

Astronomie

I. Programme du stage :

Mardi 9 janvier 2001

- 9 h Coordonnées espace
- 11 h Repère de temps, calendrier

- 13 h 30 Principe des éclipses
- 16 h Télescope et lunette Mise en station
- 18 h Observation de l'éclipse totale de lune

Mercredi 10 janvier 2001

- 9 h Mouvement du système solaire, données physiques des planètes.
 Mise en station d'un télescope ou lunette
- 11 h Effet Doppler-Fizeau

- 13 h 30 Utilisation de logiciels : Orbits, le ciel, éphémérides, distant-suns,
 Linda, pégase (logiciels de l'Afa, et NATHAN). Observation aux
 instruments

Jeudi 11 janvier 2001

- 9 h T.P. Trajectoire de la lune
 T.P. Trajectoire de mars dans le référentiel terre.
 T.P. Vitesse de rotation de Saturne par étude du spectre
- 13 h 30 T.P. Réalisation d'une carte du ciel
 T.P. Correspondance des différents calendriers

- 14 h 30 Utilisation de logiciels, documentation, livres et revues
 Questions diverses.

Animateurs : Chambon Guy Lycée Saint Exupéry Fameck 57
 Munsch Gilles Lycée Malraux Remiremont 88

II. Repérage spatial.

Toute observation demande de situer dans l'espace et dans le temps un point. Il faut donc convenir d'un système de coordonnées qui ne présente aucune ambiguïté.

II -1 Coordonnées Géographiques

La terre est une **sphère de rayon 6375 km** environ ≈ 6400 km. Elle tourne sur elle même autour d'un axe PP' axe des pôles.

On utilise un système de méridiens et parallèles qui permettent de se situer sur la terre.

Les **méridiens** sont des cercles passant par les pôles.

Les **parallèles** sont des cercles perpendiculaires à l'axe des pôles. Le plus grand parallèle est l'équateur, qui est équidistant des pôles.

Mais il faut convenir d'une origine, et d'un sens de rotation.

*Le méridien origine est le méridien de Greenwich.
Le parallèle origine est l'équateur.*

On donne les coordonnées d'un point par sa **longitude** et sa **latitude**.

La longitude est l'angle déterminé par le méridien du lieu et le méridien de Greenwich.

La longitude est un angle compris entre 0 et 180°. On précise si cet angle est à l'ouest (+) ou à l'est (-) de Greenwich.

La latitude est l'angle déterminé par le parallèle de l'équateur et le parallèle du lieu.

La latitude est un angle compris entre 0 et 90°. On précisera si le point est au nord ou au sud de l'équateur.

Exemple : Metz : - 6°11 longitude (Est) et + 49°07' latitude (Nord)

Ce système de coordonnées ne permet que la détermination d'un point sur terre.

(Une route à cap constant est appelée **loxodromie** c'est une droite sur la projection de Mercator, et une route qui suit un grand cercle entre deux points est **orthodromie**, qui est plus rapide)

II -2 Coordonnées Horizontales

A part le pôle Nord, l'horizon n'est pas confondu avec le plan équatorial. Donc pour repérer un astre ponctuel dans le ciel, suivant le lieu où l'on se trouve, on ne voit pas l'étoile dans la même direction. (**Annexe n°1**)

En un lieu donné on peut situer une étoile par sa **hauteur h** sur l'horizon, et par sa direction par rapport à une direction origine ou **azimut a**.

La direction origine est le Sud; et la hauteur origine est l'horizon

La hauteur h varie de -90° à + 90°

L'azimut varie de 0 à 360° dans le sens **rétrograde** (du sud vers l'ouest)

On note z la distance zénithale **z = 90° - h**

(Il est à noter qu'en navigation le cap est compté à partir du nord dans le sens rétrograde.)

Avantage : Utilisation de monture azimutale, a et h sont liés à la notion droite gauche haut bas. Mais dépendent du lieu, et a et h varient au cours du mouvement diurne.

II -3 Coordonnées Horaires

Les coordonnées horaires prennent pour origine de la hauteur non plus l'horizon du lieu, mais le plan équatorial. (**Annexe n°1**)

La **Hauteur** par rapport à l'équateur est la **déclinaison δ** (de $+90^\circ$ à -90°)

L'**angle Horaire H** est l'angle du méridien de l'astre avec le méridien passant par le sud.

Avantage : la déclinaison ne varie pas au cours du mouvement diurne, donc facilité d'observation avec une monture équatoriale.

Mais il faut connaître l'équateur ou l'axe PP' et l'angle horaire est une coordonnée locale

II -4 Coordonnées équatoriales.

Mais la terre en plus de son mouvement propre tourne autour du soleil, et son axe des pôles n'est pas perpendiculaire au plan de son orbite autour du soleil. (**Annexe n°1**)

On appelle **écliptique** le plan contenant le soleil et la trajectoire de la terre.

On note ϵ l'angle formé par le plan équatorial et le plan écliptique. c'est **l'inclinaison de l'écliptique**.

On va repérer une étoile par l'angle que fait sa direction d'observation avec le plan équatorial, c'est la **déclinaison δ** .

Et par la direction du méridien passant par la direction de l'étoile par rapport à une direction origine.

La direction origine est le point **Vernal γ** .

γ est déterminé par la **direction Terre Soleil à l'équinoxe de printemps**.

L'angle du méridien contenant la direction de l'étoile par rapport à γ est **l'ascension droite α**

II -4 - -1er La déclinaison δ varie de $+90^\circ$ à -90° de P vers P'

L'ascension droite α varie de 0 à 360° dans le sens direct
ou de 0 à 24 h (1 h = 15°)

Avantage Ces coordonnées sont indépendantes du lieu d'observation et de l'époque d'observation.

Mais il faut connaître le temps pour viser un point donné de plus il existe la précession et la nutation sur une longue durée.

II -5 Coordonnées écliptiques

Le plan de l'écliptique garde une direction très constante au cours du temps. Ce sont des **coordonnées Géocentriques**. (**Annexe n°1**)

Q est le pôle nord de l'écliptique. L'**obliquité ϵ** = $23^\circ 27'$

Les coordonnées équatoriales de Q sont : $\alpha = 18$ h

$$\delta = 66^\circ 33'$$

Les coordonnées écliptiques sont la **latitude écliptique β** qui varie de $+90^\circ$ à -90°

la **longitude écliptique λ** qui varie de 0 à 360° depuis γ dans le sens direct

II -6 Coordonnées galactique

Les **coordonnées galactiques** sont héliocentriques. Ce sont la latitude galactique b et la longitude galactique l dont l'origine est **liée à la galaxie** c'est la **direction du centre de la galaxie**

III. Mouvement du système solaire

III -1 La Galaxie

Notre Galaxie est du type spirale, dont le diamètre est 100.000 années lumière, dont le bulbe a une épaisseur de 15.000 années lumière ; le soleil se trouve dans un bras de spirales dont l'épaisseur est de 5.000 A.L. à une distance de 30 000 A.L. du centre de la Galaxie.



Il y a 100 milliard d'étoiles dans notre Galaxie.

Les galaxies se regroupent en amas de galaxies. Un amas a un diamètre de 10.000.000 et il contient 1000 galaxies

Il existe des superamas de galaxies dont le diamètre est de 100.000.000 d'A.L. Ils contiennent de 5 à 40 amas.

Notre Galaxie est dans un amas local de 20 galaxies, dont les plus proches sont le petit et le grand nuage de Magellan (à 165 000 AL), Andromède (M31) (à 2.25 Millions d'A.L.).

III -2 Le système solaire

Le système solaire est composé du soleil et de 9 planètes.

Planète	Période de Révolution	Période de Rotation Sidérale	Distance au soleil million km	Distance au soleil UA	Diamètre km	Masse relative terre = 1	Température °K
Mercure	88 j	58,65 j	58,7	0,39	4736	0,056	418
Vénus	228 j	243 j	108	0,72	12364,8	0,817	57
Terre	365 j	23 h 56 min	150	1	12800	1	15
Mars	1 an 321 j	24 h 37 min	228	1,52	6912	0,108	12
Jupiter	11 ans 315 j	9 h 55 min	780	5,2	142592	318,36	-140
Saturne	29 ans 167 j	10 h 39 min	1434	9,56	120320	95,22	-153
Uranus	84 ans	17 h 15 min	2883	19,22	51200	14,6	-180
Neptune	164 ans 280 j	16 h 7 min	4516	30,11	55040	17,3	-200
Pluton	249 ans	6,4 j	5940	39,6	3000 ?	0,017	-210
Soleil		25,38 j			696 000	332 270	5 600°k

masse de la terre = 6×10^{24} kg
masse du soleil = $1,99 \cdot 10^{30}$ kg

Distance soleil terre = 1 UA = 150,000,000km

	Nombre de Satellites	Gravité au sol	Composition de l'atmosphère	Inclinaison sur l'écliptique	Diamètre relatif terre = 1	Volume relatif Terre = 1	Densité eau = 1
Mercure	0	3,72	trace He	7°	0,37	0,06	5,43
Vénus	0	8,83	H ₂ SO ₄ , CO ₂	3,4°	0,966	0,86	5,24
Terre	1	9,81	N, O ₂ , H ₂ O, Ar	0	1	1	5,52
Mars	2	3,72	CO ₂	1,8°	0,54	0,15	3,93
Jupiter	12	24,8	H, H ₂ , He, CH ₄ , NH ₃	1,3°	11,14	1,323	1,33
Saturne	10	10,5	H ₂ , He	2,5°	9,4	752	0,71
Uranus	5	9	H ₂ , He, CH ₄	0,8°	4	64	1,31
Neptune	2	11,7	H ₂ , CH ₄ , He	1,8°	4,3	54	1,77
Pluton	1	0,5	CH ₄	17,2°	0,25 ?	0,01	1,1
Soleil		274	H, He, ...		109	1 301 000	1.41

Tableau n° 1

III -3 Mouvement des planètes

Les planètes décrivent des trajectoires elliptiques, dont le soleil occupe l'un des foyers. Le plan de la trajectoire des planètes s'appelle **l'écliptique**. C'est le mouvement de **révolution**.

Le plan de l'écliptique fait un angle $\epsilon = 23^{\circ}27'$ avec le plan équatorial de la terre ; c'est **l'obliquité de l'écliptique**.

Les planètes tournent toutes autour du soleil dans le même sens. Elles sont toutes faiblement inclinées sur l'écliptique, sauf Pluton qui a une inclinaison de 17° .

Les planètes tournent sur elles même toutes dans le même sens , sauf Vénus, qui tourne dans le sens rétrograde. C'est le mouvement de **rotation**.

Pendant sa révolution autour du soleil, l'axe de rotation des planètes garde une direction fixe par rapport aux étoiles. (Principe du gyroscope).

Les planètes dans leur mouvement obéissent aux lois de Kepler. Le mouvement de la planète n'est pas uniforme le long de l'année. (**Annexe n°3**)

1° loi : les planètes décrivent des orbites elliptiques dont le soleil est un des foyers.

2° loi : les aires balayées en des temps égaux sont égales (loi des aires).

3° loi : Le rapport du cube du grand axe de l'ellipse sur le carré de la période de révolution est constant. $a^3/T^2 = \text{cte}$

Le **Tableau n° 1** (page 4) résume toutes les caractéristiques du mouvement des planètes.

Symboles astronomiques

Q	Soleil	A	Bélier
S	Vénus	B	Taureau
T R	Terre	C	Gémeaux
lune			
U	Mars	D	Cancer
V	Jupiter	E	Lion
W	Saturne	F	Vierge
X	Uranus	H	Scorpion
Y	Neptune	I	Sagittaire
Z	Pluton	J	Capricorne
		K	Verseau
		L	Poissons

IV. Le temps en Astronomie

IV-1 Le jour

La durée du jour est inégale au cours de l'année. On a défini un *jour solaire moyen*, qui a la même durée (24 heures) tout au long de l'année, alors que le *jour solaire vrai* fluctue.

On appelle jour solaire vrai, l'intervalle de temps ou durée qui s'écoule entre deux passages consécutifs du soleil au méridien d'un même lieu. C'est deux annulations successives de l'angle horaire du soleil.

Le jour solaire moyen qui a pour durée la valeur moyenne du jour solaire vrai. C'est la durée qui sépare deux passages consécutifs, au méridien d'un lieu donné, d'un astre fictif que l'on appelle soleil moyen. Le mouvement d'une montre est basé sur le jour solaire moyen.

Le jour solaire vrai peut être obtenu par un cadran solaire.

La différence entre le jour solaire vrai et le jour solaire moyen donne l'équation de temps

$$\boxed{TSM = TSV + E}$$

L'équation de temps n'est pas la même d'une année à l'autre, car il n'y a pas un nombre entier de jour dans une année.

On appelle jour sidéral la durée pour qu'une étoile repasse au méridien du lieu. Le jour sidéral est plus court que le jour solaire.

En effet, la terre tourne sur elle-même en tournant autour du soleil.

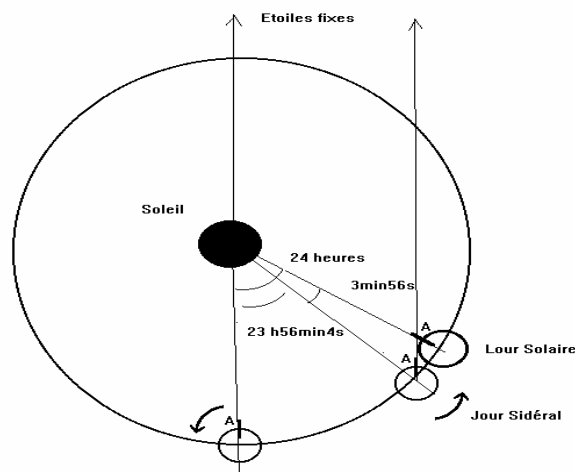
Lors d'une année tropique, c'est à dire d'une année vraie, la terre effectue 365,2422 rotations par rapport au soleil ; mais elle fait un tour de plus par rapport aux étoiles. L'année tropique comporte donc 366,2422 jours sidéraux (11 de plus que de jours moyens).

L'écart avec le jour moyen est

$$\boxed{\frac{1}{365,2422} = 3 \text{ min } 56 \text{ s}}$$

Le jour sidéral a une durée de **23 h 56 min 4 s**

Le **temps sidéral** est l'angle horaire du point γ en un lieu, c'est une coordonnée et non une date



IV -2 La seconde

La seconde est une fraction du jour solaire moyen : 1 seconde = 1/86400 jour solaire moyen.
Depuis 1967 la seconde est définie par la fréquence de transition entre les deux niveaux hyper fin du niveau fondamental du Césium 133. Cette fréquence est

$$\nu = 9\ 192\ 631\ 770\ \text{Hertz}$$

IV -3 Temps civil, légal, temps universel

Le **temps civil** est le temps solaire moyen augmenté de 12 h pour avoir le passage 24 h = 0 à minuit :

$$T_c = T_m + 12\ \text{h}$$

Le midi de la montre, est défini par le passage du soleil au méridien du lieu. C'est ce qu'on appelle le **temps civil local**.

Mais entre Brest et Strasbourg, il y a une différence de 46 minutes. Il faut donc adopter une heure commune sur l'ensemble du pays. Ce n'est qu'en 1891 que ce principe fût adopté. C'est le **temps civil légal**.

La terre a été découpée en 24 fuseaux horaires de 15° ou une heure.

Le temps civil légal, est le temps du méridien central du fuseau

Il y avait jusqu'en 1880, 7 méridiens origines. Le 13 octobre 1884 le méridien de **Greenwich** fut adopté comme méridien origine.

Il restait à adopter un système d'heures à l'échelle mondiale. On a adopté le temps civil légal de Greenwich comme **temps universel ou T.U.**

Le temps légal est en France :

$$T.L. = T.U. + 1\ \text{en hiver}$$

$$T.L. = T.U. + 2\ \text{en été.}$$

IV -4 Le jour Julien

En 1583, **Joseph Scaliger** imagina une ère fictive, permettant la chronologie ancienne, sans les ruptures des calendriers usuels, Julien ou Grégorien. C'est une numérotation des jours à partir d'une origine fictive fixée presque arbitrairement au **1 janvier -4712 à 12 h**. C'est en fait au commencement des trois cycles 15, 19 et 28 ans du **complot ecclésiastique**.

Cette ère n'a ni mois, ni année, mais elle est utilisée en astronomie car elle permet un comptage décimal simple des durées, ce qui n'est guère possible avec un calendrier. Le jour Julien (**jj**) d'une date est le numéro d'ordre du jour dans l'ère de Scaliger. C'est un nombre entier.

Exemple : calcul du JJ d'une date.

L'instant JJ= 0 est le 1/1/-4712 à 12 h et non à 0h car les durées étaient mesurées en temps solaires, à partir de midi.

On peut utiliser l'algorithme suivant :

Soient s = AAAA et m = M

Si m < 3 alors s = s-1 et m = M + 12

Calculer JJ = Int(365,25*s) + Int(30,6*(m+1)) + J + 1 720 994,5

Si JJ > 2 299 160,4 alors calculer q = Int(s/100) puis JJ = JJ + 2-q+Int(q/4)

On obtient JJ pour 0 h TU de la date.

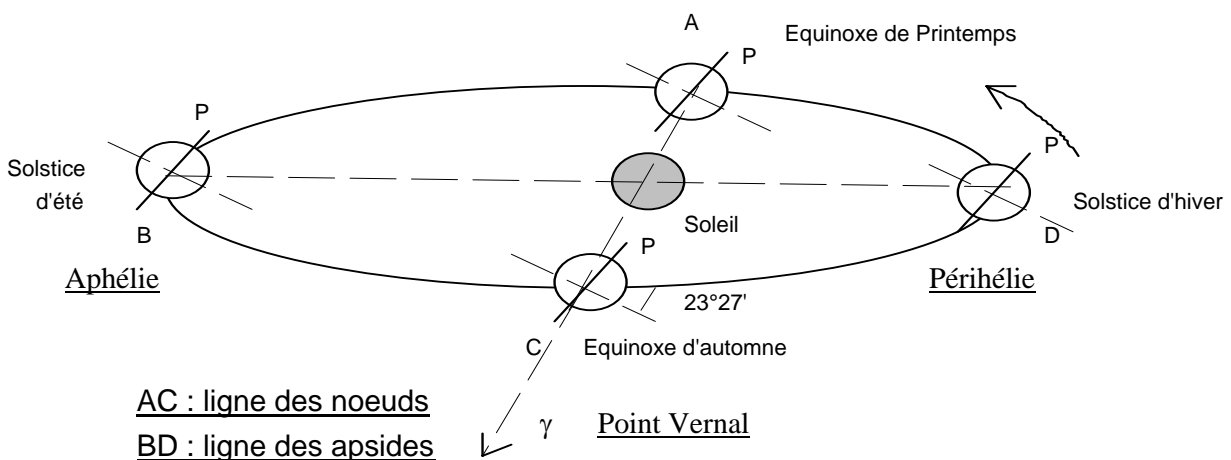
Calculer JJ pour le **14 juillet 1789 à 0 h**.

Ici J = 14 M = 7 et AAAA = 1789

$M > 2$ alors $s = \text{AAAA}$ et $m = 7$
 $JJ = \text{Int}(365,25 \cdot 1789) + \text{Int}(30,6 \cdot (7+1)) + 14 + 1720994,5$
 $= 653432 + 244 + 14 + 1720994,5 = 2374684,5$
 Comme $JJ > 2299160,4$ on calcul $q = \text{Int}(1789/100) = 17$ et $\text{Int}(q/4) = 4$
 Alors $JJ = 2374684,5 + 2 \cdot 17 + 4 = \mathbf{2374673,5}$

IV -5 Les calendriers

La durée de l'année traduit le retour des saisons, le mois la période de la lunaison, et la semaine chacune des 4 phases de la lune.



IV -5 -a. Rappels du mouvement de la terre

D'après la première loi de Kepler, le soleil est un des foyers de la trajectoire elliptique de la terre. Donc la durée des saisons n'est pas égale.

L'année est un système élaboré à partir d'événements astronomiques rythmant les durées plus longues que celle du jour

L'année est le temps mis par la terre pour revenir au même point sur sa trajectoire autour du soleil. Mais elle tourne sur elle-même pendant sa révolution sidérale, autour de son axe des pôles PP'.

Le plan équatorial de la terre (perpendiculaire à l'axe des pôles) est incliné sur le plan de l'écliptique (plan de la trajectoire de la terre et sensiblement des autres planètes) d'un angle de $23^{\circ}27'$.

IV -5 -b. Anomalies du mouvement

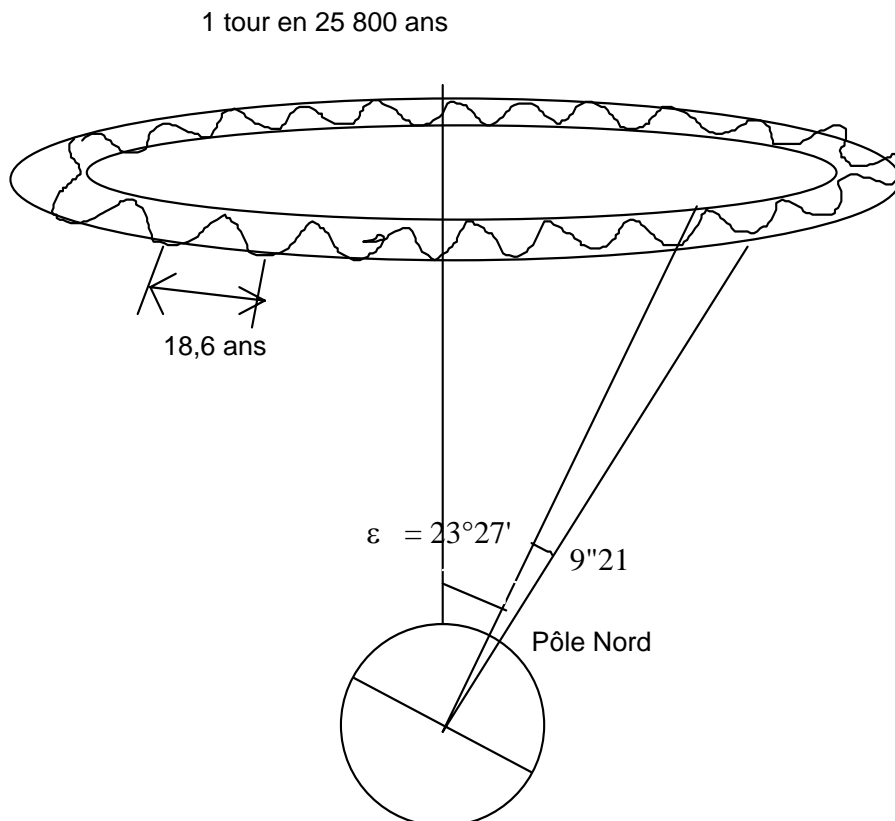
La terre n'est pas une sphère homogène, la lune, le soleil et les autres planètes exercent une action perturbatrice sur le mouvement de la terre.

IV -5 -b -1er Mouvement de précession

Le mouvement de rotation autour de l'axe des pôles ne garde pas une direction constante. L'axe des pôles va tourner au tour du pôle nord galactique, en environ 25 800 ans. Le point vernal rétrograde de 50''3 par an. C'est la précession des équinoxes découverte par Hipparque 130 ans avant notre ère.

IV -5 -b -2e Nutation

L'axe polaire subit de petites oscillations, dues à la rétrogradation des nœuds de l'orbite de la lune, d'une période de 18,6 ans. Il en résulte une variation périodique de l'obliquité de l'écliptique de 9''21 d'amplitude.



IV -5 -c. Les calendriers

Les premiers calendriers furent basés sur le jour, le mois lunaire et l'année solaire. L'année solaire ne contient pas un nombre entier de mois lunaires, si bien que dans les calendriers lunaires, les dates rituelles se décalaient vers l'hiver au cours des années.

C'est ce décalage qui permit aux égyptiens de trouver une année de 365,25 jours. Mais la précession des équinoxes entraîne un décalage des phénomènes astronomiques (par exemple le levé héliaque de Sirius coïncidait 5000 ans avant notre ère, au début des crues du Nil - solstice d'été - et qui maintenant a lieu début août)

IV -5 -c -1er Calendriers Chaldéen et Hébreu vers - 2000

Le calendrier chaldéen comportait 12 mois de 29 et 30 jours alternés d'où une année de 354 jours et un retard de 11,25 jours par an

Pour compenser de retard on ajoutait un mois tous les trois ans. Mais ce ne fut pas fait régulièrement ce qui entraîne de grandes difficultés pour remonter la chronologie.

Le calendrier hébreu est très semblable, mais le redoublement du mois d'**ADAR** était lié au rituel de Pâques. Si l'orge n'était pas mur au printemps, on redoublait le mois d'Adar.

IV -5 -c -2e Le calendrier égyptien

Etabli 10 000 ans avant notre ère ce calendrier comportait **12 mois de 30 jours**, d'où une année de **360 jours**. (Ce nombre est à rapprocher de la division du cercle en degrés 360° pour un tour)

Vers - 4200 il passe à 365 jours par ajout de 5 jours épagomènes après le douzième mois. Mais au bout de 120 ans il apparaît un décalage de 30 jours. Au bout de 1461 ans tout revient comme au début, la coïncidence du début de l'année avec le levé héliaque de Sirius est retrouvée. (En - 2775 avant notre ère). C'est la première période sothiaque, la deuxième se termine en - 1317 et la troisième en + 139 de notre ère.

IV -5 -c -3e Calendrier Romain

Le calendrier romain remonte vers le VIII^{ième} siècle avant J.C. C'était un calendrier lunaire, chaque mois débutait avec la lune. Mais comme la **période synodique** de la lune est de 29,5 jours, les mois ont alternativement 29 et 30 jours. L'année lunaire a 12 mois donc 354 jours. En 3 ans l'année avait pris un mois d'avance sur l'année tropique. Pour y remédier on ajoutait un mois tous les trois ans.

A l'époque de **Jules César** (-101, -44 avant J.C.) le calendrier comportait **12 mois** dont la durée variait **entre 28 et 31 jours** dont le total faisait **355 jours**. Pour établir la concordance avec l'année tropique on ajoutait un mois entre le 23 et le 24 février. La décision était prise par les autorités religieuses mais elles subissaient des pressions, si bien que suivant les régions les mois étaient différents.

A l'époque de Jules César l'astronome **Sosigène** fit adopter en - 46 un nouveau calendrier connu sous le nom de **calendrier Julien**. Chaque année est découpée en **12 mois de 30 ou 31 jours** soit une année de **365 jours**. Février resta un mois de 28 jours. Pour rétablir le décalage de 0,25 jours un ajoutait un jour à l'année tous les 4 ans. Dans le calendrier romain ce jour ajouté après le sixième jour qui précède les calendes de mars. (-d'où bissextile) L'année - 46 dura d'autres parts 446 jours pour retrouver la date du printemps. Après la mort de César on lui dédia le mois de juillet qui avait 31 jours. Plus tard l'empereur Auguste se fit attribuer le mois d'août doté lui aussi de 31 jours.

IV -5 -c -4e Calendrier Grec

Au VIII^{ième} siècle avant notre ère le calendrier grec comportait **12 mois, 6 de 30 jours (mois pleins)** qui alternaient avec **6 de 29 jours (mois caves)**. L'année avait 354 jours. c'était un calendrier lunaire. Vers - 600 un calendrier fut construit sur une période de 8 ans l' **octaétéride**. Une année avait donc 12 mois ou 13 mois. Mais ce calendrier fini par se décaler.

Vers - 400, une nouvelle réforme basée sur **le cycle de Méton** va introduire un nouveau calendrier.

On avait remarqué que 235 lunaisons valaient 6 939,69 jours et 19 années de 365,25 jours valaient 6 939,75 jours. Au bout de 19 ans les phases reviennent les mêmes. Cette période comprenait 19 années de 357, 355, et 384 jours réparties le plus régulièrement possible.

Le calendrier fut encore perfectionné en - 330, où on supprima un jour tous les 4 cycles de Méton (76 ans) ce qui ramène l'année à 365,25 jours.

En - 130 **Hipparque** proposa de retrancher un jour toutes les 4 périodes de 4 cycles de Méton. ce qui donne une année moyenne de 365,2467 jours (au lieu de **365,2422**). Ceci montre la précision de l'école d'Alexandrie.

Mais les grecs continuaient d'utiliser le calendrier octaétéride. A partir du III^{ième} siècle avant J.C. on numérotait les années par rapport aux Olympiades.

IV -5 -d. Les calendriers Actuels

IV -5 -d -1er Le calendrier Grégorien

L'année julienne, avec ses 365,25 jours dure 11 minutes 14 secondes de plus que l'année tropique. En 1582 cet excès accumulé avait provoqué un décalage d'une dizaine de jours : le printemps débutait le 11 mars. Or le concile de Nicée, en 325) avait fixé la date de Pâques au premier dimanche après la pleine lune qui suit le début du printemps. Le Pape Grégoire XIII introduisit la réforme. Pour rattraper ce retard, on décida que le jour suivant le 4 octobre 1582 serait le 15 octobre.

En France le rattrapage eut lieu plus tard le 20 décembre succéda au 9 décembre 1582. en Angleterre il fut adopté en 1752, au Japon en 1873, en U.R.S.S. en 1923 (en déduire quand eurent lieu dans le calendrier en vigueur les journées d'octobre), et la Turquie l'adopta en 1926.

En suite pour éviter ce décalage, on modifia la modalité de désignation des années bissextiles.

La différence conduit à un décalage de un jour tous les 128 ans. On décida donc d'enlever un jour tous les siècles, mais ce serait trop, donc les années séculaires divisible par 400 seront bissextiles, mais cela revient à retirer un jour tous les 133 ans. L'erreur résiduelle est alors de 26 secondes par an. Ce qui fera un jour en 3300 ans

IV -5 -d -2e Le calendrier musulman

C'est un calendrier purement lunaire de 12 mois alternativement de 29 et 30 jours, soit une année de 354 jours. Les mois sont :

Mouharram, Safar, Rabi'-oul-Aououal, Rabi'-out-Tani, Djoumada-l-oula, Djoumada-t-Tania, Radjab, Cha'ban, **Ramadan**, Chaououal, Dou-l-Qa'da, Dou-l-Hidjja.

Le 1^{er} jour de l'an I de l'ère musulmane, qui correspond au départ de Mahomet de la Mecque pour Médine (l'Hégire) correspond au 16-7-622. Le 1^{er} Mouharram 1411 était le 24 juillet 1990.

Mais chaque année le 1^{er} Mouharram tombe 11 jours plus tôt et va parcourir les saisons. Mais la durée de la lunaison dépasse d'environ 45 minutes la durée moyenne des mois de ce calendrier. Pour avoir un bon accord avec le calendrier lunaire, il faut donc ajouter 11 jours au cours des 30 années musulmanes

$$(29,530588-29,5)*12*30 = 11,01 \text{ jours}$$

Sur 30 ans on a donc 11 années « abondantes » de 355 jours réparties régulièrement : années 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26, et 29 du cycle.

On peut remarquer que sur 100 cycles il apparaît un décalage d'un jour.

IV -5 -d -3e Calendrier israélite

Ce calendrier est luni-solaire. Son origine, la création du monde remonte au 7 octobre 3761 avant J.C.. Ce calendrier assure une valeur moyenne de la durée du mois lunaire voisine de 29,530594 jours et de la durée moyenne de l'année 365,2468 jours par une alternance d'année de 12 mois, année **commune**, et d'année de 13 mois, année **embolistique**, selon un cycle de 19 ans. De plus les années communes ont 353, 354 ou 355 jours et les années embolistiques 383, 384 ou 385 jours selon quelles sont **défectives**, **régulières** ou **abondantes**. Il y a 12 années communes et 7 embolistiques : les années 3, 6, 8, 11, 14, 17, et 19 du cycle de Méton. Les années communes ont alternativement 29 et 30 jours, et les années embolistiques ont alternativement 30 et 29 jours. Il y a un jour de plus ou de moins suivant le jour où tombe le 1^{er} Tisri.

Les mois sont : **Tisri** (30), **Hesvan**(30), **Kislev**(30), **Tébeth**(29), **Schébat**(30), **Adar**(29), **Nissan**(30), **Iyar**(29), **Sivan**(30), **Tamouz**(29), **Ab**(30), **Elloul**(29), pour l'année 5750 soit depuis le 30 septembre 1989 au 19 septembre 1990. En 5751, Hesvan n'avait que 29 jours. Le 13^{ème} mois **Véadar** est intercalé entre **Adar** et **Nissan**.

Le 1^{er} Tisri est le nouvel an. La durée moyenne d'une année est sensiblement la même que pour le calendrier Grégorien, sur le cycle de 19 ans. Le jour commence au coucher du soleil.

Calendrier judaïque

Calendrier musulman

Année	Forme	Date Grégorienne	année	Forme	Date Grégorienne
5742	Commune régulière	29.09.1981	1402	Commune	30.10.1981
5743	Commune abondante	18.09.1982	1403	Commune	19.10.1982
5744	Embolistique abondante 6	08.09.1983	1404	Abondante	08.10.1983
5745	Commune régulière	27.09.1984	1405	Commune	27.09.1984
5746	Embolistique défensive 8	16.09.1985	1406	Abondante	16.09.1985
5747	Commune abondante	04.10.1986	1407	Commune	06.09.1986
5748	Commune régulière	24.09.1987	1408	Commune	26.08.1987
5749	Embolistique défensive 11	12.09.1988	1409	Abondante	14.08.1988
5750	Commune abondante	30.09.1989	1410	Commune	04.08.1989
5751	Commune régulière	20.09.1990	1411	Commune	24.07.1990
5752	Embolistique abondante 14	09.09.1991	1412	Abondante	13.07.1991
5753	Commune défensive	28.09.1992	1413	Commune	02.07.1992
5754	Commune abondante	16.09.1993	1414	Commune	21.06.1993
5755	Embolistique régulière 17	06.09.1994	1415	Abondante	10.06.1994
5756	Commune abondante	25.09.1995	1416	Commune	31.05.1995
5757	Embolistique défensive 19	14.09.1996	1417	Abondante	19.05.1996
5758	Commune régulière 1	02.10.1997	1418	Commune	09.05.1997
5759	Commune abondante	21.09.1998	1419	Commune	28.04.1998
5760	Embolistique abondante 3	11.09.1999	1420	Abondante	17.04.1999
5761	Commune défensive	30.09.2000	1421	Commune	06.04.2000
5762	Commune défensive	18.09.2001	1422	Commune	25.03.2001

IV -5 -d -4e Autres calendriers :

* Républicain

12 mois dont les noms sont liés aux saisons et activités agricoles :

Le 1 ^{er} Vendémiaire ou	22 septembre 1792
Le 1 ^{er} Brumaire	22 octobre 1792
Le 1 ^{er} Frimaire	21 Novembre 1792
Le 1 ^{er} Nivôse	21 Décembre 1792
Le 1 ^{er} Pluviose	20 Janvier 1793
Le 1 ^{er} Ventôse	19 Février 1793
Le 1 ^{er} Germinal	21 Mars 1793
Le 1 ^{er} Floréal	20 avril 1793
Le 1 ^{er} Prairial	20 Mai 1793
Le 1 ^{er} Messidor	19 juin 1793
Le 1 ^{er} Thermidor	19 juillet 1793
Le 1 ^{er} Fructidor	18 août 1793

Ce calendrier n'a été utilisé que dans la période du 22 septembre 1792 au 1 janvier 1806 et en France uniquement. Il a été utilisé par la commune de Paris du 6 au 23 mai 1871.

L'année était divisée en 12 mois de 3 décades et se terminait par 5 jours : les *sans-culottides*

* Aztèques

Calendrier civil de 189 mois de 20 jours, soit 360 jours néfastes. Siècle de 52 ans. Calendrier religieux : Année divinatoire de 260 jours. Calendrier Vénusien Année de 584 jours solaires. Au bout de 56 années vénusiennes (104 années solaires soit 2 siècles les calendriers retrouvent la même date.

* Copte

Utilisé en Ethiopie ce calendrier est d'inspiration égyptien ancien luni-solaire.

* Mayas

Même type de calendrier que le calendrier Aztèques.

Le calendrier Maya compte les années depuis le 6 Septembre 4113 avant JC. Les unités sont

Kin 1 jour

Vinal 20 Jours

Tun 360 jours = 18 vinals

Katun 7200 jours = 20 tuns

Baktun 144 000 jours = 20 katuns

Le calendrier rituel comporte 13 périodes de 20 jours dans une combinaison de l'année solaire ce qui fait 18 mois de 20 jours plus 5 jours. Il en résulte un cycle de 52 ans.

* Calendrier Chinois

Le calendrier chinois remonterait à 2637 ans avant JC et aurait été créé par l'empereur Huanghi.

Le calendrier chinois, semblable au calendrier Hébreu, est un calendrier Luni-Solaire.

Les Années ordinaires ont 12 mois et les années de saut en ont 13.

Les années ordinaires ont 353, 354, 355 jours et les années de saut 383, 384 ou 385 jours.

Les années de saut sont déterminées par les années de treize lunes.

Les années font un cycle de 60 ans qui sont déterminées par deux parties. La première partie est

- | | |
|---------|---------|
| 1. jia | 6. ji |
| 2. yi | 7. geng |
| 3. bing | 8. xin |
| 4. ding | 9. ren |
| 5. wu | 10. gui |

Ces mots n'ont pas d'équivalent en français.

La seconde partie est liée à l'environnement terrestre.

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. zi (rat, rat) | 7. wu (horse, cheval) |
| 2. chou (ox, bœuf) | 8. wei (sheep, mouton) |
| 3. yin (tiger, tigre) | 9. shen (monkey, singe) |
| 4. mao (hare, rabbit, lapin) | 10. you (rooster, coq) |
| 5. chen (dragon, dragon) | 11. xu (dog, chien) |
| 6. si (snake, serpent) | 12. hai (pig, cochon) |

Le 60^{ième} cycle a débuté le 2 février 1984.

L'année ji-mao est la 16^{ième} année du 78^{ième} cycle a commencé le 16 février 1999.

La correspondance donne l'année ji-mao, la 16^{ième} année du 78^{ième} cycle, débute le 16 Février 1999.

V. Annexes mathématiques

V-1 Effet Doppler-Fizeau

Soit un émetteur E ayant une vitesse V dans un système lié à un observateur O fixe.

A la date t, E émet un signal. OE = r

A la date t' ce signal atteint O. Le signal se déplace à la vitesse de la lumière c = 3.10⁸ m/s

$$t' = t + \frac{r}{c}$$

$$t' - t = \frac{r}{c}$$

Dans le repère (x,y,z,t)₀

Soit t₁ date du premier signal

Soit t₂ date du deuxième signal

Soit t'₁ date de réception du premier signal

Soit t'₂ date de réception du deuxième signal.

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\Delta t' = t'_2 - t'_1$$

$$\Delta t' = (t'_2 - t_2) - (t'_1 - t_1) + (t_2 - t_1)$$

$$\Delta t' = \Delta(t' - t) + \Delta t$$

$$\text{Or } t' - t = \frac{r}{c}$$

$$\frac{\Delta t'}{\Delta t} = \frac{1}{c} \left(\frac{dr}{dt} \right)$$

$$\Delta t' = \frac{1}{c} \left(\frac{dr}{dt} \right) \Delta t + \Delta t$$

$$\Delta t' = \left[1 + \frac{1}{c} \left(\frac{dr}{dt} \right) \right] \Delta t$$

or la vitesse radiale est : $V_r = \frac{dr}{dt}$ (comptée positivement dans le cas d'un éloignement)

$$\Delta t' = \Delta t \left(1 + \frac{V_r}{c} \right)$$

Or Δt est mesuré dans un système lié à l'observateur et $\Delta t''$ est mesuré dans un système lié à émetteur ou durée propre, $\Delta t'$ est lié à l'observateur durée observée :

$$\Delta t = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Delta t''$$

$$\Delta t' = \frac{\Delta t'' \left(1 + \frac{V_r}{c} \right)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Δt peut être en particulier, la période de l'onde électromagnétique transmise par l'émetteur d'où : en terme de longueur d'onde λ :

$$\frac{\lambda_o}{\lambda_e} = \frac{1 + \frac{V_r}{c}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Δt est la période liée à l'observateur. $\Delta t = T_o$

$\Delta t''$ est la période liée à émetteur $\Delta t'' = T_e$

Or $\lambda = cT$ donc $\lambda_o = cT_o$

$$\lambda_e = cT_e$$

$$\Delta t' = \frac{\Delta t'' \left(1 + \frac{V_r}{c}\right)}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad \text{ou} \quad \frac{\lambda_o}{\lambda_e} = \frac{1 + \frac{V_r}{c}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

mais $V^2 = V_r^2 + V_T^2$

et si $V \ll c$ cas non relativiste on obtient :

$$\frac{\lambda_o}{\lambda_e} = 1 + \frac{V_r}{c}$$

$$\frac{\lambda_o - \lambda_e}{\lambda_e} = \frac{V_r}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_e}$$

Il y a décalage vers le rouge s'il y a éloignement, et décalage vers le bleu s'il y a rapprochement.

V -2 Autre phénomène lié à l'effet Doppler-Fizeau:

Si un atome au repos émet une raie de longueur d'onde λ , dans le cas d'une agitation thermique, certains atomes vont se rapprocher, d'autres s'éloigner avec des vitesses différents. Cela entraînera un élargissement de la raie, qui dépend de la température et de la masse de l'atome:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

VI. Vitesse d'évasion d'une planète

La vitesse d'évasion, est la vitesse minimale qu'il faut communiquer à un objet de masse m , pour lui permettre de quitter la planète, c'est à dire pour se déplacer depuis sa surface jusqu'à l'infini.

La force d'attraction d'un solide de masse m par une planète de masse M et de rayon R est :

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

L'énergie qu'il faut fournir à la masse m pour la faire passer de sa surface à l'infini est :

$$W = \int_R^\infty F dr = \int_R^\infty \frac{GMm}{r^2} dr = \left[-G \frac{Mm}{r} \right]_R^\infty$$

$$W = G \frac{Mm}{R}$$

Cette énergie est fournie sous forme d'énergie cinétique à la masse m :

$$E_c = \frac{1}{2} mv_1^2 = G \frac{Mm}{R}$$

$$v_1^2 = 2G \frac{M}{R}$$

Application :

Calculer la vitesse de libération des différentes planètes du système solaire.

VII. Le compuct ecclésiastique

Le compuct ecclésiastique contient quatre ou cinq nombres, qui servent à déterminer les fêtes religieuses.

1. Le nombre d'or

Il suppose les années réparties en un cycle de 19 ans (qui correspond au saros qui fait 233 lunaisons). C'est le cycle de Méton. Le nombre d'or est compris entre 1 et 9, indique le rang d'une année donnée dans le cycle de 19 ans au bout duquel les phases de la lune se reproduisent aux mêmes dates.

On le calcul en ajoutant 1 au millésime et en divisant par 19. Le reste de la division est le nombre d'or d'une année. Un reste nul est égalé à 19

2. L'épacte

Compris entre 0 et 29, c'est l'âge de la lune à la veille du premier janvier. (0 correspond à la nouvelle lune)

3. Le cycle dominical ou cycle solaire

Le cycle solaire est compris entre 1 et 28. L'année est caractérisée par son rang dans le cycle solaire de 28 ans.

4. L'indiction romaine.

Période de 15 années, ce nombre n'a aucune signification astronomique. Les indictions ont commencée le 1 janvier 313, depuis les années portent un numéro compris entre 1 et 15.
