

## DE L'HARMONIE DE LA LUNE ET DU SOLEIL

*Au cours des années, je vous ai proposé divers articles et nous avons eu l'occasion de nous pencher sur quelques aspects nautiques de l'univers, du ciel, du monde et de phénomènes qui peuvent intéresser le navigateur. C'est peut-être le moment de faire une synthèse de certains de ces éléments, tout en nous laissant bercer par le rythme des marées.*

Notre théâtre reste comme d'habitude la mer. Dans l'ordre alphabétique, les acteurs seront la Lune, le Soleil et la Terre. Chacun semble avoir son rythme, sa propre vie, mais l'interaction nous est connue et a valu bien des lignes, tant dans nos cours de navigation que dans notre revue Cruising.

A relever d'une manière générale que selon les lois de la gravitation, plus les astres sont proches, plus les forces génératrices de marée qu'ils dégagent sont importantes (attraction universelle selon Newton).

Les forces génératrices de la Lune et du Soleil se combinent selon des horloges distinctes, engendrant des interactions qui peuvent sembler chaotiques, mais obéissent à des règles bien précises.

L'être humain vivant sur la planète Terre, il a assez naturellement adopté comme horloge son étoile la plus proche, le Soleil.

A noter encore que le sens de rotation des astres concernés est le même ; il en aurait été tout autre si la Lune ou la Terre avaient orbité en sens inverse.

### Dame Selênê

La Lune de nos nuits les plus folles est très certainement l'acteur le plus instable de la trilogie.

Nous avons appris dans un article précédent à calculer notre longitude avec les distances Lune - Soleil. A cette occasion, il a été vu que les coordonnées célestes de cet astre sont très variables, voire versatiles. Les rythmes suivis sont cependant connus depuis longtemps par les anciens et ces derniers ne cesseront de nous surprendre par leurs connaissances, qu'ils soient Babyloniens, Chinois ou Aztèques.

**L'orbite** de la Lune se trouve sur un plan de révolution faisant un angle moyen de quelque 5° 08' par rapport à l'écliptique, variant entre 5°00' et 5°17' sur une période de 173 jours solaires.

L'orbite de la Lune est elliptique, avec une excentricité moyenne de 0.0549, ce qui donne une différence entre apogée et périégée de pratiquement 12%. Cette excentricité n'est pas constante, mais passe de 0.0666 à 0.0432 sur une période de 412 jours, l'orbite prenant une forme d'œuf, plus ou moins aplatie selon le moment.

De plus, nous avons aussi vu que la Lune tend à s'éloigner de la Terre à raison de 3.7 cm par année.

La théorie de Kepler nous a appris que cela avait pour conséquence de modifier la vitesse orbitale de l'astre, en l'occurrence la Lune.

Cette dernière se trouve en périégée chaque mois (révolution anomalistique de 27,55 jours) et, à ce moment, sa force génératrice de marée est au maximum du cycle dû à la relativement faible distance Terre - Lune.

Au cours de l'année, le périégée se retrouve successivement en phase de pleine lune, de lune dichotome (premier ou dernier quartier) ou en nouvelle lune, ce qui a une influence sur l'importance de la marée, en vives-eaux comme en mortes-eaux.

La période de ce cycle est de 8 ans et 310 jours et, vu ce qui précède, la vitesse de la Lune change constamment, l'astre étant perpétuellement en retard ou en avance sur le moment théorique où devrait avoir lieu une pleine ou nouvelle lune.

**La déclinaison** de notre satellite est également capricieuse. Elle varie sur une période dite draconitique de 27,211 jours entre les extrêmes de 18°09 N/S et 28° 43 N/S. Les utilisateurs des tables astronomiques HO d'aujourd'hui auront ainsi compris pourquoi ces documents proposent des résolutions pour des déclinaisons comprises entre 0° et 28° 60'.

Ces variations se déroulent selon un cycle d'un peu plus de 18 années.

Les livres nautiques des XVI<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles utilisés dans mes précédents articles indiquaient le chiffre de 18,6 années, le « nombre d'or » (plus exactement 235 lunaisons, soit 6939.69 jours). Ceci nous montre l'importance qui était déjà accordée au phénomène, une des bases des calculs de prédiction des marées.

Dans ces mêmes documents, on appelait « l'épacte » l'âge qu'avait la Lune au début d'une année, une autre notion essentielle aux calculs de marées.

Aujourd'hui, la littérature retient pour le nombre d'or les noms de « période chaldéenne » ou de « Saros », voire de « cycle de Méton » (du nom de l'astronome athénien Méton, 5<sup>e</sup> av. JC).

On peut mentionner ici une découverte faite dans un épave retrouvée au début du 20<sup>e</sup> siècle en Grèce, près de l'île de Anticythère, non loin de la Crète.

Il s'agit d'un instrument extraordinaire et très complexe qui permet de visualiser tout le système solaire ainsi que le ciel. Il est composé de plus de 80 pièces, dont une trentaine d'engrenages et roues dentées. Cet instrument mécanique date du 2<sup>e</sup> siècle après JC et a été entièrement reconstruit sur la base du modèle retrouvé dans l'épave.

Lorsque la déclinaison lunaire est de 0°, sa force génératrice est la plus importante de cet autre cycle de notre satellite. Par contre, lorsque la déclinaison est forte, les forces génératrices sont moindres, inférieures d'environ 22%.

L'approche faite dans mon article traitant du ralentissement de la Terre, nous indiquait que la Planète Bleue était devenue un satellite synchrone (ou géostationnaire) de la Lune, astre errant qui nous montre toujours sa même face, alors que pour les habitants de la Lune, la Terre occupe toujours la même position dans le ciel. Il n'y a donc pas eu de lever de Terre pour les passagers d'Apollo.

### **Inti, l'astre de vie**

Le soleil lui aussi nous présente des caractéristiques variables, mais dans une bien moindre mesure.

La rotation synodique du Soleil, soit l'espace de temps entre deux passages successifs du Soleil sur le même méridien, représente une moyenne de 24 heures.

La rotation sidérale se fait en 23h 56m et 4.1s, soit le passage successif d'une étoile sur le même méridien.

On rappellera que la Terre tourne autour du Soleil en une révolution dite sidérale de 365,26 jours.

**L'orbite** de la Terre autour du Soleil est moins aplatie que celle de la Lune, avec une excentricité de 0.0167, mais reste elliptique, avec une différence de 3% entre l'apogée et le périhélie. Vers le 3 janvier, nous sommes au plus proche du Soleil et sa force génératrice des marées est ainsi accrue. Aux alentours du 3 juillet, c'est l'inverse. Ces valeurs varient lentement, sur un cycle de 209 siècles.

**La déclinaison** du Soleil est par définition nulle aux équinoxes et la plus grande lors des solstices.

C'est lors d'une déclinaison proche de zéro que la force génératrice de l'astre solaire est la plus renforcée, alors qu'elle est affaiblie en juin et en décembre. La différence représente environ 15%, ce qui n'est pas négligeable.

Tout marin, pêcheur, gastronome ou marin pêcheur gastronome a appris que c'est aux équinoxes que les marées sont les plus importantes. La déclinaison de l'astre en est donc une des causes.

Cette déclinaison varie quelque peu au cours des siècles. Si actuellement sa valeur maximale est de 23° 26', elle était de 23° 30' du temps de Christophe Colomb (voir la série d'articles de 1992 concernant la découverte de l'Amérique) et sera ramenée à 23° 25' en l'an 2200.

### **Interaction de ces cycles**

Nous voyons que les rythmes de ces astres ne sont pas les mêmes et qu'il faut attendre un plus petit commun multiple de plus de 18 années pour retrouver des conditions « à peu près semblables ».

Le **saros** susmentionné vaut quelque 223 lunaisons, soit 222 passages de la Lune au nœud ascendant, ou 239 passages en périhélie.

C'est aussi au bout de cette période que les marées retrouvent pratiquement les mêmes valeurs.

Les variations des forces génératrices de marées entraînent des variations des hauteurs d'eau et des heures de pleine ou basse mer. On parle de « composantes harmoniques » et c'est au mathématicien français Laplace que l'on doit cette théorie.

Les amplitudes de la marée varient dans des proportions allant de 1 à 6 et les navigateurs utilisent volontiers pour qualifier le marnage la notion des coefficients de marées qui vont de 20 à 120, soit la même proportion.

On rappellera ici mon article « la jauge du 5.5% » dans lequel je rappelais que le coefficient caractérise le marnage, mais pas la hauteur de la marée et que les écarts peuvent atteindre 0.70 m, soit un joli pied de pilote ! Le SHOM spécifie aussi dans ses documents qu'avec un même coefficient de marée les hauteurs d'eau prédites peuvent être différentes, dans un même port.

### **Comment se présente la situation en ce qui touche nos côtes et les marées dites semi-diurnes :**

- Pour avoir des marées de vives-eaux maximales (coefficient 120), il faut que les forces génératrices de la Lune et du Soleil se combinent au plus fort

(maximum d'action ou efficacité maximale), ce qui veut dire que la déclinaison du soleil doit être proche de  $0^\circ$  et qu'au même moment on soit en pleine ou nouvelle lune, astre en périégée et avec une déclinaison lunaire nulle.

- Pour avoir des marées de vives-eaux minimales (coefficient 70), il faut que ces mêmes forces génératrices soient au minimum, soit une déclinaison solaire de solstice combinée avec une nouvelle ou pleine lune ayant une déclinaison maximum, l'astre étant en apogée.
- Pour avoir des marées de mortes-eaux maximales (coefficient 60, voire 62 selon les sources), il faut que les forces génératrices de la Lune et du Soleil se contrarient au plus fort, soit la Lune renforcée et le Soleil diminué. Cela implique pour le Soleil une déclinaison maximale (solstice) et la plus grande distance Terre-Soleil. Au même moment, la Lune doit être en premier ou dernier quartier, en périégée et avec une déclinaison proche de zéro.
- Pour avoir des marées de mortes-eaux minimales (coefficient 20, voire 22 selon les sources), il faut que les forces génératrices de la Lune et du Soleil se contrarient au moins fort, soit la Lune diminuée et le Soleil renforcé. Cela implique pour le Soleil une déclinaison nulle (équinoxes) et la plus petite distance Terre-Soleil. Au même moment, la Lune doit être en premier ou dernier quartier, en apogée et avec une déclinaison maximale.

Il n'est donc pas fréquent d'avoir une marée de 120 et si vous n'avez pas été récolter des pousse-pieds le 10 mars 1997, il vous faudra attendre le 21 mars 2015 pour avoir une telle grande marée d'équinoxe, avec un coefficient de 119. Les 10 et 11 juin de cette même année 2015 suivra la plus grande morte-eau du siècle avec un coefficient de 62.

On rappellera aussi que les instituts hydrographiques font des « prédictions » (prédire c'est annoncer ce qui va arriver selon des règles établies), alors que les services de météorologie font des « prévisions ». Ces prédictions de marées sont faites sur la base de 143 composantes harmoniques ainsi que par modélisation.

Concernant la notion du temps et celle de l'heure, il a été fait appel au cycle du Soleil et les astronautes ont longtemps utilisé l'heure GMT. Puis, avec l'apparition des horloges « atomiques » on a pris comme étalon l'atome de Césium 133, avec ses 9'192'631'770 oscillations par secondes. C'était une base de haute précision et on est ainsi passé au temps UTC. Mais notre brave Terre est en voie de ralentissement comme vous l'avez lu dans Cruising. On a donc dû intercaler une seconde de correction tous les 4 ans, le soir du réveillon. Cela ne plait pas à tous et, comme le dit mon confrère Tom Cunliffe, il y a déjà des loups prêts à garder le Césium comme étalon et simplement laisser dériver le méridien de Greenwich vers l'Est. Cela reviendrait à dire que d'ici quelque 2000 ans, on serait de retour au méridien de Paris, situation inacceptable pour un insulaire. La bataille ne fait que commencer et il n'est donc pas encore certain que « les grenouilles mangeront du roast-beef »...

Sur ces quelques notes d'harmonie, je vous remercie de votre intérêt à mes propos au cours des années et profite de la marée qui se retire pour m'éclipser à mon tour.

P.-A. Reymond© 09-09-2009/2011

Crédit :

- SHOM
- Le phénomène des marées, Editions Apogée
- Divers articles et cours PAR