

L'an 2000 et les calendriers

René Ligier - Besançon

Un calendrier est un système élaboré par les hommes pour compter les jours de leur existence ; dans le choix des unités, l'homme n'est pas libre : le ciel les lui impose.

Toutes les civilisations ont utilisé les rythmes des astres, la Lune et le Soleil bien sûr, mais aussi la planète Vénus chez les Aztèques.

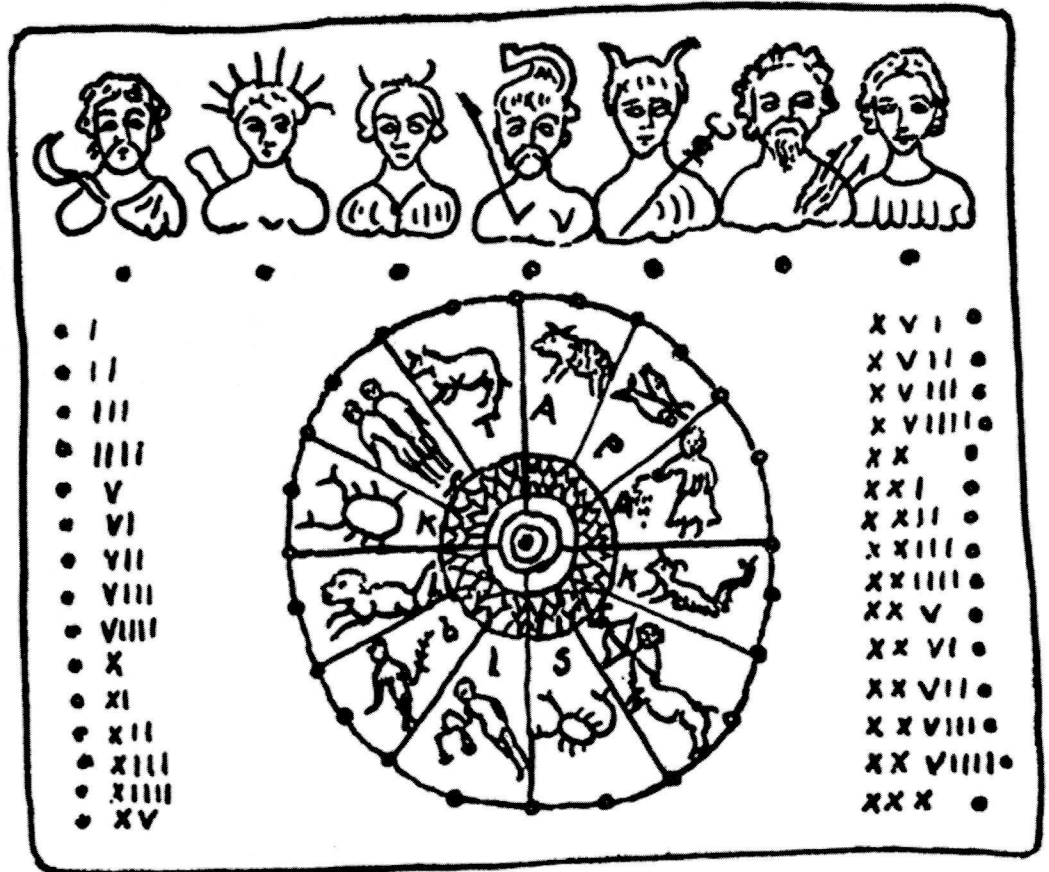
Nos ancêtres considéraient que les astres avaient été créés à cette unique fin, ainsi "L'éternel a fait la Lune pour marquer les temps, ainsi que le Soleil, qui connaît l'heure de son déclin" (la Bible). Ne furent laissés au libre choix des hommes que les façons d'associer entre eux ces éléments, hélas discordants, imposés par le ciel. Suivant les régions du globe (contraintes des saisons plus ou moins marquées) ou pour obéir à des impératifs religieux, les hommes ont choisi pour ponctuer le temps, la Lune pour seule maîtresse, ou le Soleil, ou encore se sont évertués à concilier les rythmes des deux astres. Il en résulte les trois types de calendriers

- les calendriers lunaires,
- les calendriers soli-lunaires,
- les calendriers solaires.

Les calendriers lunaires

La Lune, avec la série de

transformations frappantes qu'elle subit en une trentaine de jours, fut un compteur de jours idéal pour l'humanité ;



elle imprègne encore totalement notre calendrier, qui pourtant n'a plus rien de lunaire.

Par la durée du mois (environ 30 jours, durée du cycle de la Lune) par la durée de la semaine (à relier sans aucun doute à la longueur de chacune des phases de la Lune).

L'homme préhistorique dut compter le temps exclusivement par lunes (voir les Indiens d'Amérique) ; dans les zones tropicales où les saisons sont peu mar-

quées, le rythme de l'année n'a rien d'impératif pour fixer le calendrier.

Dans un calendrier lunaire, le mois commence (en général) à chaque nouvelle lune et dure 29 ou 30 jours, alternativement puisque la lunaison est en première approximation de : 29,5 jours.

Dans les premiers calendriers lunaires, rien n'est fixé à l'avance, c'est l'apparition du

premier fin croissant au couchant qui annonce le début du mois nouveau. Mais le besoin de régler définitivement la durée des mois a très vite émergé et les diverses civilisations qui ont adopté le calendrier lunaire ont tôt ou tard fixé la durée de chaque mois arbitrairement, ce qui peut provoquer parfois un décalage d'un ou deux jours avec le rythme réel de la Lune.

Exemple : le calendrier musulman

L'ère mahométane, ou hégire, correspond au vendredi 16 juillet 622, date où Mahomet quitte La Mecque. La Lune est le symbole du Coran. Les mois suivent son rythme, ils débutent à la nouvelle lune. Ils ont alternativement 29 et 30 jours. Les années, de douze

mois, ont donc 354 jours, ou parfois 355.

En fait la lunaison est : $L \sim 29,53$ jours. Par rapport à la moyenne de 29,5 jours, l'écart est donc de 11 jours en 30 années (360 lunaisons) :

360 lunaisons : $360 \times 29,53 \approx 10.631$ J
360 mois "moyens" $360 \times 29,5 = 10620$ J

Sans corriger cet écart, la Lune prendrait du retard sur le rythme des mois (en 40 ans, le mois commencerait à la pleine Lune).

On rajoute donc 11 jours en 30 ans, à raison d'un jour rajouté au dernier mois des onze années dites "abondantes" qui ont alors $12 \times 29,5 + 1 = 355$ jours.

Ces années sont situées aux rangs numéros : 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26 et 29 du cycle de 30 ans.

Le décalage de 11 jours sur notre calendrier entraîne que le jour de l'an musulman "remonte" chaque année notre calendrier. De la même manière, le 9ème mois du calendrier, appelé "Ramadan", débute chaque année 11 jours plus tôt dans notre calendrier, d'où les diffi-

cultés dans des régions du globe où les saisons sont très marquées (jeûner en hiver, ...).

Il en résulte que le Musulman qui vous affirmera avoir 34 ans n'aura en fait connu que 33 printemps. Certaines difficultés administratives (décompte de la retraite par exemple) peuvent en résulter.

Pour conclure :

Les calendriers lunaires ne suivent donc pas le rythme des saisons ; nous leur devons d'avoir permis un progrès important dans l'explication du phénomène des éclipses, puisque dans un tel calendrier, l'éclipse de Lune arrive

toujours en milieu de mois, l'éclipse de Soleil en début de mois. C'est jusqu'au caractère matériel de la Lune qui a pu ainsi être mis en évidence.

Calendriers soli-lunaires

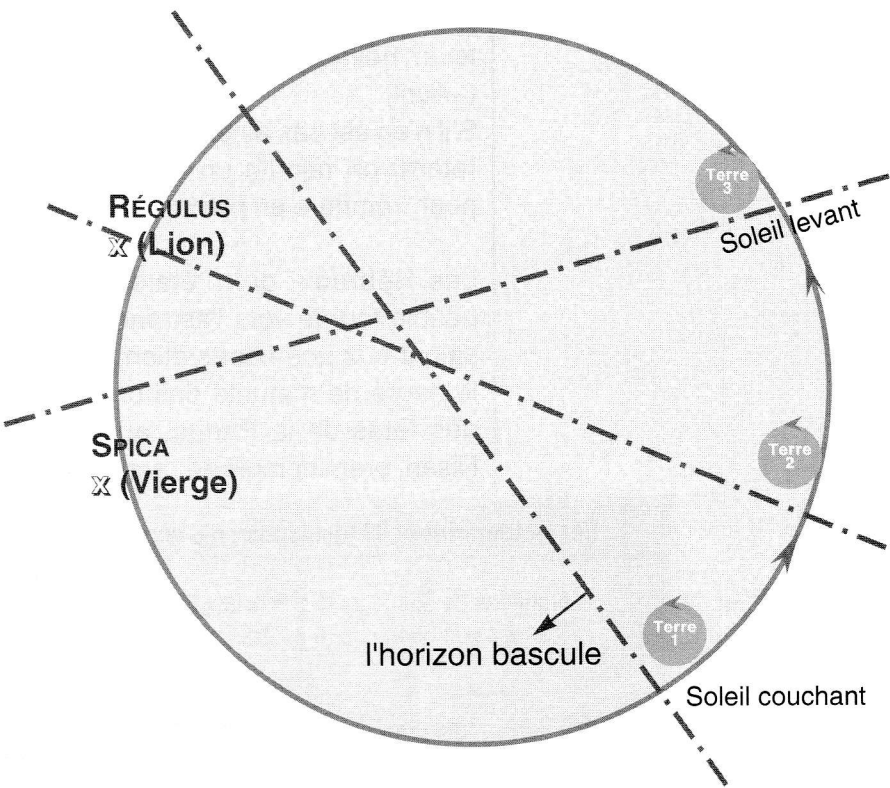
Ces calendriers sont fondés sur la Lune mais s'efforcent, tant bien que mal, de suivre aussi les saisons et l'année. Il s'agit donc d'avoir un début d'année qui soit toujours dans la même saison.

Cet impératif était essentiellement agricole. Les mois ont donc alternativement 29 ou 30 jours, mais le déficit de 11 jours dont on a parlé plus haut impose d'ajouter à l'année un treizième mois tous les trois ans (environ). Ce rajout est fondé sur une observation astronomique (chez les Chaldéens) ou agricole (chez les Hébreux), ou encore est déterminé par des règles reconnues (chez les Grecs).

**Exemple 1
Les calendriers chaldéen et hébreux**

Les Peuples de Mésopotamie ont développé semble-t-il les premiers, une étude des astres digne du nom d'Astronomie. Pour reconnaître que le moment était venu de rajouter un treizième mois à l'année, ils utilisaient la technique du "Lever héliaque".

Ayant remarqué que chaque étoile a son lever héliaque dans une saison fixe, les Chaldéens décident d'attacher chaque mois au lever



Lever héliaque d'une étoile

Dans la position 1, le Lion suit le Soleil dans le mouvement diurne (rotation de la Terre sur elle-même) : lorsque le Soleil est déjà couché (sous l'horizon), le Lion est dans notre ciel, peu après le couchant, vers l'ouest. De minutes en minutes, l'horizon "bascule" et le Lion va à son tour se coucher, environ une heure après le Soleil.

Au fil des Jours, le Lion se "rapproche" du Soleil dans notre visée, pour finalement être aligné avec lui (**en position 2**) : on dit que le Soleil est "dans le Lion", d'où l'origine des signes astrologiques. Ce phénomène au mois d'août, au temps des Chaldéens, en septembre à présent, par suite de la précession des équinoxes.

Enfin, **dans la position 3**, cette fois-ci, le Lion précède le Soleil : il apparaît dans notre ciel le matin, juste avant le lever du Soleil : la première "réapparition" d'une étoile s'appelle son lever héliaque.

héliaque d'une étoile facilement repérable.

Ainsi Dilgan (le Bélier) doit effectuer son lever héliaque au mois de Nisannu (~Avril) :

S'il n'en est pas ainsi (il a alors pris du retard) on rajoute un treizième mois pour "remettre en place" le calendrier.

Les Hébreux, qui n'étaient pas un peuple tourné vers l'astronomie, utilisaient eux une observation agricole : le degré de maturité des orges. Lors des fêtes de la Pâque, au mois de Nisan, premier mois de l'année (défor-

(Les Grands Prêtres). Il n'était pas rare, par suite d'oublis, d'avoir deux années consécutives de 13 mois.

Exemple 2 : Le calendrier grec

Longtemps le calendrier grec fut uniquement lunaire - un oracle, dit-on, avait prescrit, de régler les solennités sur les phases ; mais plus tard, un autre oracle invita à célébrer aux mêmes dates des mêmes mois les cérémonies agricoles, autrement dit d'harmoniser le calendrier lunaire avec le rythme des saisons..

Les octaétérides : 99 lunaisons en 8 ans	LE CYCLE DE METON : 235 lunaisons en 19 ans	
5 années de 354 jours (6 x 30 + 6 x 29) 3 années de 384 jours (6 x 29 + 7 x 30) soit 2.922 jours pour 8 ans et 99 lunaisons. On obtient comme valeurs moyennes Année : A = 365.25, ce qui est excellent Lunaison : 1 = 29,51 au lieu de 29,53 L'écart est, en 8 ans, de 1 jour 1/2, donc en 80 ans, de 15 jours.	5 années de 355 j (7 x 30 + 5 x 29) 7 années de 354 j (6 x 30 + 6 x 29) 6 années de 384 j (7 x 30 + 6 x 29) 1 année de 383 j (6 x 30 + 7 x 29) on obtient A = 365,26 ce qui est moins bon L = 29,53 ce qui est excellent : le calendrier suit parfaitement les phases de la Lune, un peu moins bien les saisons (une demi-heure d'écart chaque année !). NOTE : le rang d'une année dans le cycle de 19 ans est appelé son NOMBRE d'OR. On le trouve encore sur les calendriers postaux.	soit 6.940 jours pour 19 ans et 235 lunaisons
LE CYCLE DE CALLIPPE sur 76 ans (335 avant JC)	LE CYCLE DE HIPPARQUE sur 304 ans (130 avant JC)	
Il supprime un jour en 76 ans. On obtient A = 365,25 L = 29,5308, au lieu de 29,5305 !	Il retranche, par rapport au cycle de Callippe, un jour en 304 ans. On obtient A = 365,2467. Hipparque est le premier à avoir reconnu que 365,25 était trop fort. C'était il y a 2000 ans. Notre calendrier en tient compte. Comment ? (voir calendrier grégorien). L ≈ 29,53059 !	

mation du Nisannu Chaldéen), on offrait deux pains de froment nouveau. Si à la fin de l'année, l'orge semblait ne pas devoir être en épis pour la Pâque, on redoublait le douzième mois.

On le voit, le rajout du 13ème mois était arbitraire ; rien à l'avance ne permettait de savoir si l'on trouvait dans une année de 12 ou 13 mois. La décision était prise par décret du Souverain (Babylone) ou des autorités religieuses

Aux douze mois (354 jours) s'ajoute d'abord un treizième tous les deux ans (6ème siècle) : mais l'année moyenne devint trop longue ; un siècle plus tard, l'intercalation se fait tous les trois ans: l'année moyenne devint trop courte.

En effet, dans, le premier cas (354 + 384)/2 = 369, dans le second cas : (354 + 354 + 384)/3 = 354.
On eut ensuite recours à une période de huit années, dites "octaétérides" au

cours de laquelle s'intercalaient trois mois intermédiaires : cette période de 8 ans, connue semble-t-il dès le 8ème siècle, semble n'avoir été mise en application qu'à la fin du 5ème siècle. Mais le cycle des "octaétérides" est lui-même imparfait, la Lune prend du retard (voir encadré), deux semaines en dix "octaétérides" (80 ans) : les fêtes ne sont alors plus en accord avec les phases auxquelles elles sont rattachées. Cette erreur fut corrigée, la découverte même de l'erreur permettant dans un pareil cas de rectifier immédiatement le tir. Une période de dix-neuf ans, connue sous le nom de "cycle de Méton", fut proposée.

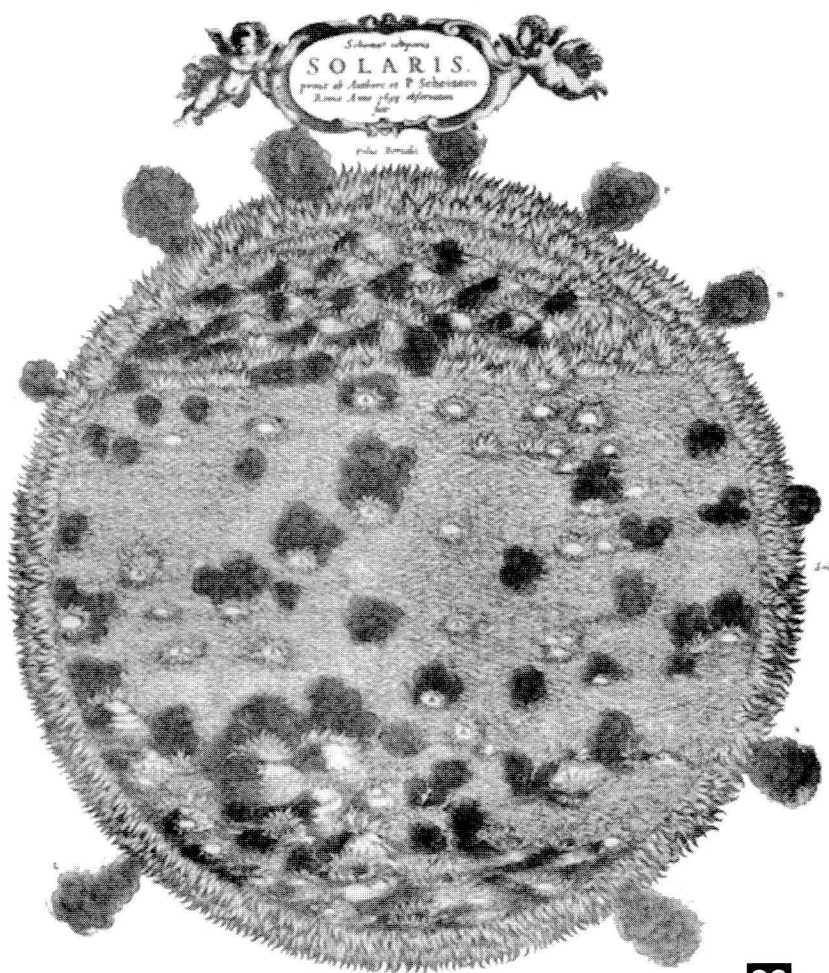
Selon la légende, Méton reconnut que dix-neuf années contenaient exactement 235 lunaisons : après dix-neuf ans, les phases reviennent donc aux mêmes dates des mêmes mois (on peut le constater sur nos calendriers !). Découvert en 433, le système ne fut introduit qu'en 330.

Le cycle de Méton fut lui-même amélioré par Callippe, puis par Hipparque. Les calculs indiqués ci-dessous montrent à quelle précision en était arrivé l'astronomie grecque, par un travail méthodique, les défauts d'un calendrier sécrétant par eux-mêmes son amélioration.

Les calendriers solaires

Un calendrier solaire est un calendrier qui tient uniquement compte du rythme des saisons. Ainsi, dans un tel calendrier, l'équinoxe de printemps doit toujours être situé à la même date, du moins pour le même hémisphère (21 mars en général pour ce qui nous concerne).

Les difficultés évoquées au paragraphe précédent expliquent aisément le désir des peuples de se débarrasser du cycle de la Lune, dans la mesure où aucune contrainte religieuse en général, ne s'y opposait.



Fac-similé d'une gravure de l'année 1425 représentant le Soleil

L'année est encore découpée en mois : on a le plus souvent douze mois de trente jours (environ), vestiges des anciens calendriers lunaires ; on a parfois d'autres associations, ainsi les dix-huit mois de vingt jours des Aztèques.

Le plus ancien calendrier solaire a été le calendrier égyptien (on connaît l'importance du Dieu Râ dans la mythologie égyptienne) ; nous étudierons ensuite plus particulièrement notre calendrier.

Exemple 1 : le calendrier égyptien

Très anciennement le calendrier comportait 12 mois de 30 jours (groupés en 3 décades de 10 jours) ; le peuple égyptien s'est donc affranchi très tôt du cycle de la Lune.

Dès la fin du 5ème millénaire apparaît un "calendrier vague" de 365 jours (les 5 jours ajoutés sont appelés "épagomènes") : dans ce pays où les saisons ne se laissaient pas ignorer, ce peuple agricole remarqua que la crue bien-faisante du Nil coïncidait avec le lever héliaque de l'étoile Sothis (Sirius). Les prêtres d'Héliopolis fixèrent donc le début du nouveau calendrier (1er Thoth) au jour du lever héliaque de Sirius (en 4.230 av J.-C.) : l'état du ciel au temps du lever héliaque de Sothis passait pour l'état originel de l'Univers. Mais le décalage sur l'année des saisons (un jour tous les quatre ans) ne tarda pas à se faire sentir : le lever héliaque de Sirius prit du retard, dériva au 2 Thoth (4 ans plus tard), puis au 3 Thoth, etc.

Les Egyptiens furent ainsi sans doute le premier peuple à découvrir, par le spectacle de leur calendrier civil désaccordé, la valeur $A = 365,25$.

Mais ils n'aménagèrent pas pour autant le calendrier en conséquence.

Au bout de 1461 années vagues ($1461 \times 365 = 1460 \times 365,25$), tout rentra dans l'ordre : on célébra ce retour par des fêtes extraordinaires ; le cycle écoulé fut appelé "période sothiaque". Puis la dérive du lever héliaque de Sirius recommença ; à côté du calendrier civil déréglé, les agriculteurs devaient continuer à suivre un calendrier agricole, réglé sur les étoiles.

Par respect des traditions, 1^{er}es Egyptiens s'accommodèrent pendant plus de 4.000 ans des anachronismes de leur calendrier.

Deux siècles avant J.-C., le roi Ptolémée III, Evrogète, décréta l'emploi d'un sixième jour épagomène tous les quatre ans, mais le peuple refusa de l'appliquer. L'Empereur Auguste se heurta plus tard aux mêmes résistances : le calendrier civil égyptien ne se stabilisa qu'aux premiers siècles de notre calendrier, à quelques détails près.

Exemple 2 : notre calendrier**Le calendrier romain**

il fut d'abord lunaire et comportait 10 trois mois de 29 ou 30 jours : Mars, (Dieu de la guerre), Avril, (aprilio : ouvrir ; les bourgeons s'ouvrent), Mai, (Maia, déesse de la croissance, Juin (Junon, épouse de Jupiter), puis quintilis ("le 5ème"), sextilis (6ème), september (7ème), october (8ème), november (9ème) et december (10ème).

Un calendrier de 10 mois (295 jours.) ne pouvait durer longtemps : ainsi le jour de l'an était chaque année dans une saison différente ; en 700 av. J.-C., on rajouta Januarius (Janus, dieu à double tête, l'une tournée vers 1^{er} passé, l'autre vers l'avenir) et février, mois de purification ; on donna 31 ou 29 jours aux mois, car "l'Impair plaît aux Dieux", sauf à février, dernier mois de l'année dédié aux dieux infernaux (28 jours). L'année comportait 355 jours, on rajoutait tous les deux ans un mois de 22 jours, Mercedonius ; en bref, on avait un calendrier qui avait tous les inconvénients du calendrier lunaire, mais qui, comble de l'ironie, ne suivait plus les phases de la Lune ! Les Pontifes, à qui fût confié le pouvoir de fixer la durée de Mercedonius, abu-

sèrent de leur pouvoir, allongeant ou raccourcissant l'année pour favoriser leurs amis. La pagaille était à son comble, on en arriva à célébrer la moisson en plein hiver. C'est alors qu'intervint Jules César.

Le calendrier Julien
(45 avant J.-C.)

César fit venir l'astronome grec Sosigène, installé à Alexandrie. Celui-ci, fort de l'expérience égyptienne proposa une année de 365 jours, avec rajout d'un jour tous les quatre ans ; le jour supplémentaire fut attribué au mois de février, mois néfaste à 28 jours pour ne pas choquer les superstitions, le mois conserva en apparence 28 jours: on doubla le 24ème jour qui porta le nom de "sex-tus ante calenda martias" (sixième jour avant les calendes de mars, c'est-à-dire avant le 1er Mars).

Le jour supplémentaire fut donc le "bis-sextus" d'où notre terme de "bis-sextile".
L'année qui précéda la réforme dura 445 jours et fut appelée année de confusion.

Il fut décidé que l'équinoxe de printemps coïnciderait avec le 25 Mars. Par ailleurs, César fixa le début de l'année au le 1er janvier, date où les consuls entraient en charge.

Hélas, quatre siècles plus tard, en 325, l'équinoxe de printemps tomba

le 21 Mars ; lors du concile de Nicée, cette année-là, les pères de l'Église attribuèrent l'erreur de 4 jours à Sosi-

En fait, l'année julienne vaut $A_j = 365,25$.
L'année des saisons ou année tropique :
 $A_t = 365,2422$.
L'écart est de 0,0078 jour par an , soit 3,12 jours tous les 400 ans.
L'équinoxe de printemps aux dates clés de l'histoire du calendrier grégorien fut donc aux dates indiquées ci-dessous :

45 avant J.-C. SOSIGENE	25 mars	23 mars	
325 CONCILE DE NICEE	21 mars	20 mars	*
1582 Réforme Grégorienne	11 mars	11 mars	**
	Dates annoncées dans le calendrier julien	Date réelle	

* 3 jours en 400 ans ; ** 9 jours en 1200 ans
L'année grégorienne vaut, elle :
 $365 - 1/4 - 3/400$ soit $A_g = 365,2425$.
L'écart est donc de 0,0003 jour par an
soit 3 jours en 10 000 ans.

gène (lorsqu'il avait déterminé l'équinoxe de printemps) et ne remirent pas en cause le chiffre 365,25 ; ils lièrent alors la date de Pâques au 21 Mars (Pâques étant le premier dimanche qui suit la pleine lune qui suit le 21 Mars).

Mais au fil des siècles, l'équinoxe de printemps continua à dériver; à suivre les prescriptions du concile, Pâques fête printanière, finirait (à très long terme, certes !) par se célébrer au cœur de l'été.

On s'en émut très régulièrement dans les siècles qui suivirent, mais la réforme attendue n'advint que douze siècles plus tard : en 1582, l'équinoxe de printemps eut lieu le 11 Mars, conformément aux calculs donnés dans l'annexe.

Du jeudi 4 au vendredi ... 15 octobre

c) Calendrier grégorien

(1582, Grégoire XIII)

Pour ramener l'équinoxe de printemps au 21 mars, le lendemain du jeudi 4 octobre 1582 fut le vendredi 15 octobre. Par ailleurs, pour fixer définitivement l'année tropique Grégoire XIII décida de supprimer 3 jours en 400 ans, à savoir que les années séculaires (dont le millésime se termine par deux zéros) cessent d'être bissextiles, sauf celles dont le nombre de siècles est divisible par 4 :

ainsi 1600 et 2000 demeurent bissextiles, mais 1700, 1800, 1900 et 2100 ne le sont plus.

Un tel calendrier est encore imparfait (voir encadré) mais l'erreur est inférieure à d'autres erreurs d'ordre astronomique : ralentissement de la rotation de la Terre par effet des marées (frottements), raccourcissement de l'année des saisons.

**Aujourd'hui 1er février,
et demain 15 février**

La réforme papale fut adoptée presque universellement (les musulmans et les israélites ne s'y sont pas encore ralliés), mais le feront à plus ou moins longue échéance. Les états protestants attendirent plus d'un siècle ; les régions orthodoxes ne l'adoptèrent qu'au début du XX^{ème} siècle. La Russie l'appliqua en 1918.

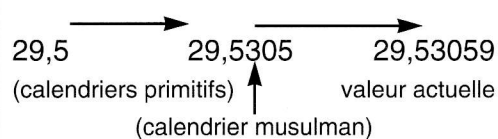
Il y avait alors 13 jours de décalage à supprimer : le lendemain du 1er février fut le 15.

Pour conclure :

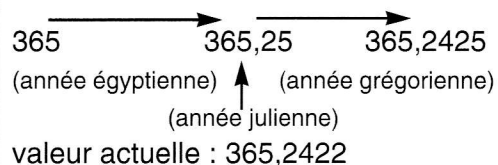
Plus qu'un simple moyen de "compter" les jours, le calendrier a été

tout au long de l'histoire des civilisations un outil efficace pour l'astronomie, en améliorant considérablement les connaissances sur les cycles des astres :

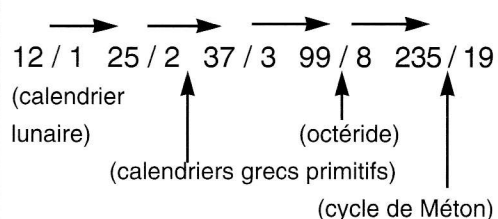
- **Les calendriers lunaires** ont fourni une approximation excellente de la lunaison :



- **Les calendriers solaires** ont donné successivement, pour l'année tropique (année des saisons) :



- **Les calendriers luni-solaires**, en accordant les cycles du Soleil et de la Lune, ont donné par des fractions simples mais à chaque fois plus précises le rapport du nombre de lunaisons au nombre d'années solaires :



Chose remarquable, ces différentes fonctions sont les cinq premières "réduites" de la fraction $(365,25) / (29,53)$ par la méthode des fractions continues.

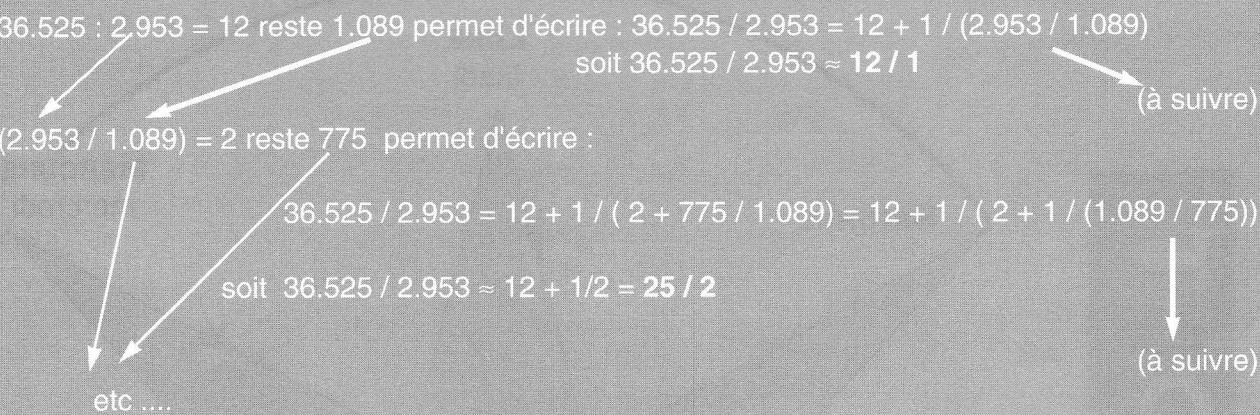
Nous avons là un exemple remarquable d'une réponse empirique sur plusieurs siècles à un problème pour lequel les mathématiques ont apporté plus tard un outil efficace.

mois, mais au bout d'un certain temps, tout rentre dans l'ordre : il faut 29,5 / 1,5 soit environ 19 cycles de 8 ans (152 ans) pour revenir au point de départ. Ceci n'est pas sans rappeler la période sothiaque de 1.461 ans qui a

LES FRACTIONS CONTINUES

Problème : on veut que K années contiennent exactement N lunaisons, soit
 $K \times 365,25 = N \times 29,53$

Soit $N / K = 365,25 / 29,53 = 36.525 / 2.953$
On recherche une fraction simple (dénominateur inférieur approchant cette fraction).



Nous obtenons, en poursuivant le même algorithme :

$1.089 / 775 = 1$ reste 314 soit $N / K \approx 12 + 1 / (2 + 1/1) = 37 / 3$

$775 / 314 \approx 2$ reste 147 soit $N / K \approx \dots\dots\dots = 99 / 8$

Soit $N / K \approx 235 / 19$ (le cycle de Méton).

Annexe 2 :
Comment le cycle de Méton
a peut-être été découvert

Les Grecs utilisaient alors l'octaéride : 99 lunaisons en 8 années, soit 2.922 jours.
Or : $2.922 / 99 = 29,5151$ au lieu de 29,5306.
L'erreur est de 1,5 jours en 8 ans ; en laissant fonctionner l'octaéride, le cycle de la Lune se décale sur le cycle des

permis d'exhiber le nombre 365,25.

Poursuivons :
donc en 152 ans, on a 19 x 99 mois, soit 1.881 mois mais seulement 1.880 lunaisons.
Divisons par 8 : en 19 ans, on aura 235 lunaisons.
C'est encore par l'erreur du système des octaérides qu'est découvert un cycle bien meilleur.

Annexe 3: Les jours de la semaine

Au temps d'Aristote l'ordre assigné aux planètes est défini par la philosophie : Terre = Chaos, Ciel = Ordre (Kosmos) ; plus un astre est mouvant sur la sphère des fixes, plus il est supposé proche : d'où l'ordre :

Lune – Mercure – Soleil – Mars – Jupiter – Saturne.

Chaque heure du jour est dominée par une planète, dans l'ordre décroissant

de proximité, la 1ère heure du 1er jour est sous l'ordre de la Lune (d'où lundi, jour de la Lune), puis la 2ème heure : Saturne, d'où la 1ère heure du 2ème jour sous l'égide de Mars (mardi : jour de mars) etc. On a perdu Saturdi (Saturday) et soldi (Sunday, Sonntag) dans notre langage.

Samedi est le Jour du Sabbat, dimanche le jour du Seigneur.

ordre de proximité croissant

