

N° 28

LA TERRE, UNE PLANÈTE PAS COMME LES AUTRES

Paul DELAUNAY



Les Cahiers de la SAN

**LA TERRE
UNE PLANÈTE
PAS COMME LES AUTRES**

Paul DELAUNAY

Qualité auteur

Édition 2011

Les « **Cahiers de la SAN** » sont édités par la Société d'Astronomie de Nantes,
Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports.

35, boulevard Louis-Millet

44300 NANTES

Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23 - E-mail : san@san-fr.com

© Toute reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit,
sans l'autorisation de la Société d'Astronomie de Nantes, est interdite.

LA TERRE UNE PLANÈTE PAS COMME LES AUTRES

Introduction

Aujourd'hui, dès qu'un évènement se produit, on en fait un film ! Dans son n° 228 (septembre 1988) l'excellente revue *Ciel et Espace*, sous la signature de l'astronome-journaliste Pierre KOHLER, donne une idée de ce que serait l'*Histoire de la planète Terre* portée à l'écran :

« Imaginons que l'on veuille faire tenir dans la durée d'un film standard de 100 minutes les 4,6 milliards d'années déjà vécues par la Terre chaque minute représenterait 46 millions d'années de temps réel, la vie de la planète défilant à raison de 767 000 ans par seconde ! Au rythme de 24 images par seconde, la toute dernière vue contiendrait à elle seule 32 000 ans d'Histoire... de Cro-Magnon à aujourd'hui sur la même image !... »

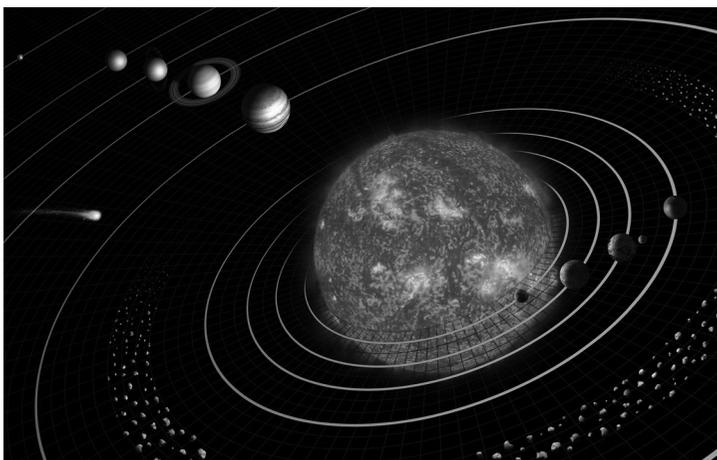
Ces chiffres sont édifiants et montrent bien qu'en Astronomie, le plus souvent, on ne peut pas expérimenter « grandeur nature » ! L'exemple ci-dessus prouve donc que, sans brûler des étapes, on ne peut pas raconter l'histoire de la Terre, notre Histoire.



Nous nous contenterons ici de revivre les principaux épisodes vécus par notre planète.

Ce petit ouvrage est dédié à tous ceux qui se mobilisent pour que la Terre survive aux effets désastreux de la « civilisation » industrielle (un progrès...paraît-il !).

Où situer la Terre dans l'Univers ?



La Terre est une planète qui orbite autour d'une étoile : le Soleil. La distance moyenne Terre-Soleil est d'environ 150 millions de km (149,6 plus précisément... et même 149,58 si vous y tenez vraiment !). Cette distance sert d'unité dans le Système solaire : c'est l'Unité Astronomique, dite "UA".

La vie a pu se développer sur Terre parce qu'elle était située à bonne distance du Soleil (ni trop près, ni trop loin) et aussi parce que sa masse était suffisante pour retenir une atmosphère ; la Lune, 81 fois moins massive que la Terre, a laissé partir dans l'espace les gaz qui auraient pu constituer son atmosphère !

La Terre n'est pas seule à graviter autour du Soleil : à ce jour, nous connaissons neuf planètes, des milliers d'astéroïdes (mini-planètes), des millions de comètes.

Tous ces objets forment le Système solaire qui fait lui-même partie d'un ensemble plus grand appelé : la Galaxie.



Notre galaxie s'appelle la Voie Lactée ; elle compte environ 200 milliards d'étoiles.

Cette bande laiteuse (Voie lactée) que l'on observe par nuits claires est la direction du centre de notre galaxie.

Les étoiles paraissent si proches les unes des autres qu'on ne peut les distinguer séparément à l'œil nu.

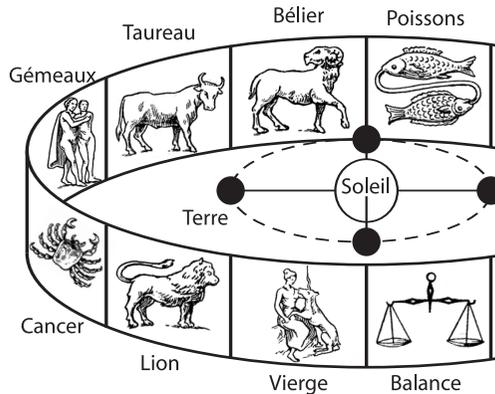
La nuit, en dehors des lumières des villes, nous pouvons voir des centaines d'étoiles : ce sont des soleils lointains. Certaines étoiles brillantes semblent dessiner des figures (triangles, trapèzes, carrés, etc.), ce sont les Constellations. Les noms des 88 constellations visibles des deux hémisphères de la Terre ont été donnés arbitrairement par l'homme et n'ont aucune valeur scientifique, les constellations permettent seulement de se repérer plus facilement parmi les étoiles. Dans la majorité des cas, les étoiles brillantes qui forment des figures parfois remarquables sont en réalité très éloignées les unes des autres.

Au cours de l'année, le Soleil semble se déplacer à travers certaines constellations . le Zodiaque. Du fait que les dimensions angulaires de ces constellations sont irrégulières, le Soleil ne reste pas 30 jours dans chacune d'entre elles : le Scorpion est "traversé" en 7 jours, le Taureau en 39 jours... et le zodiaque comprend non pas 12 mais 13 constellations.

En effet, il ne faut pas oublier Ophiuchus (dit aussi

"Serpentaire") qui "reçoit" le Soleil pendant presque trois semaines en décembre.

L'astrologie et ses adeptes exploitent largement ce mouvement pourtant naturel (c'est bien sûr la Terre qui tourne) et réalise avec ce commerce malhonnête de juteux bénéfices... Il faut dire que les gogos se bousculent en grand nombre au portillon : y'a bon !...



Histoire d'une planète

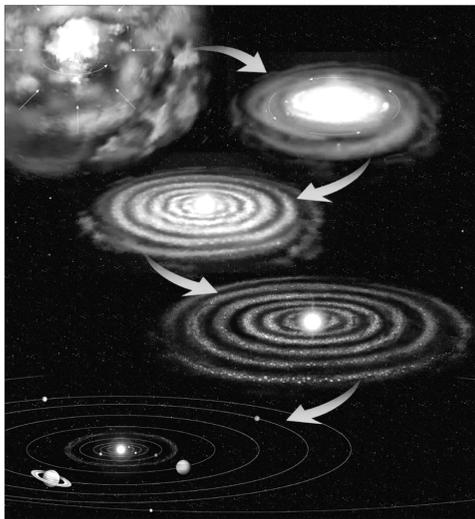
Pour remonter aux origines de la Terre, il faut retourner quasiment 5 milliards d'années en arrière.

Dans une région de notre galaxie, se trouvait une nébuleuse, mélange de gaz et poussières cosmiques. Après fragmentation, la nébuleuse se condensa pendant des millions d'années. 99,98% de cette matière formèrent le Soleil ; le reste, des "miettes", donna naissance aux planètes (dont la Terre) et aux autres objets cités plus haut.

Pendant encore des millions d'années, les collisions incessantes provoquèrent un vrai jeu de massacre. Des agglomérats de matière se sont formés et ont été détruits ; certains ont résisté et finalement il y a eu 9..."vainqueurs" : les planètes. La Terre occupe la troisième place en partant du Soleil (après Mercure et Vénus).

L'aspect actuel de la Terre lui vaut le nom de "Planète bleue" ; c'est un stade provisoire (et fragile) de son évolution. À ses débuts elle était bien différente.

Après s'être solidifiée, sa surface continua d'être bombardée par des débris rocheux ; d'innombrables cratères se



formèrent. Cela dura plusieurs centaines de millions d'années.

Le fluide interne, roches et métaux en fusion, animé de mouvements violents et maintenu à haute température par la radioactivité naturelle (uranium, thorium, etc.) et les collisions des météorites ont été les sources d'un volcanisme naissant qui a eu pour effet d'entourer la Terre

d'une couche de gaz protecteurs qui a pris pour nom... atmosphère ! La gravitation terrestre a ainsi pu retenir une énorme quantité de gaz carbonique, d'hydrogène, d'ammoniac (NH_3), de méthane (CH_4), de vapeur d'eau, qui, ne pouvant s'échapper dans l'espace, s'accumula. Cette accumulation provoqua un déséquilibre. Il plut alors une grande partie de cette eau ; les cratères furent submergés et après des années de pluie, l'océan recouvrit la Terre sur pratiquement toute sa surface (les continents n'existaient pas encore).

En 1953, les physiciens MILLER et UREY mirent les ingrédients supposés de l'atmosphère primitive dans un ballon clos et bombardèrent ce mélange pendant des jours avec de l'électricité (simulant les violents orages de l'époque) : des acides aminés se formèrent alors, comme au début de la vie terrestre.

L'apparition de la vie

Protégée du rayonnement ultra-violet du Soleil par son atmosphère, la Terre voit se fabriquer ses premières molécules, d'abord très simples puis de plus en plus complexes. De violents orages agitent sans cesse les molécules de l'atmosphère primitive

qui seront à l'origine de la vie. L'océan, alors de couleur brune, brasse inlassablement ces molécules nouvelles. Un embryon de vie s'installe, d'abord dans l'eau, puis, bien longtemps après, aidé par les marées qui sévissent déjà (du fait de la présence de la Lune et du Soleil), tente de s'acclimater sur la terre ferme car, entre temps, l'activité géologique a abouti à la formation de chaînes montagneuses. Nous savons aujourd'hui que cette tentative a réussi (quoique... à en voir certains... ça se discute !).

En 2 milliards d'années environ, l'atmosphère se transforme en un mélange azote-oxygène dont les proportions varieront avec le temps ; actuellement : azote = 78 %, oxygène = 21 %, le reste comprend quelques autres gaz en petites quantités, d'où leur nom de "gaz rares" (hélium, néon, krypton, argon, xénon).

La pression atmosphérique se mesure ainsi : on considère 1 cm² au sol ; le poids de la colonne d'air (conique) qui se trouve au-dessus pèse en moyenne 1 033 grammes = millibars ou hectopascals.

La pression varie selon l'altitude moyenne de cette colonne d'air : l'air chaud est plus léger, l'air froid plus lourd ; on parle selon le cas de haute ou de basse pression.

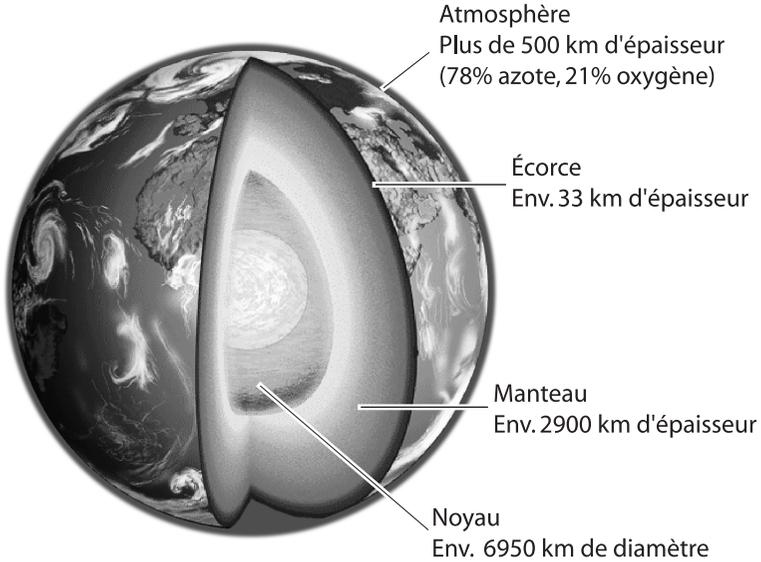
Au cœur de la Terre

Le centre de la Terre, appelé "noyau", est principalement composé de fer (et de nickel) à environ 5 500° C .

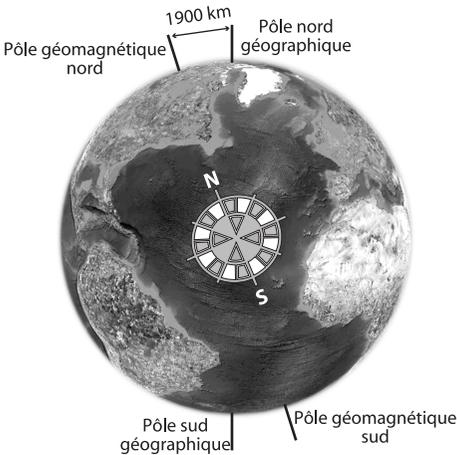
Le diamètre terrestre est de 12 756 km à l'équateur et "seulement" 12 714 aux pôles. La Terre est donc aplatie.

Les principales couches la constituant portent des noms particuliers :

- Le noyau a un rayon d'environ 3 440 km (dont le "cœur" appelé la "*graine*" a un rayon de 1 220 km).
- Le manteau a une épaisseur de 2 900 km environ.
- La croûte a une épaisseur qui varie de 30 à 70 km selon qu'on se trouve sous un océan (70 km) ou sous des montagnes.



Pour prendre un exemple concret, imaginons que nous vivons sur un oeuf de 40 cm de diamètre qui a une coquille de 1 mm d'épaisseur ! (L'Éverest aurait une hauteur de... 0,3 millimètres et un homme (ou une femme !) de 1,78 m de... 0,06 microns !)



Les mouvements convectifs des corps métalliques présents dans le noyau de la Terre sont à l'origine du champ magnétique terrestre. Notre planète est une sorte de dynamo géante ; le champ magnétique est orienté. Cette orientation change au cours du temps. Il existe des pôles magnétiques qui sont actuellement situés à 1 900 km des pôles géographiques.

Fait unique dans le Système solaire les pôles magnétiques et géographiques de la planète Saturne sont confondus !

Il va de soi que lorsqu'on s'oriente à la boussole, on se dirige vers le pôle magnétique. Le Docteur Jean-Louis Étienne, qui a atteint le pôle nord géographique, ne s'est évidemment pas guidé à la boussole !... (ou alors en tenant compte de la différence).

La dérive des continents

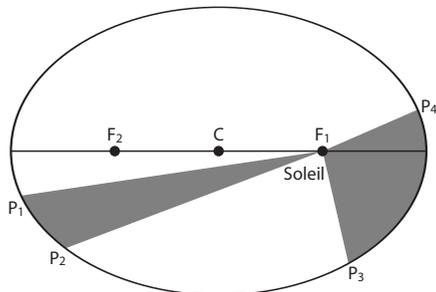
Pendant environ 4 milliards d'années, le manteau a été (et est encore) l'objet de mouvements convectifs ; il en a résulté une perpétuelle activité qui a abouti à la "dérive des continents". Cette formule n'est plus utilisée aujourd'hui car on sait depuis quelques décennies que ce ne sont pas les continents eux-mêmes qui se déplacent mais les plaques sur lesquelles ils reposent : d'où le nom plus correct de "tectonique des plaques". L'épaisseur de ces plaques varie de 100 à 200 km.

La disposition actuelle des continents n'est donc que provisoire ; dans quelques millions d'années les choses auront bien changé ! Rendez-vous en l'an 41 991 000 pour vérification !

Quand on observe les contours de la côte ouest de l'Afrique et ceux de la côte est de l'Amérique du sud, on remarque qu'ils s'emboîtent exactement. La séparation s'est produite il y a des centaines de millions d'années. On estime que l'écart augmente de 1 000 km par 50 millions d'années soit 2 cm par an !

La Terre en orbite

La Terre tourne autour du Soleil en 365,25 jours ; ce mouvement annuel est appelé "Révolution". La distance moyenne entre les deux astres étant d'environ



149,6 millions de km (UA : voir page 8), on peut facilement calculer la distance parcourue par notre planète durant cette période.

Demi grand axe + demi petit axe de l'orbite terrestre = $150 \times 2 = 300$ millions de km. La longueur de l'ellipse est bien sûr de :

$$300 \times 3,14 = 942 \text{ millions de km.}$$

Un calcul rapide nous montre que cela fait 2 580 000 km par 24 heures, soit 107 500 km par heure ou 1 792 km par minute ! La Terre parcourt donc presque 30 km par seconde (29,86) dans sa course autour du Soleil ; cette vitesse est une moyenne car elle varie selon la distance Terre-Soleil (photo ci-dessus).

La Terre et les astres qui peuplent l'Univers obéissent à des lois qui ont été découvertes par Johan KÉPLER en 1609 (première et deuxième lois) et 1619 (troisième loi). Dans l'espace on ne se déplace pas comme sur Terre ! La vitesse est vraiment "réglementée".

La première loi de KÉPLER dit que les planètes décrivent des ellipses (et non des cercles) autour du Soleil qui occupe un des foyers de ladite ellipse ; la distance Soleil-planète varie donc constamment. La Terre se situe entre 147 et 152 millions de km.

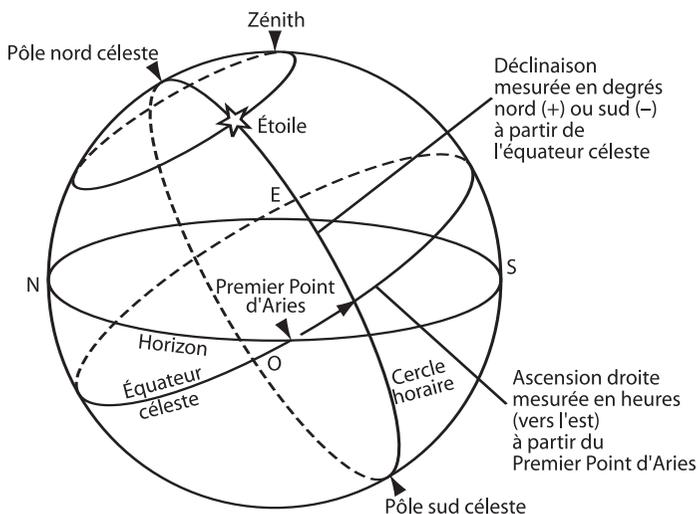
La deuxième loi de KÉPLER nous apprend que sur cette ellipse, la vitesse de la planète varie : quand la Terre est à 152 millions de km (point de son orbite le plus éloigné, dit "Aphélie"), elle va moins vite ; quand elle est à 147 millions de km (point de son orbite le plus proche appelé "Périhélie") elle va plus vite. Cette deuxième loi dit que la surface "balayée" par une planète dans un temps donné est égale.

Cette petite différence de vitesse orbitale a pour conséquence des saisons irrégulières ; la Terre atteint son Périhélie vers le 3 janvier et son Aphélie vers le 2 juillet : ce n'est pas la distance Terre-Soleil qui fait les saisons... voir plus loin.

La troisième loi de Képler explique que, à une distance donnée par rapport au Soleil, les planètes mettent un temps précis pour accomplir une révolution : à 150 millions de km du

Soleil, la Terre n'a d'autre possibilité que de mettre 365,25 jours ; un peu plus près du Soleil elle mettrait un peu moins de temps (c'est le cas de Vénus : 225 jours), plus loin, sa période serait plus longue (Saturne, à environ 1,4 milliard de km met 29,5 années).

Se repérer sur Terre et dans l'espace



Afin de s'y retrouver parmi les étoiles, l'homme a inventé des noms bien particuliers. **Pôle nord**, **Pôle sud**, **Équateur**, etc. qui ont permis la localisation d'objets célestes.

Ces trois termes sont connus de tous mais il en est d'autres qui doivent être expliqués : le prolongement de l'Équateur terrestre dans l'espace est appelé **Équateur céleste** ; au cours de l'année, le Soleil semble "monter" et "descendre" de part et d'autre de cette ligne à deux reprises, le centre du Soleil "coupe" l'Équateur céleste : ce sont les **Équinoxes** de printemps et d'automne.

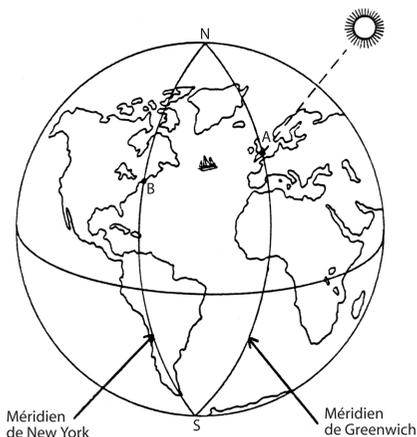
L'Équinoxe sert de base pour calculer la position des astres : la longitude terrestre portée dans l'espace se nomme "**Ascension droite**". Le point de départ est l'endroit précis où se

produit l'Équinoxe de printemps ; ce point est appelé **Point vernal** ou **Premier point d'Aries**.

L'ascension droite se mesure toujours vers l'est en heures, minutes et secondes.

Le **Zénith** est l'extrémité d'une ligne qui part du centre de la Terre, passe par un point de sa surface et se prolonge à la verticale du lieu.

Le point opposé au Zénith s'appelle le **Nadir**.



L'Équateur céleste sert de base pour déterminer la latitude céleste d'un astre qu'on appelle **Déclinaison**.

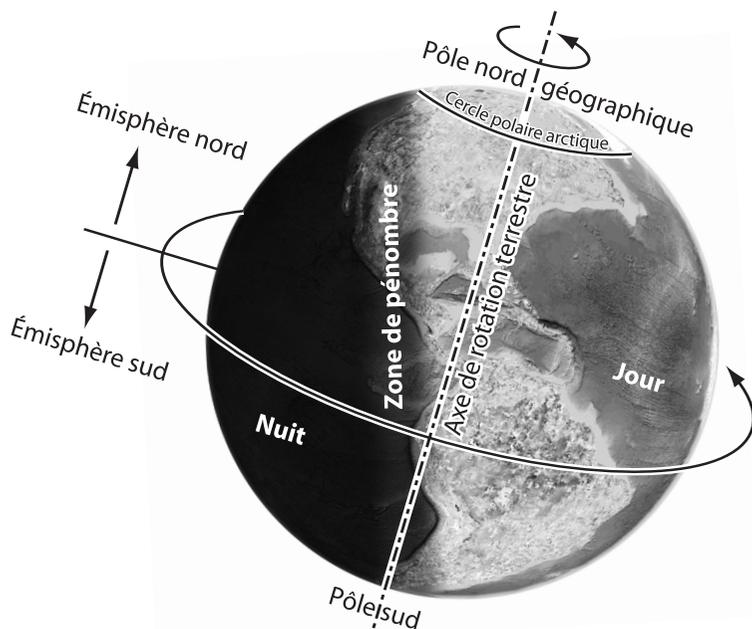
L'Équateur céleste = 0° , le pôle nord + 90° , le pôle sud - 90° .

La Terre est divisée en 24 fuseaux horaires délimités par 24 méridiens. La ligne de changement de date va et vient de part et d'autre du méridien de 12 heures. Elle passe par le détroit de Béring.

L'inclinaison de l'axe de la Terre

L'axe de la Terre relie son pôle nord à son pôle sud en passant par son centre. On le nomme **Axe du monde**. Si cet axe était perpendiculaire à l'orbite de la Terre, tous les jours le Soleil se lèverait pile à l'est et se coucherait pile à l'ouest. Il n'y aurait pas de saison !

Les jours dureraient 12 h et les nuits 12 h... mais... l'axe terrestre est incliné de $23^\circ 27'$ (plus précisément $23^\circ 26' 29''$) et le Soleil ne se lève vraiment à l'est que les jours d'équinoxes : en été il se lève au nord-est et se couche au nord-ouest, en hiver il se lève au sud-est et se couche au sud-ouest.



Entre le jour du printemps et celui de l'automne, le Soleil reste au-dessus de l'Équateur céleste et est observable 24 heures sur 24 dans une région délimitée par le cercle polaire boréal : le Soleil de minuit est alors bien visible au-dessus de la latitude $+66^{\circ}33'$ (c'est-à-dire $90^{\circ} - 23^{\circ} 27'$) : le Soleil ne se couche pas !

Six mois plus tard, il se passe la même chose dans l'hémisphère austral.



Les Tropiques

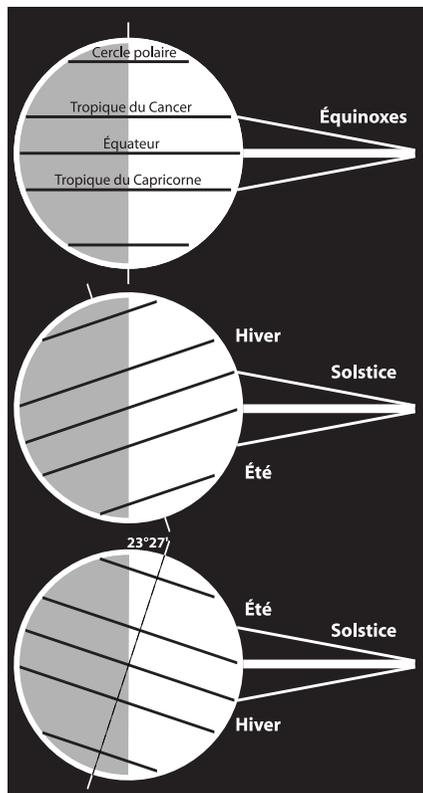
Au cours de l'année, on peut voir le Soleil plus ou moins haut à midi. Le jour des équinoxes il est à la verticale (Zénith) de l'Équateur. Après l'Équinoxe de printemps, il semble "monter" tous les jours un peu plus jusqu'au Solstice d'été où il atteint $23^{\circ}27'$ au-dessus de l'équateur, à la verticale d'une ligne appelée Tropicque du Cancer. Solstice signifie "Soleil immobile" ; en effet, pendant les quelques jours qui précèdent ou suivent le solstice (d'été ou d'hiver), on a l'impression qu'il ne monte ni ne descend !

Mais le Soleil finit toujours par "revenir" vers l'Équateur, et après l'avoir franchi à l'équinoxe d'automne, arrive à sa déclinaison minimale : $- (moins) 23^{\circ}27'$ c'est le Solstice d'hiver ; il est à la verticale du Tropicque du Capricorne.

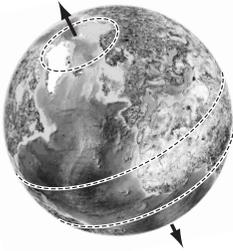
Le dessin ci-dessus démontre, si besoin était, que la latitude des Tropiques est égale à l'inclinaison de l'axe de la Terre. Si cet axe était incliné de $47^{\circ}13'$ Nantes serait sur le Tropicque du Cancer (Paris : $48^{\circ}52'$!)

Dans le Système solaire, une planète a son axe incliné de $82^{\circ}30'$. Il s'agit de Uranus ; il en résulte une situation curieuse : la planète a des tropiques qui se situent à seulement 8° des pôles et des cercles polaires qui atteignent quasiment l'équateur !

Une violente collision est probablement à l'origine de cette inclinaison mais cela reste une hypothèse... wait and see !



Et pourtant, elle tourne...



La Terre tourne autour de son axe en 24 heures : c'est la **rotation** ; en faisant un calcul très simple on peut en conclure que, le diamètre terrestre étant (à l'équateur) de 12 756 km, sa circonférence est de $12\,756 \times 3,14 =$ environ 40 000 km.

Si un observateur placé à un pôle tourne sur lui-même en 24 heures, placé à l'équateur il tourne à raison de :

$$40\,000 / 24 = 1\,666 \text{ km/h soit } 462 \text{ mètres par seconde.}$$

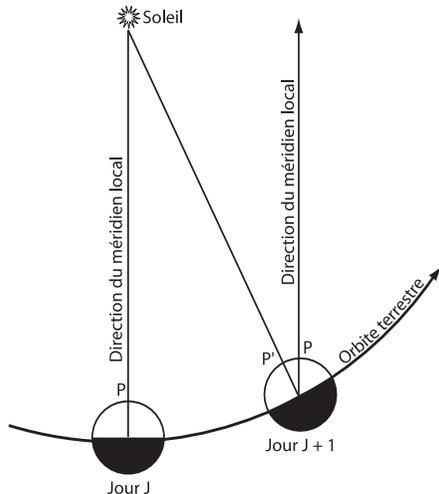
On peut ainsi s'amuser à calculer sa vitesse selon sa latitude.

Jour sidéral et jour solaire

On a l'habitude de dire que la Terre tourne autour de son axe en 24 heures. C'est vrai si l'on se base sur le Soleil, mais par rapport au passage d'une étoile (par exemple au méridien) la Terre fait une rotation en 23 h 56 min 4 s.

Cela vient du fait que pendant qu'elle tourne sur son axe, elle se déplace autour du Soleil nous savons qu'elle accomplit sa révolution (360°) en 365,25 jours, soit presque 1° par jour. Nous comptons ainsi 365 jours solaires et 366 jours sidéraux (l'ellipse parcourue compte pour 1) : la preuve ?

Si l'on divise le nombre de secondes d'une journée



de 24 heures (86 400) par 365,25 on obtient 236 secondes soit 3 min 56 s : différence entre 24 h et 23 h 56 min 4 s.

Nous avons vu plus haut que la vitesse orbitale de la Terre était irrégulière : les jours ne sont donc pas égaux... mais, pour ne pas avoir à remettre tous les matins nos montres ou pendules à l'heure du jour correspondant, on a institué le *jour solaire moyen*.

Jour solaire moyen - Jour solaire vrai

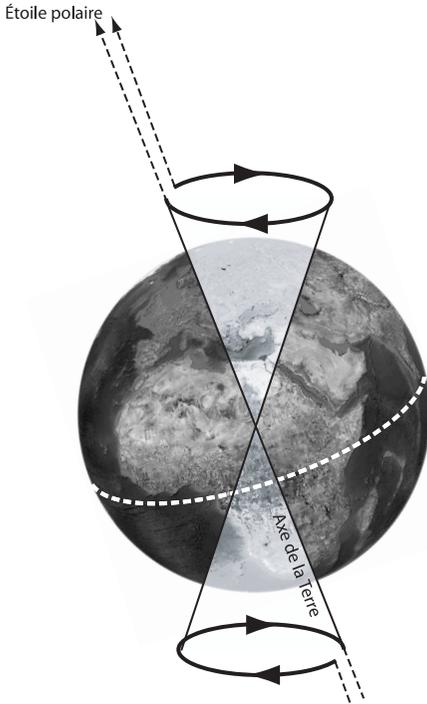
Si l'on mesure très précisément l'heure de passage du Soleil au méridien, on remarque que, selon la période de l'année, il est "pile" à l'heure (15 avril, 2 septembre), ou en retard (de 15 min début février) ou en avance (de 15 min mi-novembre). Le dessin ci-contre donne la position exacte du Soleil à midi vrai ; la ligne verticale foncée figure midi moyen, celui que nous utilisons tous les jours. La hauteur du Soleil varie selon les saisons.



La différence entre l'heure solaire vraie et l'heure solaire moyenne s'appelle *l'équation du temps*.

La précession des équinoxes

Cette expression savante peut rendre le profane très perplexe ! Elle cache pourtant une réalité assez simple. L'axe de



la Terre oscille et effectue un mouvement de toupie (ou de gyroscope) autour de sa position moyenne en environ 25 920 ans et cela dans le sens opposé à sa direction orbitale.

Ce mouvement vient du fait que la Terre est légèrement aplatie et son axe incliné : la gravité du Soleil et de la Lune est irrégulière et provoque ce lent balancement (la Lune provoque une autre oscillation : la *nutaton*).

Il en résulte deux conséquences principales :

1 • L'équinoxe de printemps (et bien sûr celui d'automne) se produit tous les ans avec environ 50" (secondes) d'avance*, d'où le terme *précession des équinoxes*. Aujourd'hui, lorsque se produit l'équinoxe de printemps, le Soleil se trouve dans la constellation des Poissons et non du Bélier, n'en déplaise à certains ! Le point d'Arles porte bien mal son nom : il fut donné alors que le Soleil se trouvait effectivement dans le Bélier le jour du printemps, mais le temps a passé... dans quelques siècles le point vernal se situera dans le Verseau, etc.

2 • L'axe terrestre "balayant" une partie du ciel (voir dessin ci-dessus), l'étoile polaire, se trouvant par définition dans l'alignement de cet axe, change au cours du temps. La polaire actuelle, Alpha de la Petite Ourse, ne sera plus "Polaris" dans quelques milliers d'années ; dans 12 000 ans, Véga (Alpha de la Lyre) sera étoile polaire, elle l'était déjà il y a 14 000 ans !

Lors de la construction des pyramides d'Égypte, les couloirs principaux menant au tombeau des Pharaons étaient

alignés sur l'étoile polaire de l'époque : Thuban, Alpha du Dragon... depuis, 5 000 ans ont passé et Thuban est bien peu citée dans les ouvrages d'Astronomie.

$$* 360^\circ = 1\,296\,000'' : 1\,296\,000 / 50 = 25\,920 \text{ ans}$$

L'absorption atmosphérique

Chacun sait que la lumière blanche (lumière visible par l'œil) est constituée des couleurs de l'arc-en-ciel : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orange et rouge.

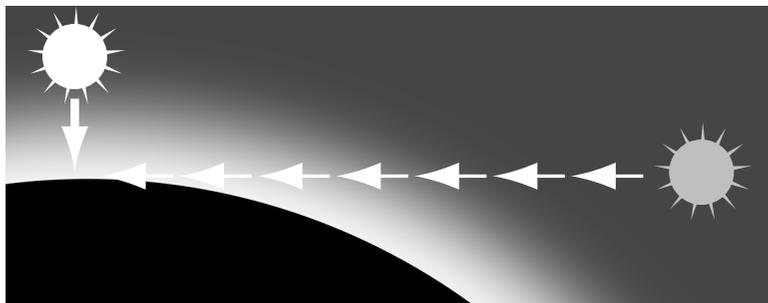
La longueur d'onde s'allonge en allant du violet vers le rouge.

L'ensemble du rayonnement solaire est appelé rayonnement électromagnétique (il est à la fois ondulatoire et corpusculaire).

Cela va des rayons gamma aux ondes radio en passant par les rayons X, l'ultra-violet, la lumière "visible" et l'infra-rouge.

Lorsque le Soleil ou la Lune (et aussi les étoiles, quoique plus difficiles à observer) sont bas sur l'horizon, ils paraissent plus ou moins rouges ; c'est parfois très spectaculaire !

L'astre concerné ne change pas réellement de couleur ; il s'agit d'un phénomène dû à l'atmosphère de la Terre : plus la couche traversée est épaisse, plus la partie bleue de la lumière est absorbée par les atomes et les molécules de l'air ou réfléchiée vers l'extérieur, et donc plus la partie rouge domine (semble dominer !). En fait, l'atmosphère ne laisse passer que le proche ultra-violet, la lumière visible, l'infra-rouge et les ondes radio jusqu'à 20 m de longueur d'onde.

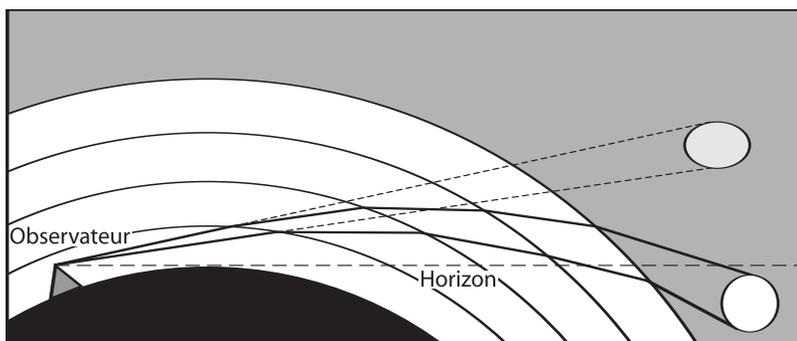


On ne verra jamais un Soleil rouge vers midi (même en temps moyen !). Comme le montre le dessin du bas de la page précédente, la couche d'atmosphère traversée par la lumière est 3 à 4 fois plus épaisse à l'horizon qu'au zénith. L'épaisseur est intermédiaire à hauteur moyenne au méridien.

La réfraction atmosphérique

En dehors du phénomène d'absorption évoqué plus haut, l'atmosphère de la Terre agit comme un prisme. Elle courbe la lumière provenant de l'espace : elle la "réfracte" c'est la réfraction atmosphérique. C'est l'une des raisons pour lesquelles le Soleil (les planètes et les étoiles) ne sont pas là où on les voit !...

Quand le Soleil se lève ou se couche, la réfraction permet de le voir, bien qu'en réalité il soit encore sous l'horizon : ses rayons sont courbés avant de parvenir à notre œil, mais comme nous avons une vision directe, nous avons le spectacle d'un Soleil qui semble toucher l'horizon alors qu'il est encore dessous !



La réfraction rend, ici, le Soleil encore visible à l'observateur alors qu'il est déjà passé sous la ligne d'horizon.

Essayez de convaincre un quelconque *pékin* que le Soleil qu'il aperçoit "posé" sur la mer, là-bas à l'horizon, est en fait déjà couché (ou pas encore levé, si c'est le matin)... vous passerez pour quelqu'un de très bizarre... et pourtant !

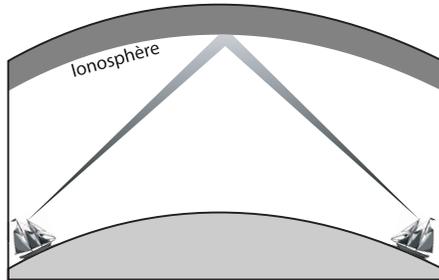
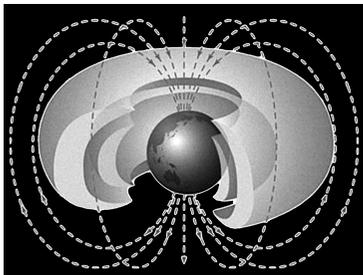
Les aurores polaires

L'atmosphère de la Terre se subdivise en plusieurs couches ; l'une d'entre elles a une grande importance pour ce qui concerne les aurores polaires. Il s'agit de l'ionosphère.

Cette couche fait écran aux ondes radio de plus de 20 mètres de longueur d'onde. Certaines émissions d'origine terrestre rebondissent sur l'ionosphère et nous permettent de communiquer (les grandes ondes, GO, étant kilométriques ne peuvent donc passer).

De même, le rayonnement radio de plus de 20 mètres venant des étoiles et des galaxies est stoppé : pour pouvoir le capter, il faut embarquer des récepteurs à bord d'engins satellisés autour de la Terre.

La Terre est protégée des flux de protons et d'électrons provenant du Soleil (et de l'espace) par des "ceintures" qui dévient ces particules vers les pôles (voir ci-dessus). Une expérience embarquée en 1958 sur la sonde *Explorer 1* a permis à l'américain James Alfred VAN ALLEN de découvrir ces ceintures que l'on a appelées tout simplement *ceintures de Van Allen* ! (l'une se situe à environ 4 000 km, l'autre à environ 19 000 km.



avec les molécules de l'air en leur arrachant des électrons ; d'autres électrons sont aussitôt capturés par ces molécules : il se produit alors une lumière parasite de couleurs variables (vertes, oranges, rouges) ce sont les aurores polaires (aurore boréale au pôle nord, aurore australe au pôle sud).

La couleur (verte, orange, etc.) dépend en partie de la nature des atomes et molécules ionisés (azote, oxygène, etc.).

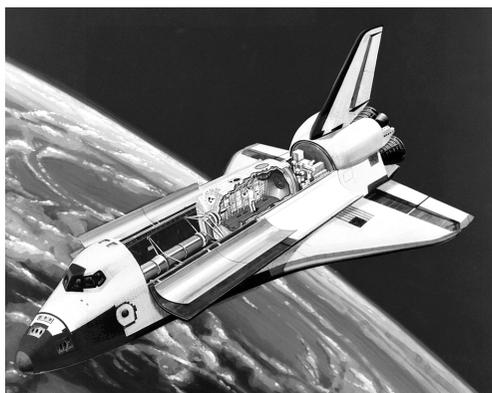
La Terre sous haute surveillance

Depuis le 4 octobre 1957, l'homme s'est affranchi de son atmosphère. *Sputnik 1* (et son célèbre *Bip Bip*) a été le premier objet mis en orbite autour de la Terre. Pour les amateurs de précision, le départ eut lieu à 19 h 26 min 24 s soit 2 436 116,31 en jours juliens.

Le 12 avril 1961, le pilote soviétique Youri GAGARINE était le premier homme à observer la Terre de l'espace ; depuis, de nombreux autres astronautes lui ont succédé.

Avec la mise en orbite d'engins spatiaux, les télécommunications et la météorologie (entre autres) ont connu un essor prodigieux... (les services de Renseignements sont assez satisfaits aussi, merci pour eux !).

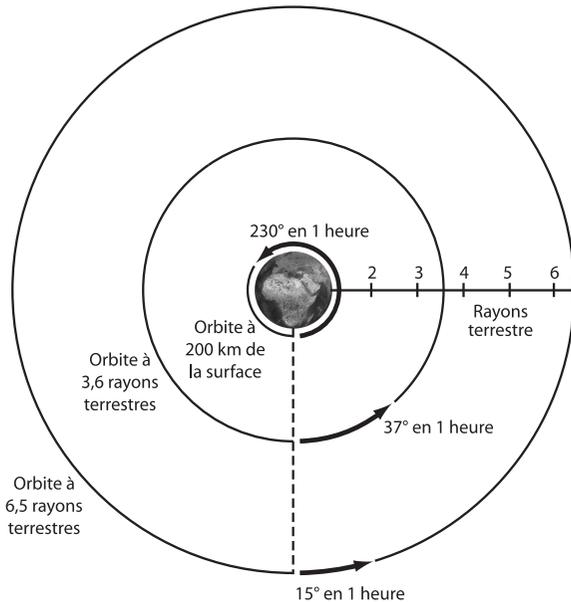
Mais, aussi performants soient-ils, ces engins sont tenus de se conformer à des lois incontournables : dans l'espace, on ne se déplace pas comme on veut (voir plus haut les lois de Képler)...



Exemple : un satellite qui orbite à 274 km d'altitude effectuera 16 tours de Terre en 24 heures : sa période sera donc de 1 h 30 min (c'est sur cette orbite qu'évolue généralement la navette spatiale américaine). Le titre d'un livre de l'astronaute français Patrick BAUDRY, *Aujourd'hui, le Soleil se lève 16 fois*, en témoigne.

Pour qu'un engin spatial parvienne à quitter le champ de gravité de la Terre, il faut qu'il atteigne une vitesse dite de *libération* : 11,2 km/s ; en dessous de ce seuil, soit il retombe au sol si sa vitesse est trop faible (c'est le cas du sauteur en hauteur), soit il parvient à se satelliser autour de la Terre si sa vitesse est suffisante (c'est le cas de la navette spatiale qui reste "prisonnière" de l'attraction terrestre en se déplaçant à 7,7 km par seconde soit tout de même 28 000 km/h). Les sondes *Pioneer* et *Voyager* sont parvenues à dépasser la vitesse de libération et ont pu ainsi visiter les confins du Système solaire.

Les satellites artificiels sont facilement observables par nuit claire (hors pleine Lune) : ils se déplacent à grande vitesse sans clignoter (s'ils clignotaient, il s'agirait d'avions de ligne).



La troisième loi de KÉPLER est applicable aussi bien pour les planètes autour du Soleil que pour les satellites artificiels en orbite terrestre ; plus l'orbite sera haute, plus il faudra de temps pour accomplir une révolution : un satellite situé à 1 681 km d'altitude mettra obligatoirement 2 heures pour faire un tour de Terre (soit 12 tours par jour).

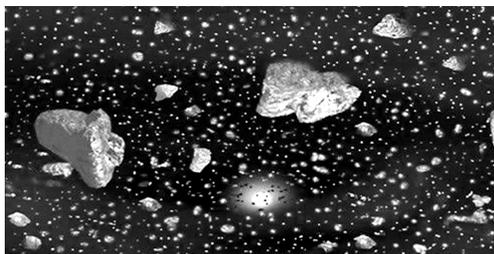
Un calcul très simple permet de trouver "l'orbite idéale" pour qu'un satellite reste en permanence au-dessus d'un point précis de la Terre ; il faut pour cela le placer à la verticale de l'équateur, soit à 36 000 km (plus exactement à... 35 786 km). Un engin parcourera alors 15° par heure, soit 360° en 24 heures : il semblera quasi immobile au-dessus de l'équateur, d'où son nom de *géostationnaire*.

À 384 000 km de la Terre, la période atteint quasiment un mois : c'est le cas de la Lune qui n'est rien d'autre qu'un satellite... naturel.

Dans quelques années, les stations spatiales habitées seront monnaie courante ! Il n'est pas interdit de penser qu'au cours du prochain millénaire, des humains naîtront dans des vaisseaux spatiaux et ne mettront jamais les pieds sur la planète Terre ! Aujourd'hui, cette dernière phrase peut présenter un côté "science fiction" mais en 1900, qui se serait douté que l'homme marcherait sur la Lune moins de 70 ans plus tard ?

La Terre reçoit de la visite

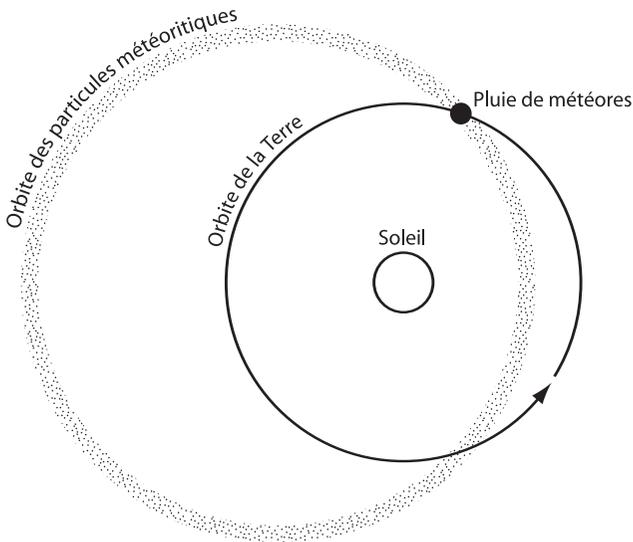
Non non, il ne s'agit pas ici des OVNI, ces prétendus engins qui n'ont de "réalité" que dans la tête d'illuminés ignorant tout des distances interstellaires et des conditions de survie dans l'espace. D'ailleurs, si ces objets étaient aussi fréquents et lumineux que certains le disent, les dizaines de milliers d'astronomes amateurs qui observent le ciel



chaque nuit dans tous les pays du monde (et qui passent pour des gens n'ayant pas les yeux dans leurs poches) en auraient déjà vus depuis bien longtemps : ce n'est pas le cas... Par contre, des quidams levant le nez vers le ciel accidentellement une fois par mois, en voient régulièrement... on a les fantômes qu'on peut !

Le Système solaire est parcouru en tous sens par des *cailloux* plus ou moins massifs : les comètes, astéroïdes, etc.

Les collisions avec des comètes sont plutôt rares mais restent possibles ; heureusement que cela n'arrive pas souvent car le choc est du genre brutal !



Au cours de leur périple autour du Soleil, les comètes laissent échapper de multiples particules (poussières) dans l'espace.

En gravitant autour du Soleil, la Terre coupe parfois la trajectoire de certaines comètes.

Elle traverse alors ces "essaims" de particules qui pénètrent à grande vitesse (entre 30 et 72 km par seconde) dans l'atmosphère terrestre.



Ces petits grains rocheux s'échauffent alors et se vaporisent en traînées lumineuses : ce sont les météores... (que les béotiens appellent *étoiles filantes*. Les étoiles n'ont rien à voir dans ce phénomène).

Quel avenir pour la Terre

L'évolution naturelle de notre planète a connu des stades difficiles. La vie a pu apparaître et se maintenir malgré des conditions souvent très défavorables. Une technologie humaine mal contrôlée la met aujourd'hui en grand danger. Des mesures draconiennes devront être prises rapidement pour préserver ce qu'il reste (le continent antarctique est sauvé, mais pour combien de temps ?). Qui a encore en mémoire cette phrase de Jean ROSTAND « *L'homme n'est pas le propriétaire de la Terre, il n'en est que le gestionnaire* » !... à méditer.

Le déboisement intensif mène tout droit à une catastrophe de dimension planétaire : la photosynthèse, production d'oxygène par les végétaux, n'assurant plus un renouvellement suffisant de l'air, le taux de CO₂ augmentera rapidement et un effet de serre s'installera... très vite, toute forme de vie disparaîtra.

Les incendies de forêts, provoqués délibérément par des débiles ou (et) par des personnages sans scrupules (y'a bon béton !) ne font qu'accélérer un processus bien mal engagé. L'homme doit prendre conscience que le point de non retour est beaucoup plus proche qu'il n'y paraît.

Le nucléaire a ceci de particulier : pour la première fois, l'homme a le pouvoir de réduire sa planète en cendres. Quand on suit de près l'actualité concernant "le nucléaire", on peut être inquiet ; on est loin de maîtriser cette énergie comme certains voudraient nous le faire croire (et ce ne sont pas leurs belles

brochures glacées et en couleurs, généreusement distribuées au grand public, qui changeront la triste réalité). L'indépendance énergétique ne doit pas se faire à n'importe quel prix !...

À bon entendeur...

Ces quelques exemples (il y en a tant d'autres !) seront peut-être jugés pessimistes par un public non averti ; et pourtant !

Quoiqu'il en soit, en supposant que l'homme devienne raisonnable (qui a dit naïf ?), le sort de la Terre sera "réglé" dans environ 5 milliards d'années. Les travaux d'éminents astrophysiciens permettent de penser qu'à cette époque, le Soleil n'aura plus d'hydrogène à synthétiser (ce qu'il fait fort bien actuellement). Il connaîtra alors une période d'instabilité (dont le détail sort de cet exposé) et sa zone externe se retrouvera finalement "soufflée", entraînant la destruction des planètes... dont la Terre ! mais... nous n'en sommes pas encore là !

Deuxième édition (complétée) Nantes, août 1991

Paul DELAUNAY

ANNEXE

La Terre en quelques chiffres...

Âge.....	environ 4,6 milliards d'années
Diamètre équatorial	12 756 km
Diamètre polaire	12 714 km
Aplatissement	0,0033
Circonférence à l'équateur	environ 40 000 km
Rotation solaire	24 heures
Rotation sidérale	23 h 56 min 4 s
Vitesse de rotation (à l'équateur)	462 mètres par seconde
Distance moyenne au Soleil.....	149,58 millions de km (Unité Astronomique = UA)
Distance maximale au Soleil.....	152,1 millions de km
Distance minimale au Soleil.....	147,1 millions de km
Excentricité de l'orbite.....	0,017 (aplatissement de l'ellipse)
Longueur de l'ellipse	942 millions de km parcourue en un an
Période de révolution.....	365 jours 6 h 9 min 10 s (ou 31 558 150 s)
Vitesse orbitale moyenne	29,86 km par seconde
Diamètre moyen du Soleil	31' 59" (vu de la Terre)
Diamètre moyen de la Lune	31' 5" (vue de la Terre)
Inclinaison de l'axe.....	23' 26' 29"
Masse (en tonnes)	6 mille milliards de milliards (6 suivi de 21 zéros)
Densité moyenne (eau = 1).....	5,51
Atmosphère	Azote : 78%, Oxygène : 21% (autres gaz : traces)
Vitesse de libération	11,2 km par seconde (= 40 320 km/h)

La Société d'Astronomie de Nantes

Résolument tournée vers le grand public, la SAN vous propose de découvrir l'astronomie ou d'approfondir vos connaissances dans ce domaine de multiples façons :

- Assister aux exposés d'astronomie présentés lors des réunions du vendredi soir, ouvertes à tous les adhérents, au local de la Société à partir de 20h30.
- Consulter ou emprunter l'un des mille ouvrages que possède le fonds bibliothécaire.
- Participer aux observations de découverte ou de perfectionnement. Vous pouvez également emprunter un instrument.
- Assister aux conférences au cours desquelles des astronomes et astrophysiciens de renom viennent présenter les derniers acquis de leurs travaux.
- Solliciter la SAN pour animer des actions pédagogiques préparées à l'attention de public scolaire ou adulte.
- Visiter les expositions auxquelles la SAN participe régulièrement.
- Apporter votre contribution à la réalisation de travaux pratiques d'astronomie tels que la mesure de la masse de Jupiter ou l'évaluation des altitudes des reliefs lunaires.
- Réfléchir et débattre des grands thèmes de la physique, de l'astrophysique et de la science en général au sein d'un groupe de réflexion théorique.
- Enfin, l'astronomie nécessitant des connaissances et des compétences multiples (en optique, mécanique, électronique, etc.), offrir un peu de votre temps pour la conception ou à la réalisation de projets astronomiques.

Pour participer à ces activités, il vous suffit de devenir adhérent.

La Société d'Astronomie de Nantes est une association fondée en 1971 et régie par la loi de 1901.

LA TERRE, UNE PLANÈTE PAS COMME LES AUTRES

Paul DELAUNAY

La Terre est une planète unique par sa position dans le Système solaire et les conditions qui y ont permis l'apparition de la vie. Située à une distance idéale du Soleil, elle a su retenir une atmosphère protectrice et a connu une évolution géologique et biologique riche. Née il y a 4,6 milliards d'années dans une nébuleuse, la Terre a subi des bombardements, un intense volcanisme, et la formation de son atmosphère et de ses océans. La vie y est apparue dans l'eau, puis a évolué vers des formes terrestres. Son noyau métallique génère un champ magnétique protecteur. L'axe incliné de la Terre, ses mouvements de rotation et de révolution expliquent les saisons, les jours et les années. La tectonique des plaques façonne les continents. L'atmosphère engendre des phénomènes comme la réfraction, les aurores polaires et l'absorption de certaines ondes. Enfin, la Terre est surveillée depuis l'espace et menacée par les activités humaines : déforestation, pollution, nucléaire... Paul Delaunay appelle à une conscience écologique face à ces dangers.



**SOCIÉTÉ
d'ASTRONOMIE
de NANTES**

Société Scientifique d'Éducation Populaire agruée Jeunesse et Sports
35, boulevard Louis Millet - 44300 NANTES - Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23
Internet : www.san.asso.fr - E-mail : san@san-fr.com