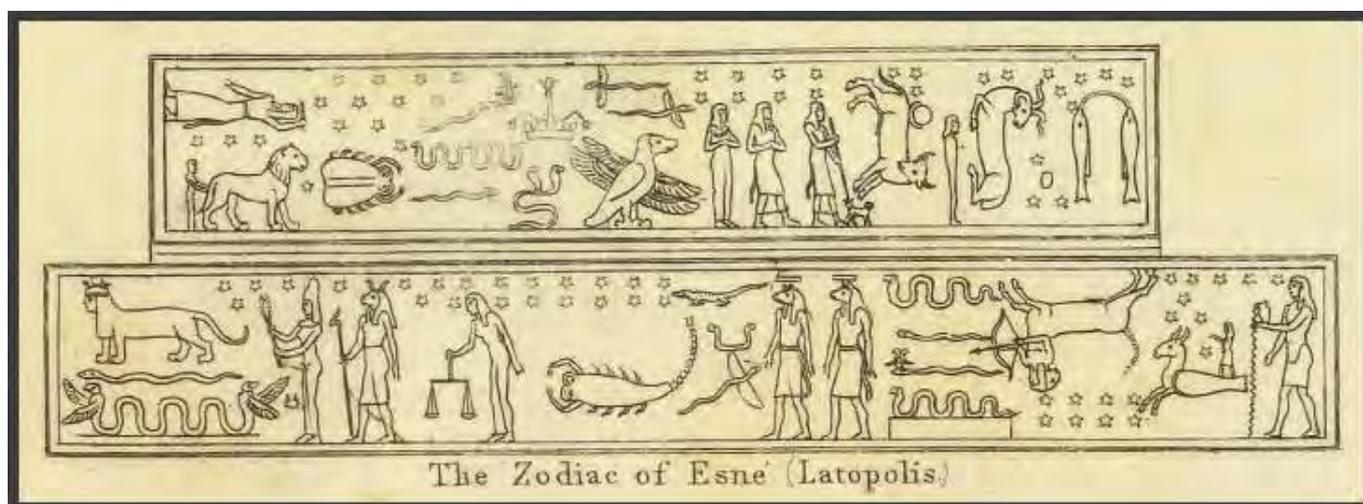
En gros, le principal effet gravitationnel perçu par les humains est celui de notre propre planète, car nous vivons dessus. On ressent la gravité de la Terre 200.000 milliards de fois plus que celle de Pluton !! C'est dire si Pluton et, dans une moindre mesure Neptune et Uranus nous influencent. La petite planète naine, Cérès, qui se trouve dans la ceinture d'astéroïdes et qui est 2 fois et demi plus petite que Pluton est pourtant très légèrement plus influente sur le plan gravitationnel que Pluton, car plus proche de nous. Avez-vous vu des thèmes astrologiques où l'on néglige Pluton au profit de Cérès ?? On devrait...

Annexe 3 : Iconographie

A) Les zodiaques de l'Égypte ancienne



Le zodiaque de Denderah

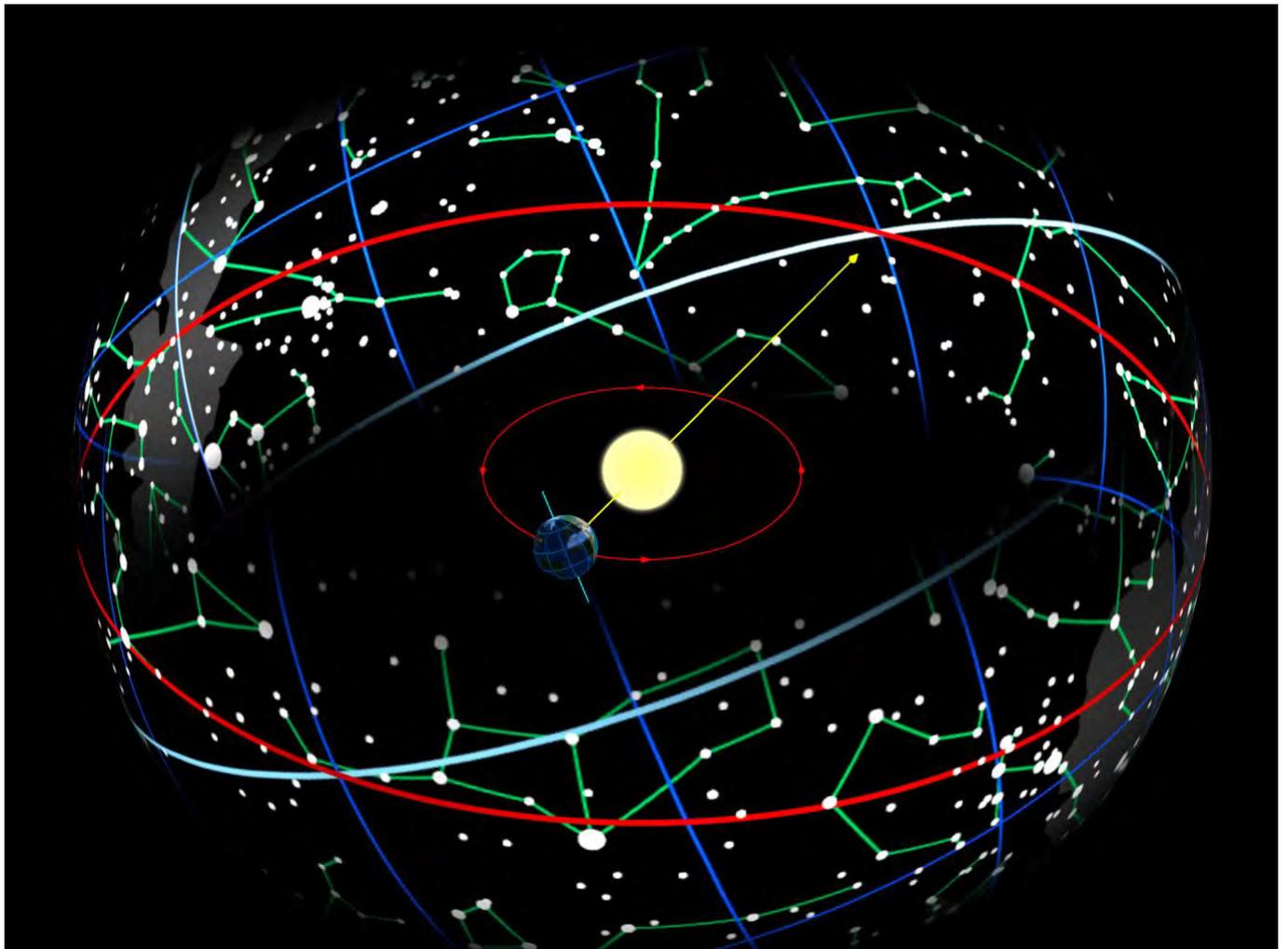
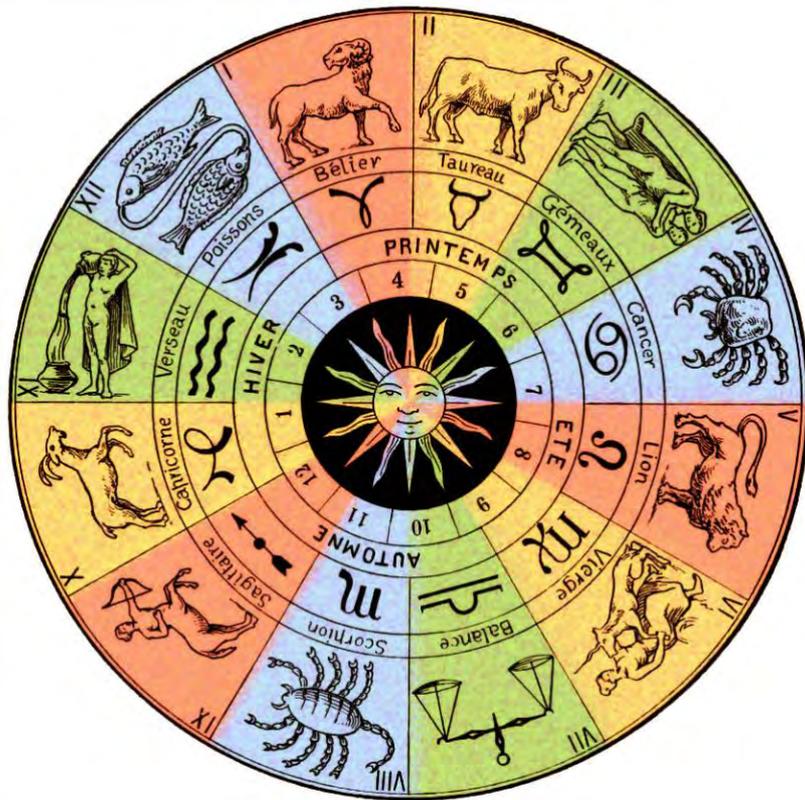




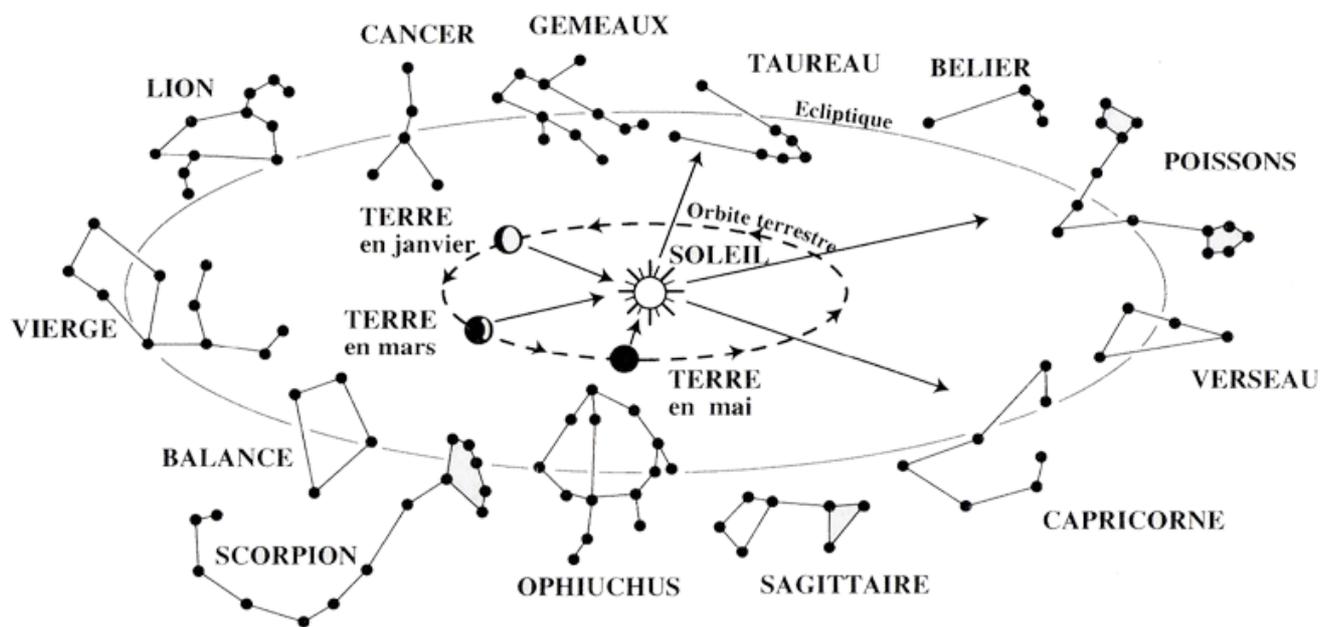
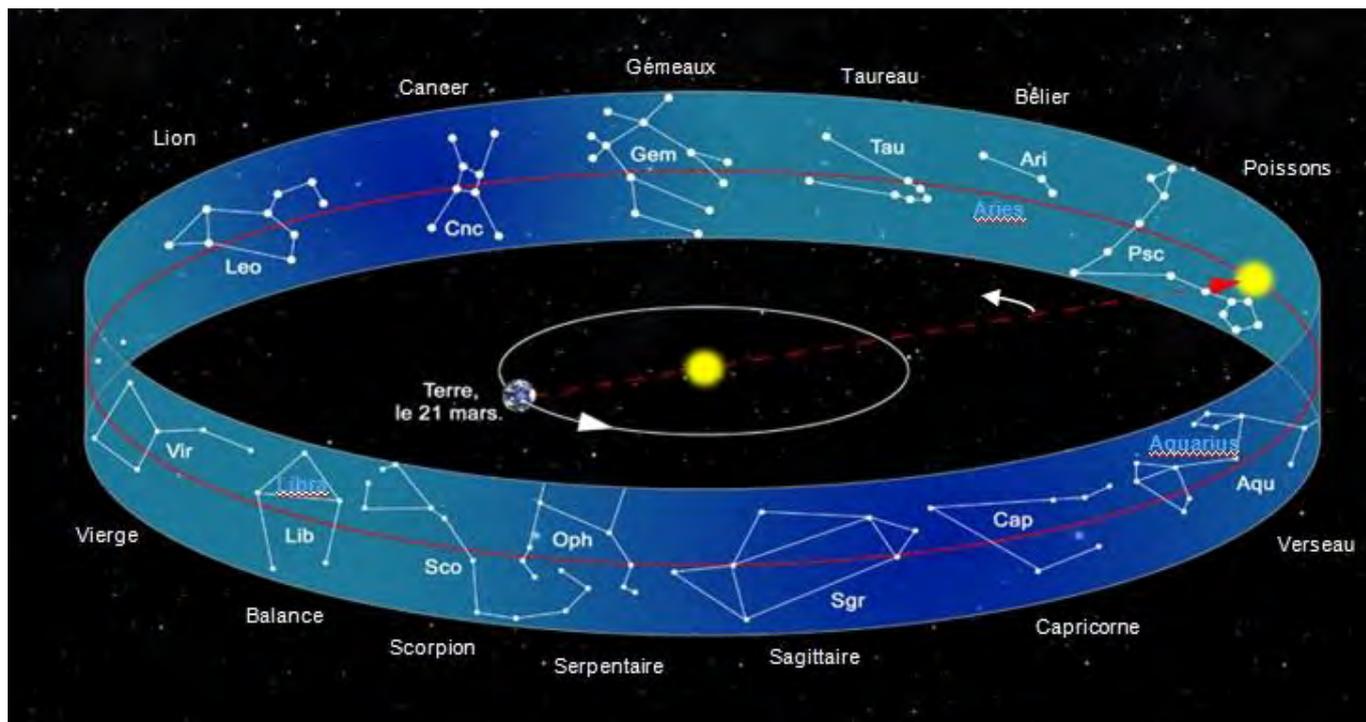
Le zodiaque de Denderah

B) Les zodiaques « traditionnels », à 12 signes.





C) Les zodiaques astronomiques, à 13 constellations, donc à 13 signes.
 Ophiuchus, ou le Serpentaire, se situe entre le Scorpion et le Sagittaire

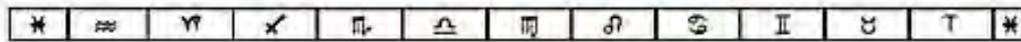


Les 13 constellations du Zodiaque

COMPARAISON ASTRONOMIQUE ET ASTROLOGIQUE DU ZODIAQUE

Winter Solstice			Fall Equinox			Summer Solstice			Spring Equinox		
Winter			Fall			Summer			Spring		
February	January	December	November	October	September	August	July	June	May	April	March

carte astrologique du zodiaque



carte astronomique du zodiaque

