



Une (interminable) histoire de calendriers...

Lundi 25 septembre 2006

Lundi 12 septembre 2006 (AS)

DIES LUNAE PRID. ID. SEP. MMDCCLIX A.U.C.

Tridi 3 vendémiaire CCXV (Châtaigne)

3 tishri 5767

2 ramadan 1427

JD 2 454 004.045



Plan

- *Pourquoi ?*
- Bases astronomiques
- La réforme julienne (45 av. JC)
- La réforme grégorienne (1582)
- Quelques réformes avortées
- Les imperfections résiduelles
 - Effets linéaires, effets quadratiques
 - Les secondes intercalaires (*seront abordées s'il nous reste plusieurs minutes*)



Pourquoi ?

- Suivre et prévoir les rythmes de la nature :
 - Agriculture
 - Crues (le Nil)
- Puis ceux de l'administration :
 - Règles
 - Salaires
 - Impôts



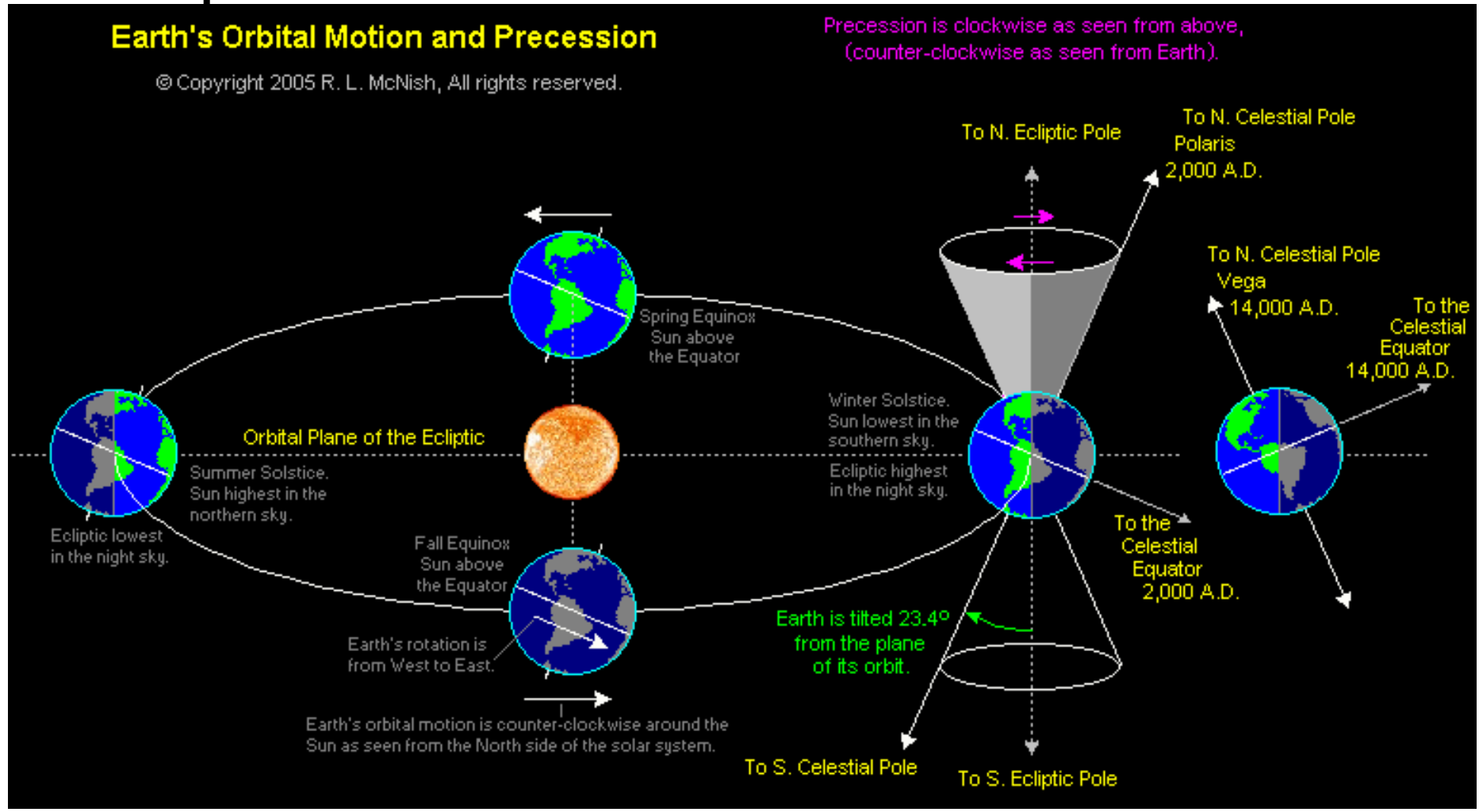


Année

- L'année du calendrier : ramène les saisons à date fixe *année tropique*
- L'année de l'astronome/physicien : correspond à un tour autour du Soleil
 - la 3^{ème} loi de Kepler : $P^2 \sim a^3$ *année sidérale*
- Différentes ! Précession des équinoxes
 - Tropicque : 365,242190 j = 365j 5h 48m 45,2s
 - Sidérale : 365,256363 j = 365j 6h 09m 09,8s

Précession des pôles en 26000 ans : 20 secondes d'arc / an

Précession : $\frac{3}{2} (GM/r^3) / \omega_T \Delta I/I \cos \alpha$

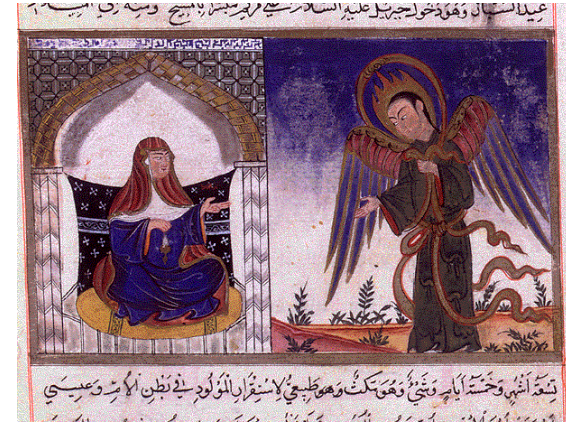




Incommensurabilité

- Le dilemme des premiers calendriers
 - Nb de mois / an $\approx 12,37\dots$
 - Nb de jours / mois $\approx 29,53\dots$
- Familles de calendriers
 - Ignorer (presque !) la Lune : calendrier solaire
 - Ignorer (presque !) le Soleil : calendrier lunaire
 - Calendrier luni-solaire : base lunaire + « rattrapage »

Calendrier lunaire



○ Le calendrier musulman :

- 12 mois, de 29 ou 30 j alternativement
- **Année commune** de 354 j (mois = 29,5 j : *court*)
- Un des 12 mois peut avoir *29 ou 30 j*
- Si 30 j : **année abondante** (355 j)
- 11 années abondantes sur 30 ans
 - $12 \times 30 = 360$ mois
 - $19 \times 354 + 11 \times 355 = 10631$ j
 - Mois moyen = 29,530556 j (*écart* : - 0,000033 j / mois)

Calendrier luni-solaire



○ Le calendrier hébraïque

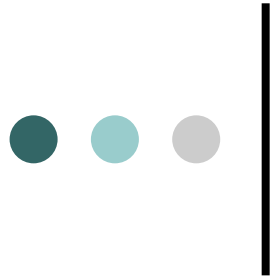
- 12 ou 13 mois de 29 ou 30 j
- Années **communes** de 353, 354 ou 355 j
- Années **embolismiques** de 383, 384 ou 385 j
- Cycle de 19 années, dont 7 embolismiques
 - Attribué à **Méton** (432 av JC) pour qui 1 an = $365 \frac{5}{19}$ j
 - 19 ans = 6940 j (Méton) ; en fait 6939,60 j
 - 235 mois = 6939,69 j
 - Cycle analogue dans le calendrier chinois (484 av JC)
- Noms des mois : copie du calendrier babylonien



Calendrier solaire

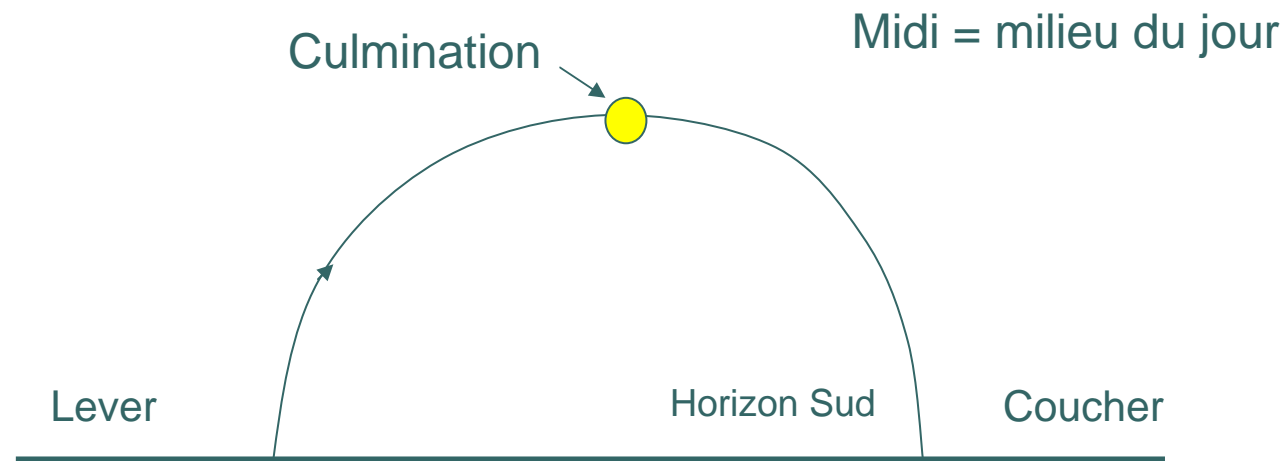


- Le calendrier égyptien : **ancêtre du nôtre**
 - 12 mois de 30 jours + 5 jours (*épagomènes*)
 - D'où décalage 1j / 4 ans
 - calendrier dit « vague »
 - cycle sothiaque de 1461 ans (*Sothis = Sirius*)
 - L'existence du cycle permet de dater à ~4235 av JC le début de la 1^{ère} période sothiaque
 - Réforme de Ptolémée III Évergète (v. 238 av JC) :
 - Ajouter 1 épagomène tous les 4 ans
 - **Ancêtre du calendrier julien !**
 - Non appliquée
 - NB : similarité avec le calendrier républicain (1792)



Le jour solaire vrai

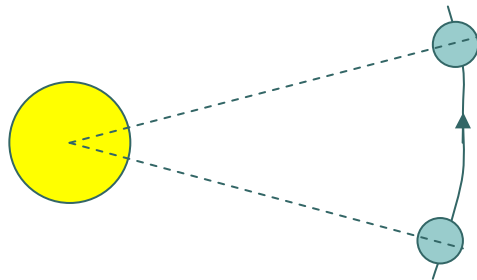
- Jour = intervalle entre deux **culminations** du Soleil
 - (Car lever et coucher affectés par réfraction et latitude)



● ● ● | Jour et rotation

- Un jour n'est pas un tour

En 1 jour la Terre progresse sur son orbite



Pour deux culminations successives,
La Terre ne présente pas la même orientation
(par rapport aux étoiles lointaines)

Une année = 360 degrés, donc 1 jour \approx 1 degré d'écart

Rotation (par rapport aux étoiles lointaines) : 23h56m04s

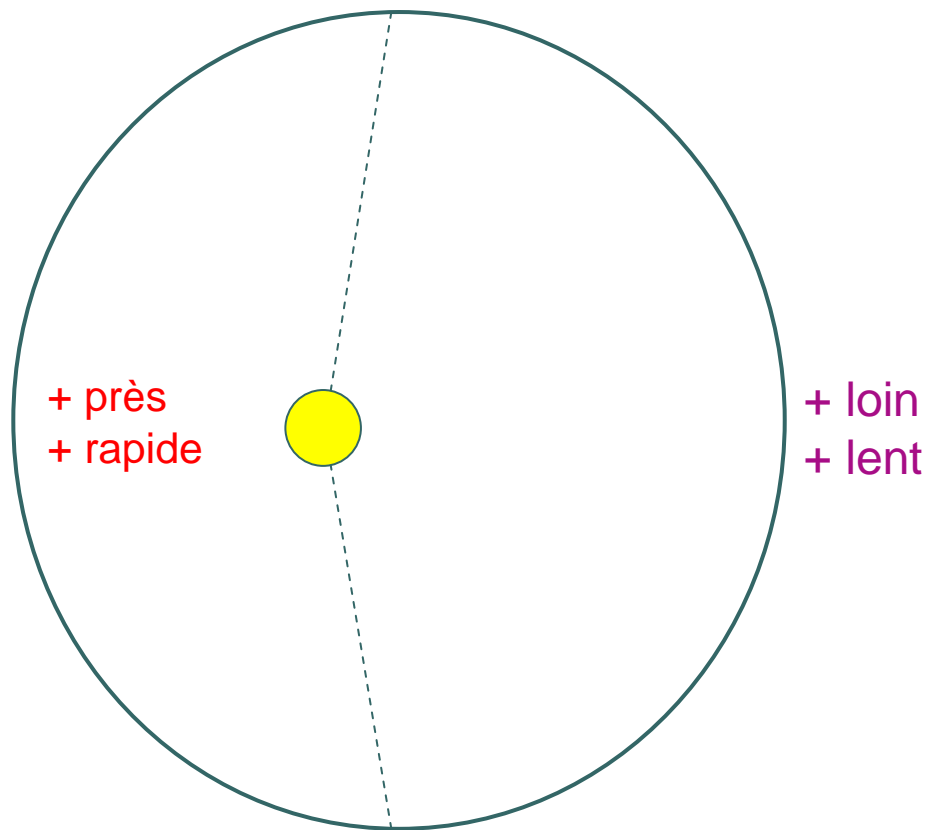
Jour sidéral (par opposition au jour solaire)

366.2422 jours sidéraux = 365.2422 jours solaires moyens



Jour solaire vrai et jour solaire moyen

L'orbite de la Terre n'est pas un cercle



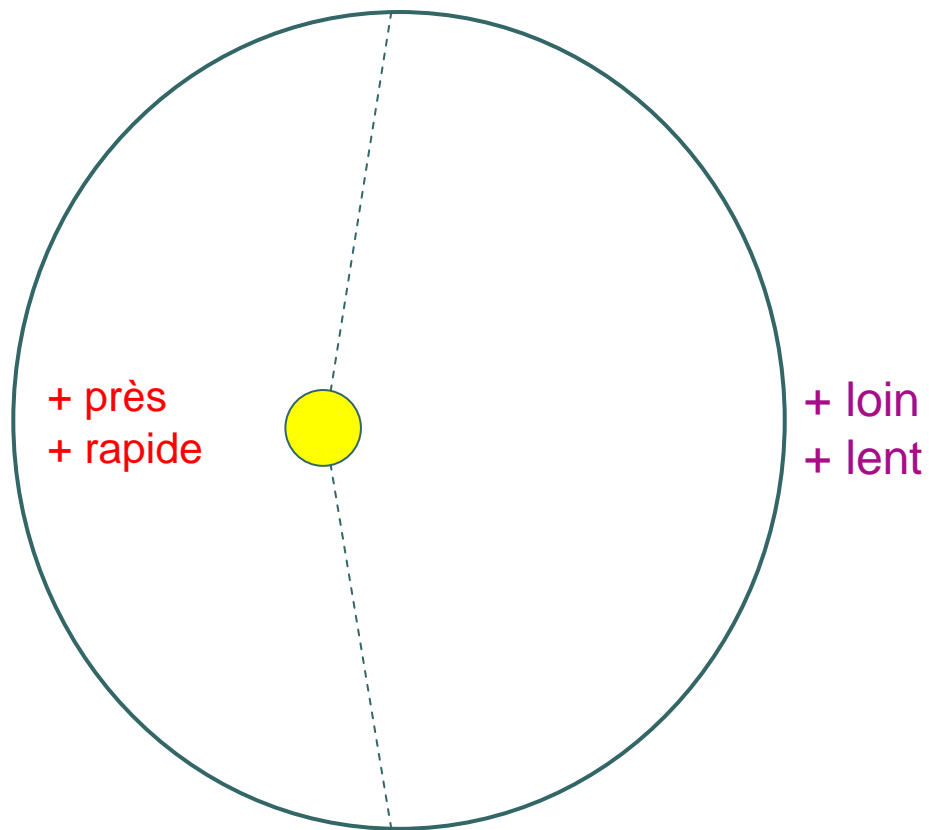
Près : 147 millions km
30,5 km/s
Journée + longue

Loin : 152 millions km
29,5 km/s
Journée + courte



Jour solaire vrai et jour solaire moyen

L'orbite de la Terre n'est pas un cercle



Près : 147 millions km
30,5 km/s
Journée + longue
JANVIER

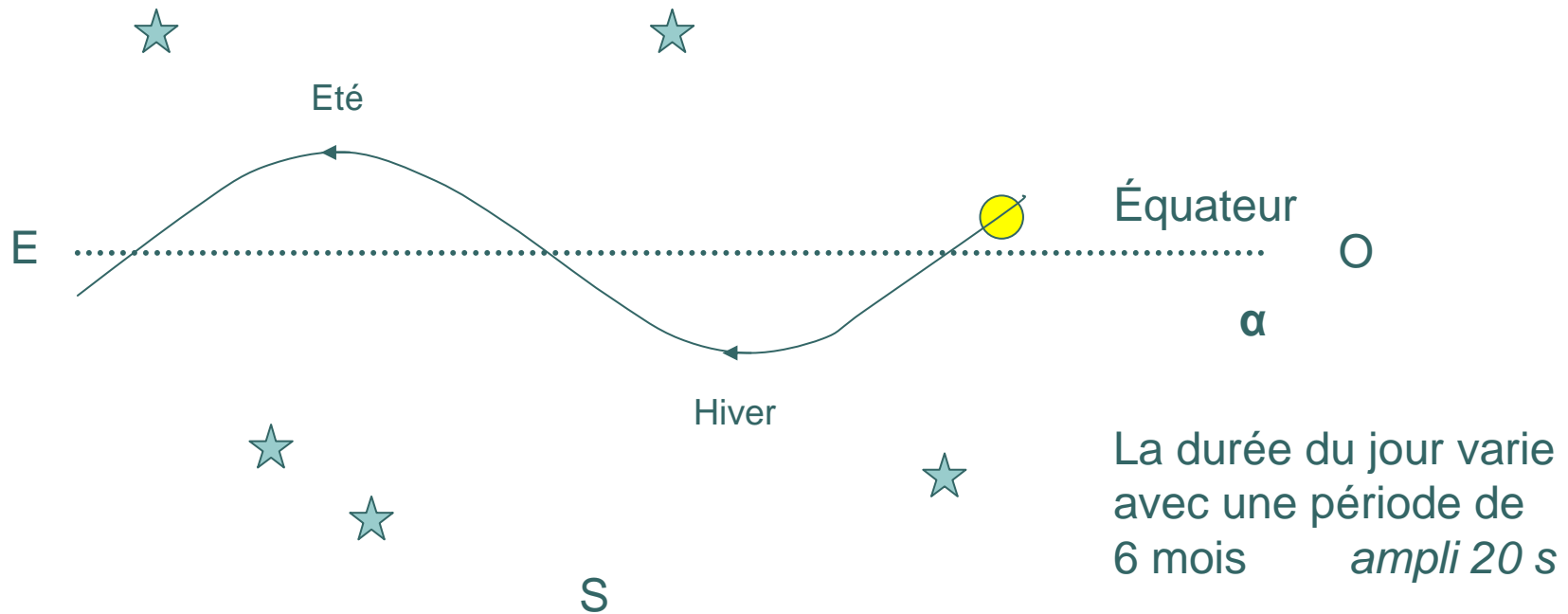
Loin : 152 millions km
29,5 km/s
Journée + courte
JUILLET

Période de variation : 1 an
Amplitude ~ 12 s

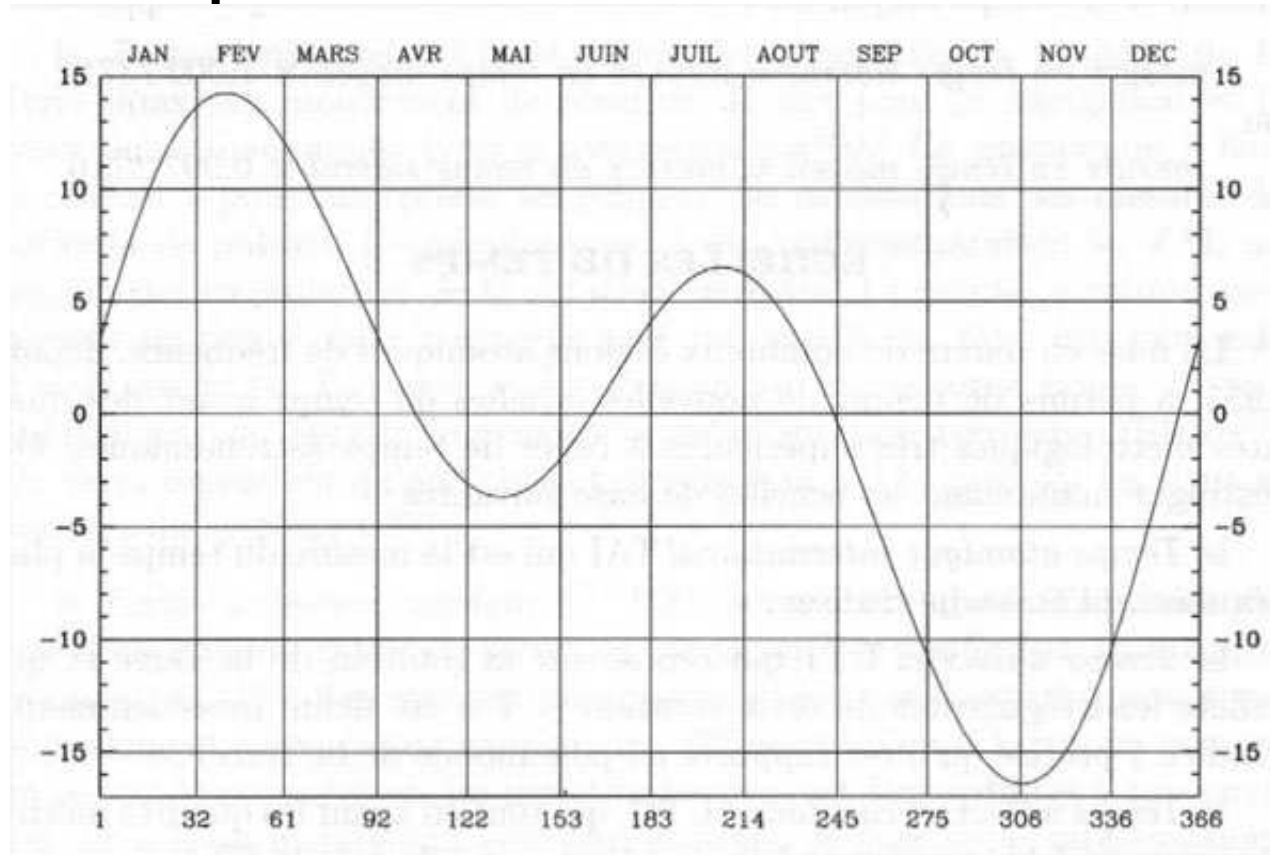


Influence des saisons

- Par rapport aux étoiles : le Soleil se déplace vers l'Est selon l'ascension droite α
 - Plus vite aux solstices (21 juin, 21 décembre) jour + long
qu'aux équinoxes (21 mars, 21 septembre) jour + court



L'équation du temps



Jour de l'année

Écart entre midi vrai et midi moyen (en minutes)

Jour très long fin déc – début janvier (les 2 effets s'ajoutent)

Amplitude 30 min

Nécessité du jour moyen !

1 seconde =
1 jour moyen / 86400
(jusqu'en 1961)

NB : éq. du temps = intégrale de (j sol vrai – 24 h)



Les heures (hors sujet !)

- **Babylone : jour divisé en 12 *kaspu***
 - Pourquoi 12 ? Rapport luni-solaire ?
 - Hyp. : En 1 *kaspu*, déplacement apparent de Lune ou Soleil = déplacement de Soleil (ou Lune) par rapport aux étoiles entre deux pleines lunes consécutives.
 - Numération duodécimale et phalanges
 - Plus tard : journée et nuit divisées en 12 « heures » irrég.
 - Heures égales ou « équinoxiales » : Galien et les fièvres
- **Grecs : mention de 24 h au V^{ème} av JC**
- **Romains : « veilles » de 3h (prime, tierce, sixte ...)
 puis 24 h (texte de 273 av JC)**



Minutes et secondes (très hors sujet)

○ Origine exacte des 60 minutes / heure et 60 secondes / minute : **inconnue**



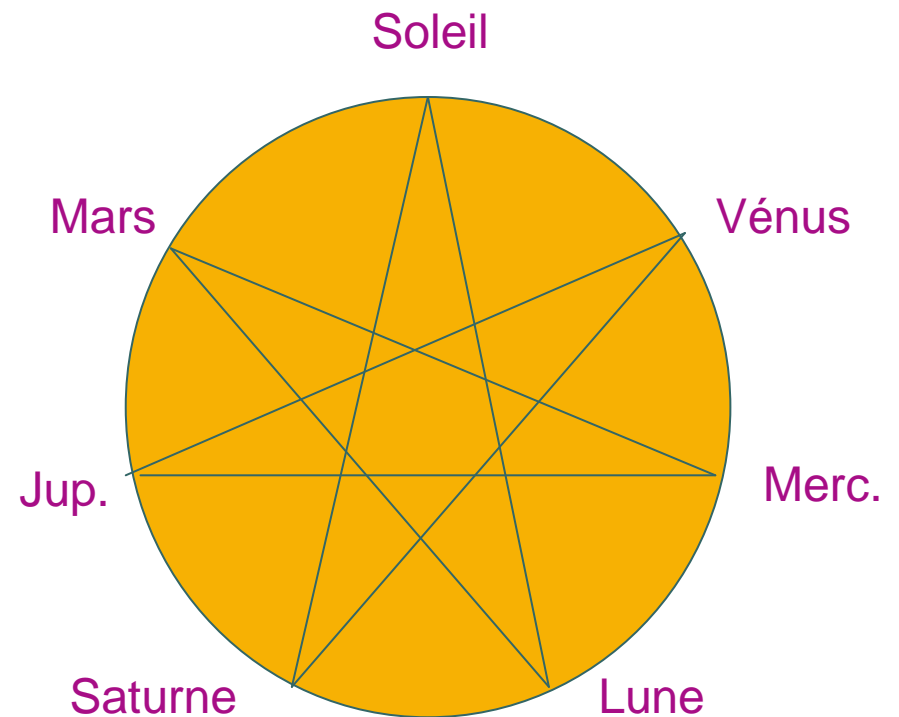
MS 3048
Table for solving cubic equations, in the Sumerian sexagesimal system.
Babylonia, ca. 19th c. BC

- Toutes les sources disent : origine babylonienne, **sans argument ni détail**
- Numération sexagésimale
 - Phalanges et doigts : une hypothèse séduisante
 - La coïncidence : 360 degrés et 365 jours / an ?
 - Il a existé des calendriers de 360 j (Sumer 2600 av JC)
 - Géométrie : hexagone
- Etymologie romaine
 - minutum = menu minutum secundum = encore + menu

Semaine et nom des jours

○ Semaine de 7 jours

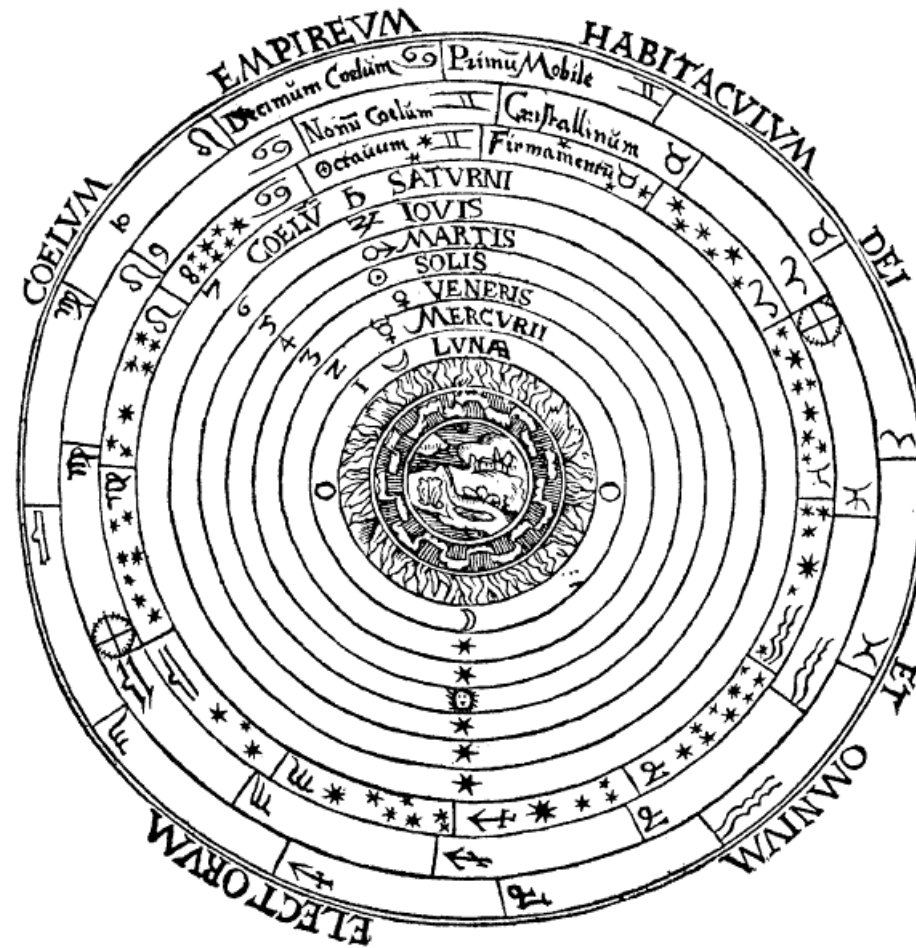
- Babylone 7, 14, 21, 28
- Proche de $\frac{1}{4}$ de lunaison (phases)
- Les 7 « luminaires »
 - (Soleil, Lune, 5 planètes)
- Chaque heure du jour associée à un luminaire
 - Ordre « ptoléméen »
 - Chaque jour prend le nom du luminaire de la 1^{ère} h
 - 24 congru à 3 modulo 7



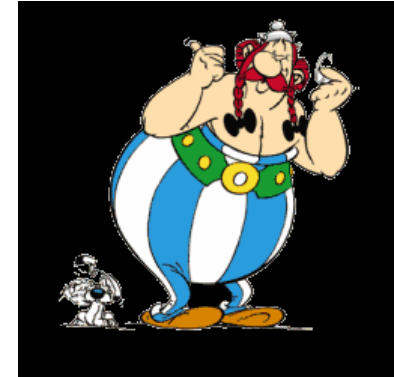


Systeme de Ptolémée

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .



Le calendrier romain



- Le calendrier romain est le nôtre...
- Plusieurs étapes
 - Le calendrier dit de Romulus
 - La réforme de Numa Pompilius
 - Le calendrier républicain
 - La réforme de Jules César

Le calendrier de Romulus

(753 av. J.-C)



- C'est un calendrier lunaire
- 10 mois :
 - Début à l'équinoxe de printemps
 - 4 de 31 jours, 6 de 30 jours
 - 304 jours seulement
 - Il manque 51 jours : on arrêta de compter les jours à la fin de l'hiver, jusqu'à se recalculer sur la 1^{re} lune de printemps qui correspond aux calendes de mars (1^{er} mars)



Les mois romains (I)

dans le calendrier de Romulus

- **MARTIVS** (31 j., Mars)
- **APRILIS** (30 j., Aphrodite ? *aprire* ? Apollon ?)
- **MAIVS** (31 j., *maiores*, i.e. anciens, Maia ?)
- **IVNIVS** (30 j., Junon)
- **QVINTILIS** (31 j., 5^e mois)
- **SEXTILIS** (30 j., 6^e mois)
- **SEPTEMBER** (30 j., 7^e mois)
- **OCTOBER** (31 j., 8^e mois)
- **NOVEMBER** (30 j., 9^e mois)
- **DECEMBER** (30 j., 10^e mois)





Les jours du mois...



- Le 1er jour de chaque mois est censé correspondre à la nouvelle lune.
- Jour important où les pontifes annoncent le calendrier et les fêtes du mois.
- C'est le jour des **calendes** (*calendæ*, de *calare*, appeler) qui ne sont jamais grecques...



Les jours du mois...



- 15^e jour des mois longs (16^e des courts) est le jour des **ides** (*iduaire* : diviser) ~ pleine lune



- 9^e jour avant les ides : les **nones** ; 1^{er} jour du marché qui dure jusqu'au ides, ~1^{er} quartier

- Décompte inverse du nôtre :
 - ...
 - V^e j. avant les nones, (les calendes, les ides).
 - IV^e j. avant les nones,
 - III^e j. avant les nones,
 - Veille des nones (!) pas de zéro à Rome
 - Nones
 - Décompte identique pour les ides, les calendes.



Calendes, ides et autres nones

1	Kalendis	Kalendis	Kalendis	Kalendis
2	postridie Kalendas a.d. IV Nonas	postridie Kalendas a.d. IV Nonas	postridie Kalendas a.d. IV Nonas	postridie Kalendas a.d. VI Nonas
3	a.d. III Nonas	a.d. III Nonas	a.d. III Nonas	a.d. V Nonas
4	pridie Nonas	pridie Nonas	pridie Nonas	a.d. IV Nonas
5	Nonis	Nonis	Nonis	a.d. III Nonas
6	postridie Nonas a.d. VIII Idus	postridie Nonas a.d. VIII Idus	postridie Nonas a.d. VIII Idus	pridie Nonas
7	a.d. VII Idus	a.d. VII Idus	a.d. VII Idus	Nonis
8	a.d. VI Idus	a.d. VI Idus	a.d. VI Idus	postridie Nonas a.d. VIII Idus
9	a.d. V Idus	a.d. V Idus	a.d. V Idus	a.d. VII Idus
10	a.d. IV Idus	a.d. IV Idus	a.d. IV Idus	a.d. VI Idus
11	a.d. III Idus	a.d. III Idus	a.d. III Idus	a.d. V Idus
12	pridie Idus	pridie Idus	pridie Idus	a.d. IV Idus
13	Idibus	Idibus	Idibus	a.d. III Idus
14	postridie Idus a.d. XIX Kalendas	postridie Idus a.d. XVI Kalendas	postridie Idus a.d. XVIII Kalendas	pridie Idus
15	a.d. XVIII Kalendas	a.d. XV Kalendas	a.d. XVII Kalendas	Idibus
16	a.d. XVII Kalendas	a.d. XIV Kalendas	a.d. XVI Kalendas	postridie Idus a.d. XVII Kalendas
17	a.d. XVI Kalendas	a.d. XIII Kalendas	a.d. XV Kalendas	a.d. XVI Kalendas
18	a.d. XV Kalendas	a.d. XII Kalendas	a.d. XIV Kalendas	a.d. XV Kalendas
19	a.d. XIV Kalendas	a.d. XI Kalendas	a.d. XIII Kalendas	a.d. XIV Kalendas
20	a.d. XIII Kalendas	a.d. X Kalendas	a.d. XII Kalendas	a.d. XIII Kalendas
21	a.d. XII Kalendas	a.d. IX Kalendas	a.d. XI Kalendas	a.d. XII Kalendas
22	a.d. XI Kalendas	a.d. VIII Kalendas	a.d. X Kalendas	a.d. XI Kalendas
23	a.d. X Kalendas	a.d. VII Kalendas	a.d. IX Kalendas	a.d. X Kalendas
24	a.d. IX Kalendas	a.d. VI Kalendas	a.d. VIII Kalendas	a.d. IX Kalendas
25	a.d. VIII Kalendas	a.d. V Kalendas	a.d. VII Kalendas	a.d. VIII Kalendas
26	a.d. VII Kalendas	a.d. IV Kalendas	a.d. VI Kalendas	a.d. VII Kalendas
27	a.d. VI Kalendas	a.d. III Kalendas	a.d. V Kalendas	a.d. VI Kalendas
28	a.d. V Kalendas	pridie Kalendas	a.d. IV Kalendas	a.d. V Kalendas
29	a.d. IV Kalendas		a.d. III Kalendas	a.d. IV Kalendas
30	a.d. III Kalendas		pridie Kalendas	a.d. III Kalendas
31	pridie Kalendas			pridie Kalendas

La réforme de Numa Pompilius (715-673 av. J.-C.)



- Second des 7 rois
- Il ajoute 50 jours à l'année
- Les 6 mois de 30 jours sont ramenés à 29 jours (les nombres pairs sont néfastes...)
 - *Impare deo gaudet*
- 2 mois supplémentaires sont ajoutés après décembre :
 - **FEBRVARIVS** (28 j, Februo)
 - **IANVARIVS** (28 j., Janus)



Vers le calendrier républicain



- total : **354 j.**(année lunaire...)
- 354 est pair !
- On ajoute un jour à janvier ! **355 j.**
- Pour recaler ce calendrier lunaire sur le Soleil, on procède à des intercalations inspirées du système grec
- Tous les 4 ans on ajoute (en principe) un *mens intercalaris* de 29 jours, le 6^e j. avant les calendes de mars, en février; février s'allonge alors d'un jour
 - Les 5 dernier jours de février sont rattachés au mois intercalaire...
- Cycle de **4 ans** :
- Trois fois 355 j
- $355 + 29 + 1 = 385$
- **362,5 j.** en moyenne : un peu court !

Les mois romains (II)

→ 150 av. J.-C.

- MARTIVS (31 j.)
- APRILIS (29 j.)
- MAIVS (31 j.)
- IVNIVS (29 j.)
- QVINTILIS (31 j.)
- SEXTILIS (29 j.)
- SEPTEMBER (29 j.)
- OCTOBER (31 j.)
- NOVEMBER (29 j.)
- DECEMBER (29 j.)
- FEBRVARIVS (28 / 29 j.)
 - MENS INTERCALARIS
(29 j., intercalés à la fin de février,
tous 4 ans)
- IANVARIVS (28, puis 29 j.)





Le calendrier républicain



- Vers -150, on fait commencer l'année au solstice d'hiver. Inversion de janvier et février (Janus est le dieu au double visage...)
- Le mois intercalaire est nommé **Mercedonius** (*merces, mercedis* : gages, salaire)
- **Intercalé tous les 2 ans, au 6^e jour avant les calendes de mars, il n'a que 22 ou 23 jours ; les derniers jours de février lui sont attribués !**
- Cycle de 4 ans :
 - 355,
 - $355 + 23 = 378$,
 - 355
 - $355 + 22 = 377$
- **366,25 j.** en moyenne : proche de l'année solaire



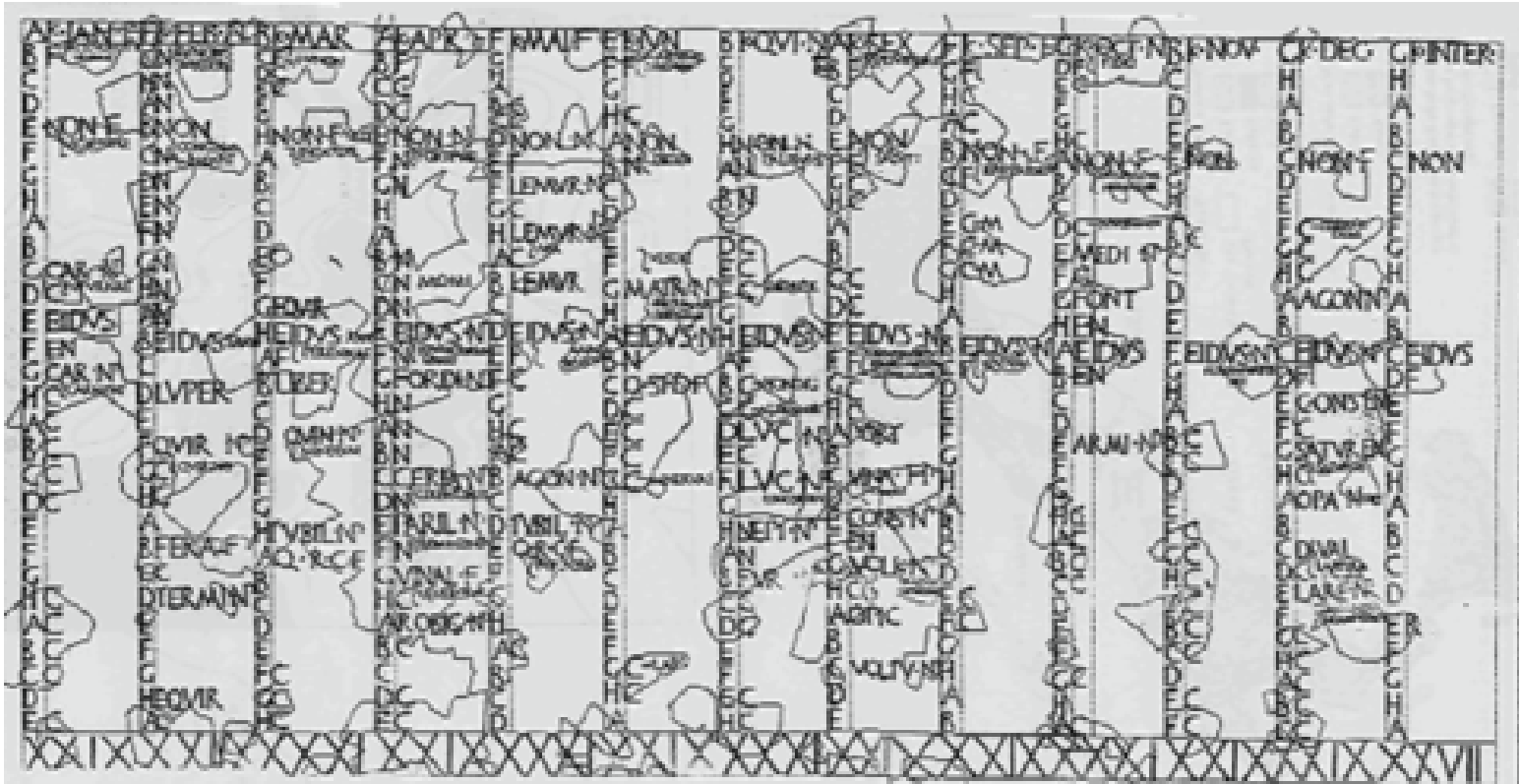
Les mois romains (III)

du calendrier républicain

- IANVARIVS (29 j.)
- FEBRVARIVS (28 j.)
- MERCEDONIVS (22 ou 23 j., intercalés à la fin de février)
- MARTIVS (31 j.)
- APRILIS (29 j.)
- MAIVS (31 j.)
- IVNIVS (29 j.)
- QVINTILIS (31 j.)
- SEXTILIS (29 j.)
- SEPTEMBER (29 j.)
- OCTOBER (31 j.)
- NOVEMBER (29 j.)
- DECEMBER (29 j.)



Un calendrier pré-julien





La chute du calendrier républicain



- Les intercalations sont complexes, tenant compte de divers contraintes pour éviter les années néfastes. Elles sont laissés au choix des pontifes qui n'appliquent pas les règles
- L'accord avec les lunaisons est difficile (calendes)
- Les consuls manipulent le calendrier
- Les mois intercalaires sont parfois diminués pour diminuer des mandats politiques ou militaires
- Ils sont parfois supprimés !
- Échéances économiques et judiciaires troublées
- Les fêtes et les saisons se décalent dans l'année solaire (3 mois, *Caesare consule*)
- **Il faut une réforme**



Jules entre en scène...



- Jules César décide d'intervenir
- Il est fasciné par l'Égypte, sa reine et son calendrier !
- Il fait venir l'astronome **Sosigène** d'Alexandrie



Les bases de la réforme

- Le calendrier sera **solaire**, sans tenir compte des lunaisons
- La longueur de l'année tropique est estimée à **365,25 jours**
- Hipparque (100 avant) : 365 j 5 h 55 min... (49 en fait)
- Sosigène le savait sûrement !
- L'année commune est fixée à **365 j.**
- Tous les 4 ans, on ajoute un jour supplémentaire
- Recette égyptienne proposée (sans succès) par Ptolémée III Evergète (~238 av. J.-C.)



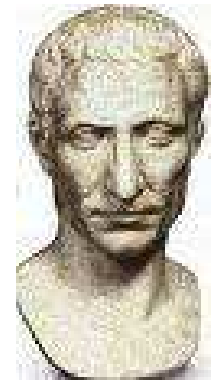
● ● ● | Mois juliens

- Mercedonius disparaît ; les 10 jours supplémentaires sont répartis entre les mois de 29 j.
- Les ides et nones restent à leur place traditionnelle !
- Le jour supplémentaire s'intercalera, comme mercedonius, le 6^e jour avant les calendes de mars :
- *Bis-sextus ante calendas martiis*
 - → **bissextil(le)**



Application de la réforme

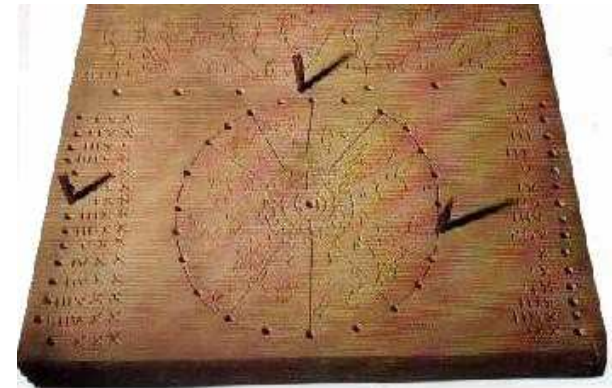
- L'équinoxe de printemps est fixée au **25 mars**
- L'année commencera le 1^{er} janvier
- Pour supprimer le décalage, l'année 708 A.U.C (46 av. J.-C.) aura 455 jours. C'est ***l'année de confusion***
- Antoine, consul, propose de donner le nom de Jules à quintilis : **IVLIVS**



Les mois romains (IV)

du calendrier julien

- IANVARIVS (31 j.)
- FEBRVARIVS (29 ou 30 j.)
- MARTIVS (31 j.)
- APRILIS (30 j.)
- MAIVS (31 j.)
- IVNIVS (30 j.)
- IVLIVS (31 j.)
- SEXTILIS (30 j.)
- SEPTEMBER (31 j.)
- OCTOBER (30 j.)
- NOVEMBER (31 j.)
- DECEMBER (30 j.)





Les Romains comptent mal !



- Les pontifes intercalent un jour supplémentaire tous **les 3 ans** (il n'y a pas de zéro !) en comptant 4 à partir de l'année en cours !
- En 36 ans, on avait intercalé 12 années bissextiles au lieu de 9.
- Auguste règle le problème (en l'an 8 av. J.-C.) en supprimant les années bissextiles pendant 12 ans.

Dernier avatar du calendrier romain

- Pour honorer Auguste, sextilis devient **AVGVSTVS**
- Mais augustus était plus court que julius !
- On prend donc un jour à février qu'on rajoute à août
- Il y a maintenant 3 mois consécutifs de 31 jours !
- On inverse la répartition des 4 derniers
- On obtient (enfin !) notre bon vieux calendrier...
- Tibère refuse de donner son nom à september

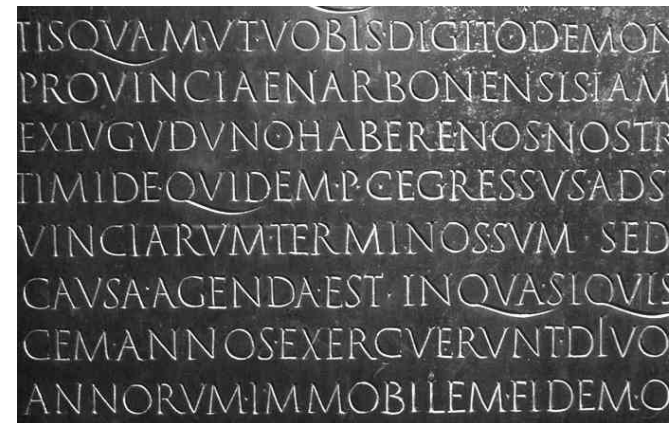




Les mois romains (V)

depuis Auguste jusqu'à nos jours...

- IANVARIVS (31 j.)
- FEBRVARIVS (28 ou 29 j.)
- MARTIVS (31 j.)
- APRILIS (30 j.)
- MAIVS (31 j.)
- IVNIVS (30 j.)
- IVLIVS (31 j.)
- AVGVSTVS (31 j.)
- SEPTEMBER (30 j.)
- OCTOBER (31 j.)
- NOVEMBER (30 j.)
- DECEMBER (31 j.)



Constantin (306-337)



- Né à Naissus (en Serbie actuelle) en 272, proclamé empereur en 306 par les légions de Bretagne et mort en 337
- Premier empereur chrétien (influencé par sa mère, Hélène), baptisé sur son lit de mort...
- Il proclame en **313 l'Edit de Milan** qui reconnaît le christianisme comme religion officielle

CONSTANTIN

*IMPERATOR CAESAR FLAVIVS
VALERIVS AVRELIVS
CONSTANTINVS PIVS FELIX
INVICTVS AVGVTVS
GERMANICVS MAXIMVS
SARMATICVS MAXIMVS
GOTHICVS MAXIMVS
MEDITERRANEVS MAXIMVS
BRITANNICVS MAXIMVS
ARABICVS MAXIMVS
ADIABENICVS MAXIMVS
PERSICVS MAXIMVS
ARMENIACVS MAXIMVS
CARPICVS MAXIMVS*



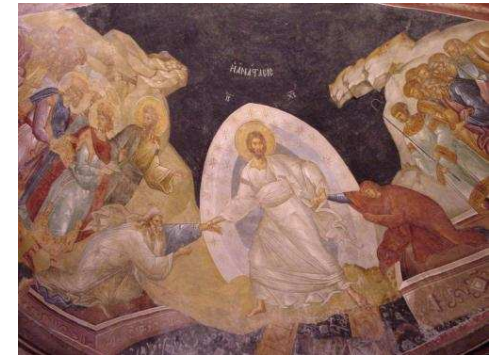
Réformes (calendaires) de Constantin



- Le dimanche devient jour de repos hebdomadaire : *Solis dies* devient ***dominica dies*** (notre dimanche)
- La fête romaine solaire et impériale du *Sol invictus* qui célébrait le 25 décembre le solstice d'hiver devient jour de la **Nativité (Noël)**

● ● ● | Un peu de catéchisme !

- Selon les évangiles synoptiques (Mt, Mc, Lc), Jésus a été crucifié le **vendredi 15 Nisan**, (veille de sabbat, jour de la préparation de Pessah, parascève) et est ressuscité le surlendemain, le **3^e jour** (compté à l'antique), le 3^e jour de la **Pâque juive (17 Nisan)**, un **dimanche**
- Les chrétiens fêtent annuellement la **Passion** et la **Résurrection** du Christ
- L'**Ascension** est fêtée 40 jours après Pâques
- **Pentecôte**, 7 semaines après Pâques (shavouot, fête des semaines)



Le concile de Nicée

- Constantin convoque le concile de Nicée en **325** pour régler la question arienne



- Autre problème : la date de Pâques, jour « anniversaire » de la Résurrection n'est pas la même dans tout l'Empire :
 - Le 17 Nisan, selon le calendrier hébraïque ;
 - Le 14 Nisan pour les quartodécimans ;
 - le dimanche après le 17 Nisan à Rome,
 - ...
 - Les chrétiens doivent-ils en référer aux Juifs pour calculer la date de Pâques ?



La règle de Nicée



- Décision de Nicée
 - *Pâques sera célébrée le dimanche qui suit le quatorzième jour de la lune qui atteint cet âge au 21 mars ou immédiatement après*
- Soit :
 - **Pâques sera célébrée le dimanche qui suit la pleine lune après le 21 mars**
 - NB : équinoxe de printemps fixée au 21 mars et non au 25 ! (culture hellénistique et décalage du calendrier julien)

● ● ● | Comput pascal

- Anatole d'Alexandrie (III^e siècle)
- Basé sur les lunes « fictives » du cycle de 19 ans de Méton
- Equinoxe de printemps au 21 mars

- Le cycle de Méton (nombre d'or) permet de calculer la date de Pâques indéfiniment...
- $28 \times 19 = 532$; $532 \times 15 = 7980$

- Etablissement des fêtes liées à Pâques (Ascension, Pentecôte, Carême, etc.)



Denys le Petit (†540)

- Moine scythe, érudit, spécialiste du comput pascal
- Chargé en 525 par le pape Jean I^{er} de compléter les tables pascales alexandrines qui s'arrêtaient en 531
- Calcul jusqu'en 626
- A l'époque, on comptait les années depuis Dioclétien, grand persécuteur des chrétiens : **ère des martyrs**
- Denys préfère compter les années à partir de la **naissance de Jésus-Christ** qu'il date au 25 décembre **753** de la **fondation de Rome**
- Les calculs plus modernes penchent pour une naissance de Jésus-Christ entre **6 et 4 av. J.-C.**
- Bien sûr, il n'y a pas d'année 0 ! (sauf pour les astronomes)

The image shows a page from an old manuscript. On the left, there is a table titled 'THE GOLDEN NUMBER' with columns for 'Year of the World' and 'Golden Number'. The table contains numerical data for various years. On the right, there is a list titled 'Martyrs in the Age of Persecutions' with names of saints and their corresponding years. The list includes: St. Nicomede (90), St. Clement (100), St. Perpetua (203), St. Cecilia (230), St. Fabian (250), and St. Agatha (251). Below the list, there are more names and years, including 258, 270, and 272. The page is heavily annotated with handwritten text and a large circular diagram in the center, which appears to be a calendar or a table of days.

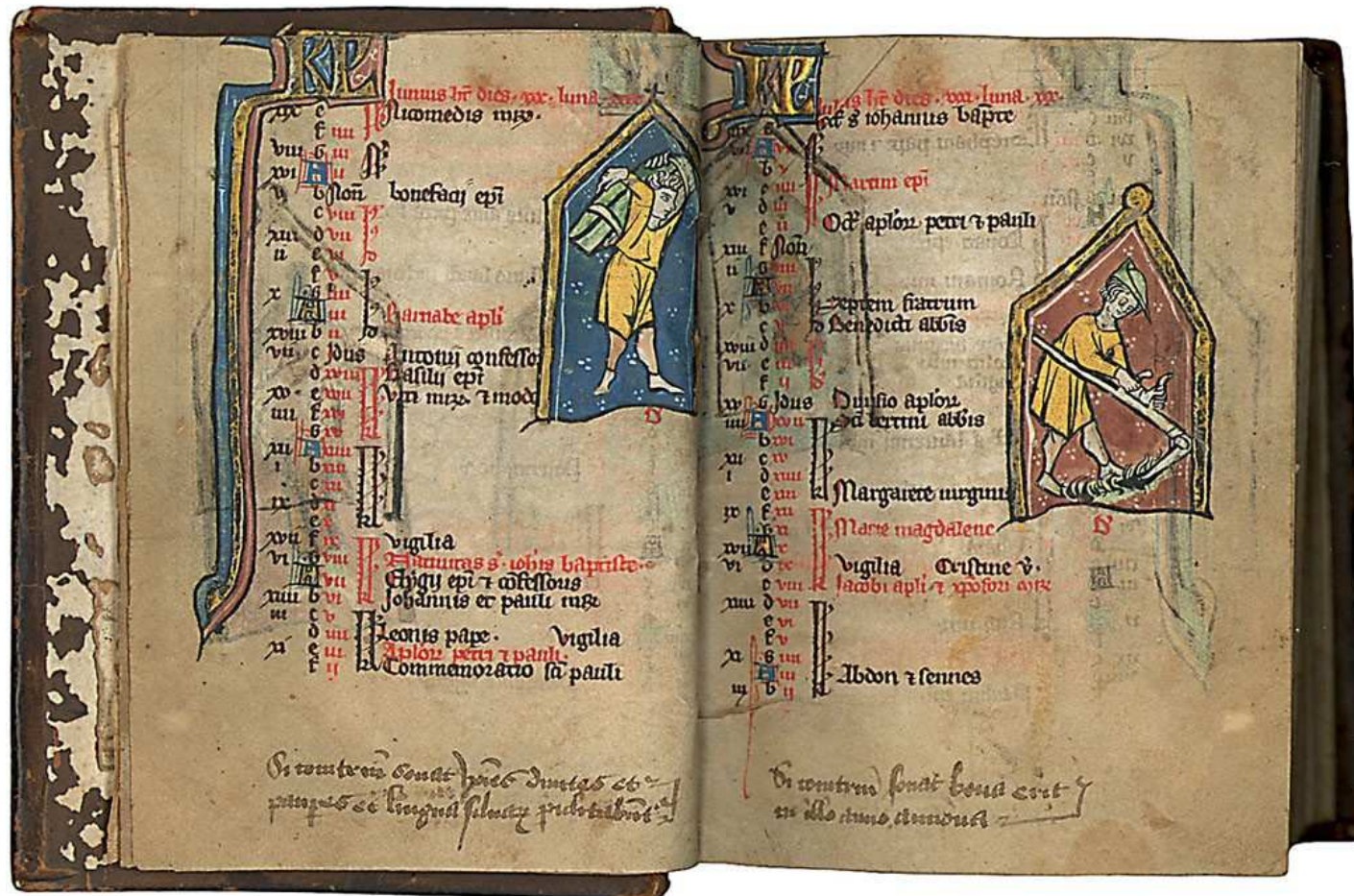


Décalage au Moyen-âge



- Imperfections du calendrier julien
 - Année tropique 365,2422 j.
 - Année julienne 365,25
- L'année julienne est trop longue de 0,0078 jours, i.e. 11 min 14 sec !
- Sur un siècle : 0,78 jours
- L'équinoxe va donc dériver par rapport au fameux 21 mars : Pâques va devenir une fête d'été !
- L'Eglise s'en préoccupe dès le VII^e siècle
- On en parle au XIII^e mais il y a d'autres urgences
- On en recause au concile de Constance (1414), un peu au concile de Trente (1545-1553)...

Un calendrier médiéval



MS 1371

Psalms with calendar, canticles and litany. North France, mid 13th c.



Grégoire XIII

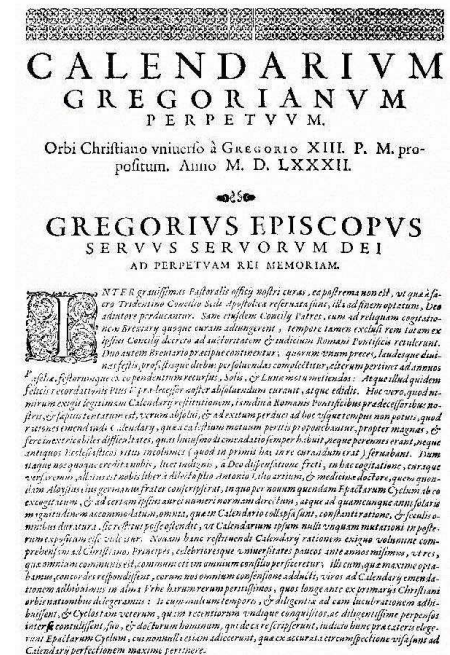


- Le 24 février 1582/1581 paraît la bulle *Inter gravissimas* de Gregoire XIII
- Elle a été préparée par une commission de savants (dont les frères Lelius, Clavius)
- Grégoire a accepté les recommandations de la commission :
- Retrancher **10 jours** pour compenser la dérive de l'équinoxe de printemps
- Supprimer dans l'avenir **3 jours** (bissextes) tous les **400 ans**.

*Datum Tusculi, anno
Incarnationis
dominicæ MDLXXXI,
sexto Kalendas
Martii, pontificatus
nostri anno X.*

● ● ● | La réforme

- Le **jeudi 4 octobre 1582** fut suivi du **vendredi 15**
- Les années continuent d'être bissextiles tous les 4 ans (comme dans l'ancien calendrier)
- Les années séculaires ne le sont plus, sauf celles dont le nombre de siècle est divisible par 4
 - 1600 et 2000 seront bissextiles
 - 1700, 1800, 1900, 2100 seront communes
- Ce calendrier avance légèrement : 3 j tous les 10000 ans
- Corrections au cycle de Méton des lunes fictives : introduction de l'épacte, âge de la lune au 1^{er} janvier



L'adoption de la réforme

Cathos

- Rome, Espagne, Portugal : 4/15 octobre 1582
- France : 9/20 décembre 1582
- Pays-Bas : 14/25 décembre 1582
- Catholiques d'Allemagne et de Suisse : 1584
- Pologne : 1586
- Hongrie 1587

Protos

- Protestants des Pays-Bas, d'Allemagne et de Suisse vers 1700
- Royaume-Uni et Suède : 1752 (11 jours)

Orthos

- Bulgarie : 1917 (13 jours)
- Russie : 1/14 février 1918 ;
- Roumanie, Yougoslavie : 1919
- Grèce : 1923

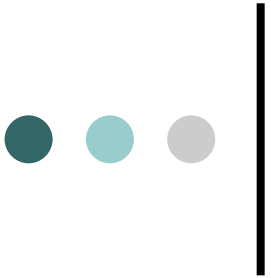
- Les Eglises orthodoxes ont gardé l'ancien style, totalement (Russie, Mont-Athos, Serbie...) ou partiellement pour le cycle pascal (Grèce, Roumanie...)



Les réformes auxquelles vous avez échappé

- Système métrique : heures décimales
 - 1 jour = 10 heures, de 100 minutes (10 000 sec)
 - En vigueur en France : 05/10/1793 – 07/04/1795
 - Les grades ont survécu (en géodésie)





Les réformes auxquelles vous avez échappé (suite)

- Calendrier « fixe » (*A. Comte 1849*)

- 13 mois de 28 jours + 1 ou 2 j suppl.
- Rejet pour cause d'absence de trimestres

- Calendrier « universel » (*1887*)

- 4 trimestres identiques de 3 mois (31 + 30 + 30 j) +
- 1 ou 2 j supplémentaires, fériés, sans nom
- Rejeté par les natifs des 31 mars, mai, août et déc



Imperfections résiduelles

- Durée de l'année *(linéaire)*
 - Année grégorienne – tropique \leftrightarrow +3 j en 10 000 ans
 - Année tropique très stable (*a* stable)
 - Prévoir une réforme vers ~ 5000 ?
 - IL EST URGENT D'ATTENDRE !
- Période de rotation de la Terre *(quadratique)*
 - Variable : croît à cause des marées
 - Nous attaque sur deux fronts !
 - Influe sur le nombre de jours par an
 - Et sur le nombre de secondes par jour
 - 1 tour en 6000 ans ; 4 en 12000 ans



La Terre ralentit (petit historique)

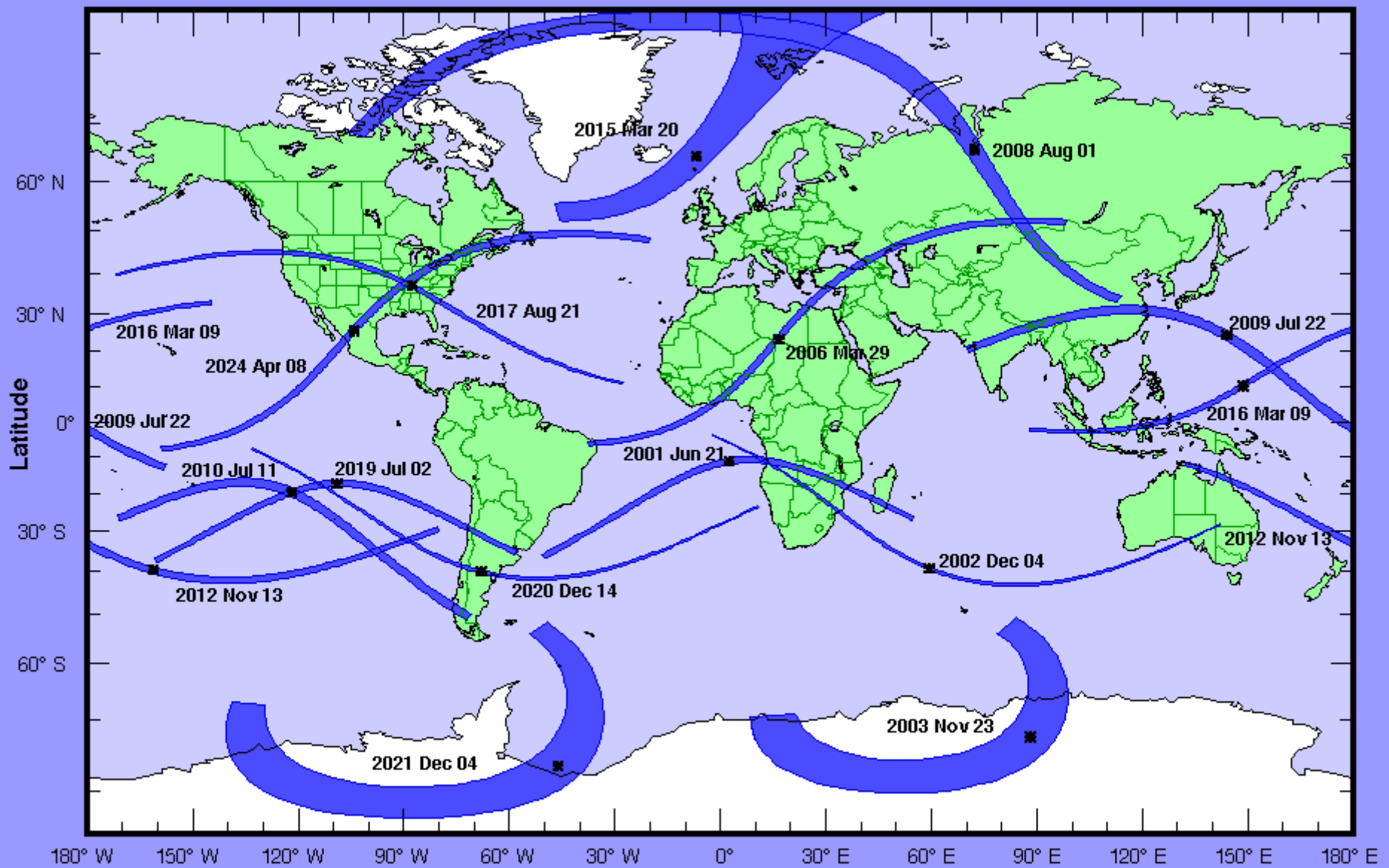
- 1695 : Halley, les éclipses et l'« accélération » de la Lune
Anciennes éclipses pas « au bon endroit »
Conclusion (erronée) : la Lune accélère

1860 : Ferrel + Delaunay : la rotation de la Terre ralentit à cause des marées, d'environ 0,002 secondes par siècle

Ça semble faible, mais c'est cumulatif (1 siècle = 36 525 j)

Siècle	0	1	2	3	14
Retard / j	0,000 s	0,002	0,004	0,006	0,028
Retard du siècle	0 s	70	140	210	980
Total	0 s	70	210	420	2 heures !!

Total Solar Eclipse Paths: 2001-2025



Total Eclipse
Annular Eclipse
Hybrid Eclipse



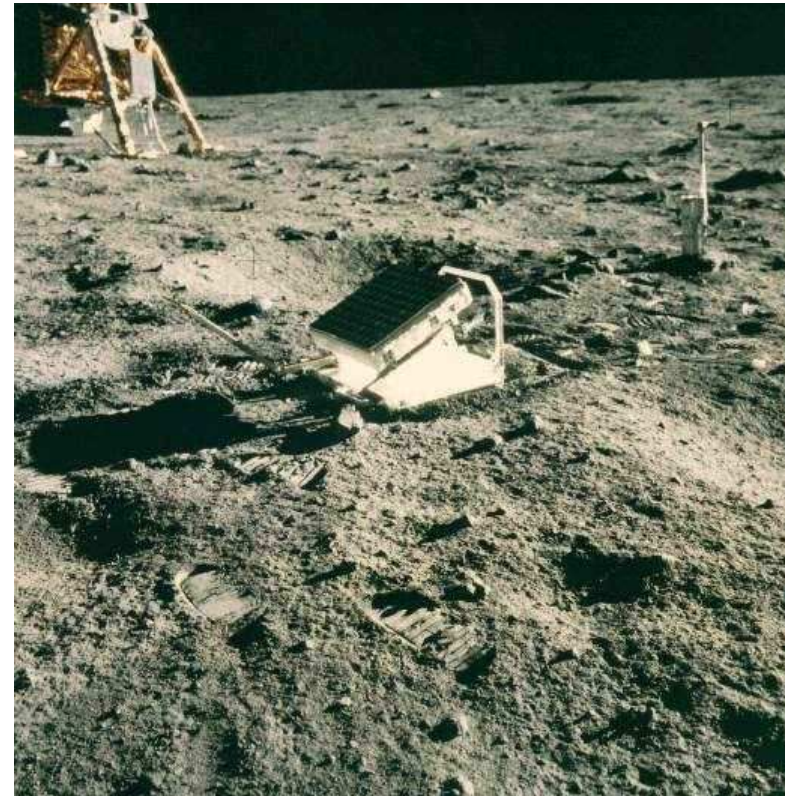
La lune s'éloigne

○ 1969-1971 : Apollo + Luna : 4 rétroreflecteurs

- + 3,8 cm / an
- + 2,2 ms / siècle !!
- consⁿ m^t cinétique
- $dP/dt \approx \mu \frac{3\pi}{4} (v_L v_{el} / v_{eqT}^2)$

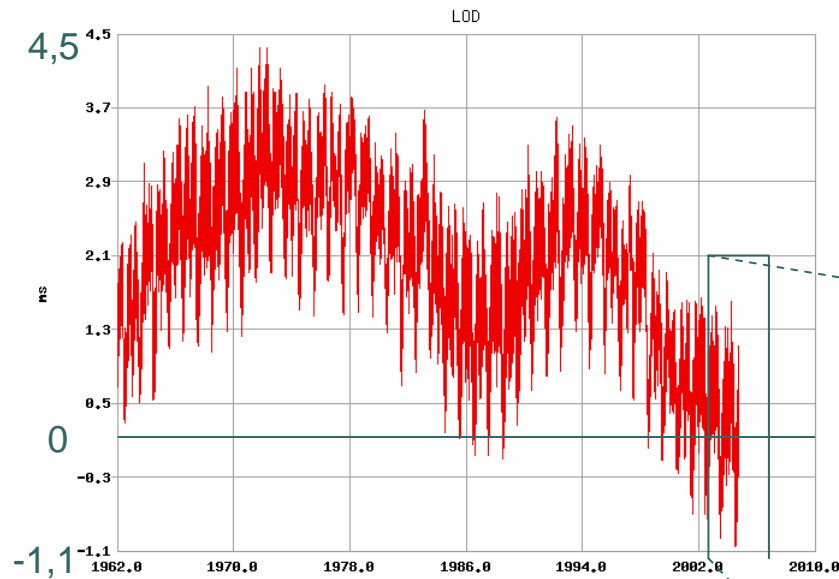
○ A noter

- Sur $4,4 \cdot 10^9$ ans : 160 000 km
- Stabilisation
 - $P=45$ j $d=555$ 000 km



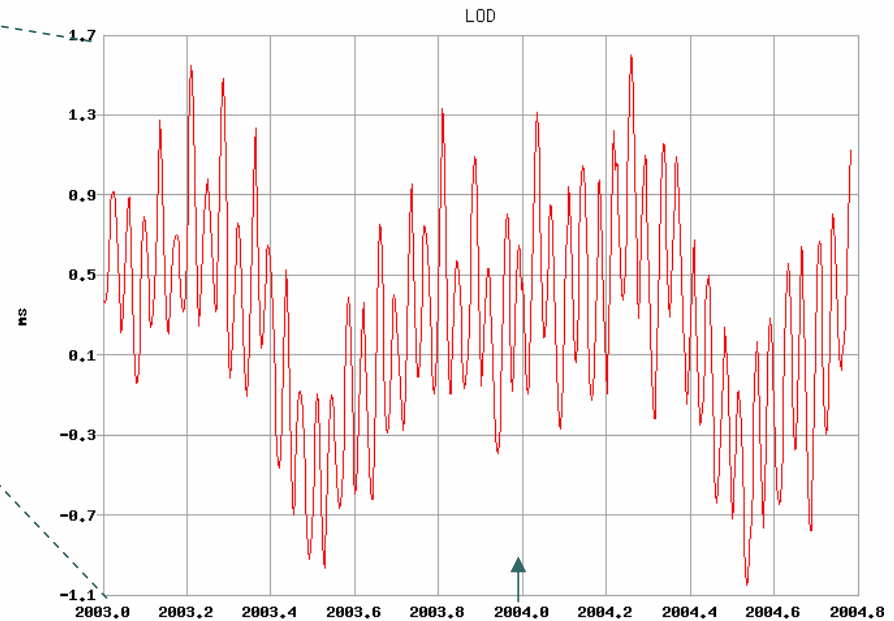


Variations irrégulières : ingérable par des « règles » !
Par ordre de difficulté : marées (océaniques et terrestres),
mouvements de l'atmosphère, et de l'intérieur terrestre



Écart entre la durée du jour et
86400 secondes (1962-2005);
Unité = milliseconde

Périodes de 15 et 30 jours :
Les marées luni-solaires font
varier le moment d'inertie



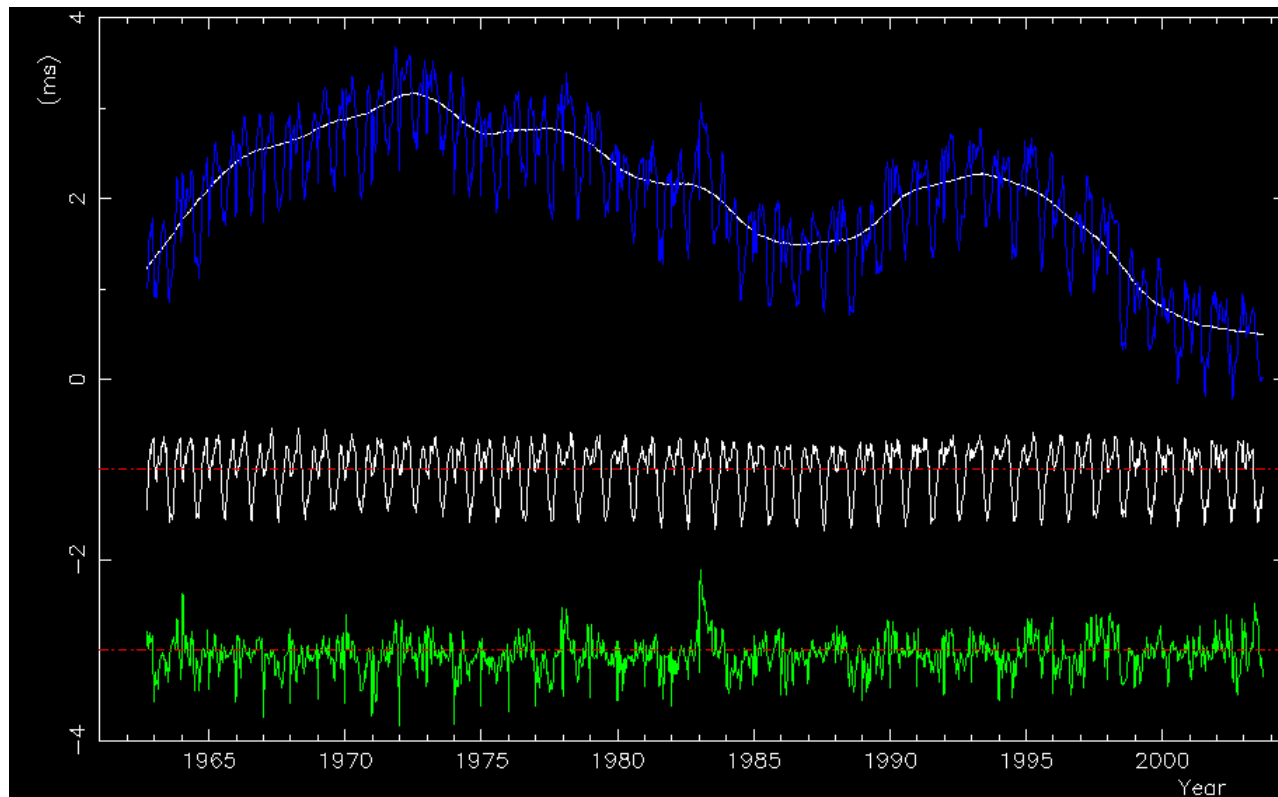
2003.0

2004.0



La durée du jour - 86400 s (hors marées)

La Terre est une piètre horloge au niveau de la milliseconde



Bleu = marées
soustraites

Blanc = variations
climatiques
annuelles

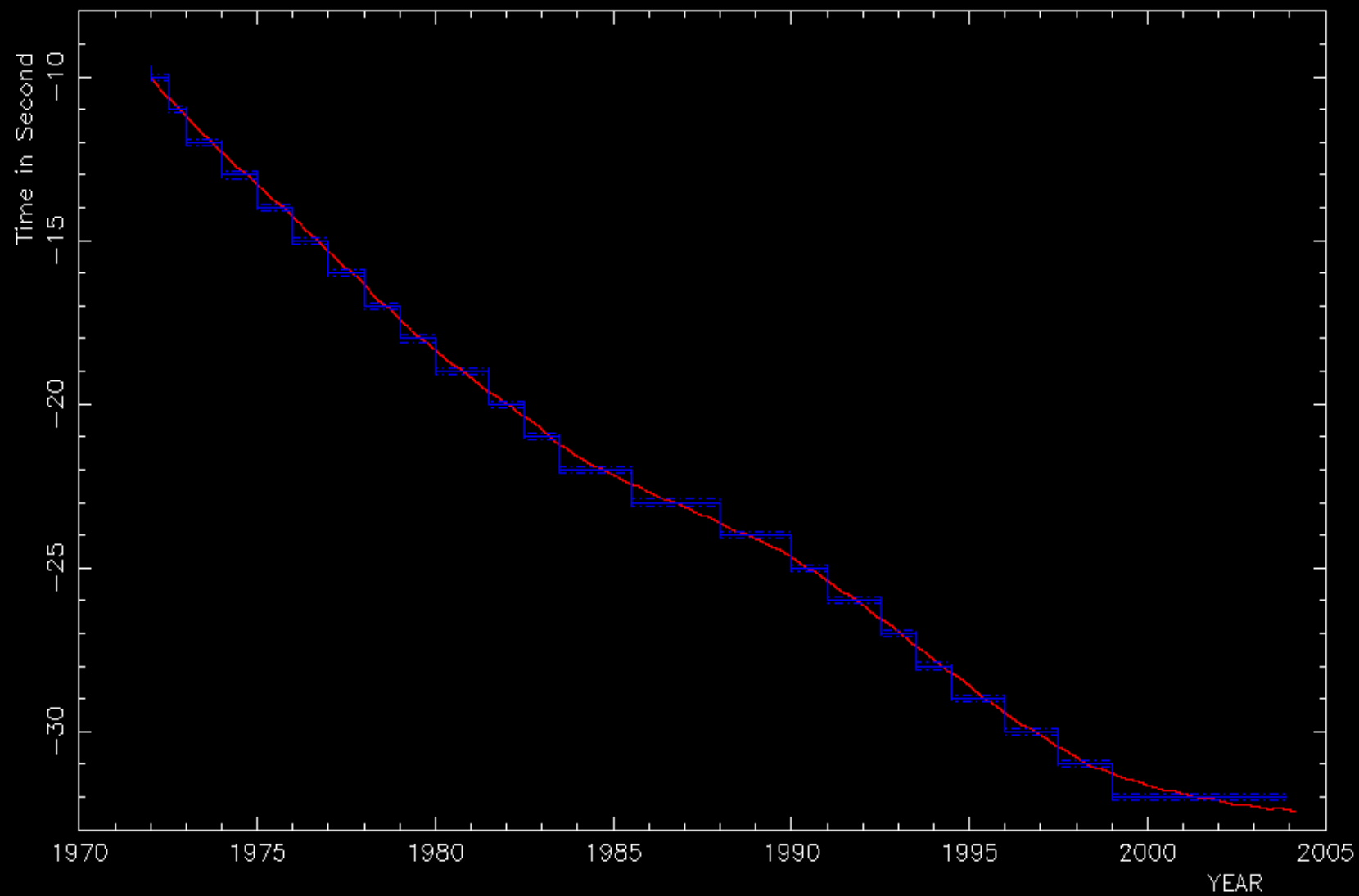
Vert = ce qui reste



Le Temps universel coordonné (UTC)

- C'est l'heure mondiale légale (remplace GMT : sa triste fin)
- Ne peut différer du TAI que d'un nombre entier de secondes
- Le TAI est basé (depuis 1967) sur transition hyperfine du ^{133}Cs
- Rotation terrestre irrégulière : l'ajuster « de temps à autre »
 - Avant-dernière fois le 31 décembre 1998, dernière fois le 31 décembre 2005 (voir fig)
- Le Service International de la Rotation Terrestre (IERS) : chargé de suivre l'orientation de la Terre dans l'espace, donc sa période de rotation (astrométrie, tirs laser vers Lune et satellites de géodésie ou GPS, VLBI)
- Propose l'ajout (ou le retrait) de secondes intercalaires à l'UTC, pour éviter un déphasage (vs rotation terrestre) de plus de 0,9 seconde
 - Système mis en place en 1972 : ajout de 23 secondes depuis lors (Aucun retrait)
 - Possible seulement le 31 déc ou le 30 juin, annoncé *5 mois à l'avance*.
 - Si seconde additionnelle, il est 23:59:60 après 23:59:59

UTC follows TAI (horizontal segments) and approximates UT1 by one-second steps





Merci de votre attention

- Pour les questions tardives
 - SOS calendriers :
 - mimile@cea.fr
 - dvilanova@cea.fr



Les jours du mois

- Dans le calendrier primitif, 3 décades
- Semaine « commerciale » de 8 jours
- Lettres nondinales pour marquer les jours de marché, d'assemblée
- A, B, C, D, E, F, G, H
- Adoption sous l'Empire de la semaine « orientale » de 7 jours.