

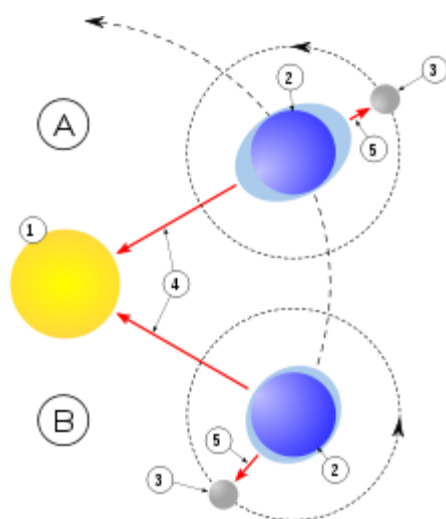
La Lune et les Marées

Introduction : A Paimpol on ne peut pas ignorer le phénomène des marées. En bateau, il faut attendre la marée haute pour passer l'écluse. A pied on pêche lorsque l'estran est découvert. Nous connaissons aujourd'hui le rôle de la lune pour comprendre ce phénomène, mais il n'en a pas toujours été ainsi. Les anciens, Egyptiens ou Grecs, riverains de la Méditerranée n'avaient pas notre chance de profiter d'un paysage côtier sans cesse renouvelé par les marées.

La lune, joue donc un rôle essentiel, mais est-ce si simple, d'autant qu'en plus de l'effet de la gravitation s'ajoute celui de la force centrifuge due à la rotation de l'ensemble Terre-Lune.

La Marée : C'est la variation de la hauteur du niveau de la mer causée par la combinaison des forces d'attraction de la lune et du soleil.

Depuis la loi de la **gravitation** formulée par **Newton** à la fin du XVIIe s. on sait que les masses liquides des mers et océans sont attirées par les masses célestes les plus influentes : le soleil et la lune. La masse du soleil est infiniment plus grande que celle de la lune, mais celle-ci étant beaucoup plus proche de la terre, les forces d'attraction sont finalement plus proches. L'attraction du soleil n'est plus qu'environ la moitié de celle de la lune.



1 : Soleil, 2 : Terre, 3 : Lune, 5 : Force d'attraction

Ce schéma illustre les alignements, mais pas les proportions ni les distances.

Zizi... ! Quoi ? mais qu'est-ce ? Non pas Zizi : **Syzygie** : Lorsque le soleil, la terre et la lune sont alignés, *figure A*, les pouvoirs d'attraction des astres s'ajoutent : on parle de **Syzygie** et on observe alors les marées les plus fortes. A contrario, quand soleil et lune forment une **Quadrature**, *figure B*, alors nous auront les coefficients les plus faibles.

Les 3 astres sont sensiblement sur le même axe (**Syzygie**) dans 2 cas :

Comme dans la *figure A* avec la **pleine lune**. Nous sommes de nuit, du côté opposé au soleil, mais la face visible de la lune est complètement éclairée par le soleil. Les 3 astres sont sur le même axes mais pas complètement alignés sinon la lune serait à l'ombre de la terre. Cela arrive : c'est une éclipse de lune.

Dans l'autre cas, la lune est entre la terre et le soleil. C'est la **nouvelle lune**. S'il fait nuit, on ne voit pas la lune qui est de l'autre côté de la terre où il fait jour. De jour on ne la voit pas non plus dans le ciel clair et c'est la face non visible qui est éclairée. Dans les deux cas, on parle de marées de **vives-eaux**.

Lune et Soleil sont en **Quadrature** (figure B) lorsque la lune éclairée de côté forme les jolis premiers et derniers quartiers. Ce sont les marées de **mortes-eaux**.

La marée montante se nomme **Flux ou Flot**, **descendante Reflux ou Jusant**. Le niveau le plus élevé : pleine mer, le plus bas : basse mer. Lorsque le plus haut ou le plus bas est atteint, la marée ne progresse plus, c'est l'**étale**. Après l'étale c'est la renverse.

Les marées les plus fortes se produisent au printemps et à l'automne aux environs des **équinoxes**, les plus faibles au moment des **solstices** d'hiver et d'été.

Le plus souvent le cycle du flux et du reflux a lieu **2 fois par jour**, (*on dit semi-diurne*) comme ici en Bretagne. Mais il existe quelques endroits de la terre où il n'y a qu'une seule marée diurne. Ceci est dû à d'autres facteurs perturbants tels que l'inertie des masses d'eau, la forme de la côte, la profondeur ou des courants... C'est le cas par exemple à Pondichéry (Indes) et dans certains ports du Viêt-Nam.

Lorsque les côtes se resserrent en entonnoir, comme la Manche ou l'estuaire du fleuve Saint-Laurent au Canada, il y a une amplification de la hauteur des marées qui peuvent dépasser les 14 mètres comme dans la baie du Mont-Saint-Michel. Il s'y produit aussi un **retard progressif**, que l'on connaît bien en Manche.

L'onde de marée : la marée se propage avec un décalage des horaires selon les lieux. Dans les eaux peu profondes de la Manche, la vitesse de propagation est de l'ordre de 30 nœuds (15 m / s) mais très élevée en eau profonde, 400 nœuds en Atlantique.

A ne pas confondre avec le courant : c'est la vitesse à laquelle la hauteur de la marée se déplace. Toutefois dans une baie, l'eau se vide et se remplit, ce qui provoque aussi indirectement des courants.

L'âge de la marée : La marée subit un **retard** par rapport aux situations astrales (*positions de la lune et du soleil*). Sur les côtes françaises le décalage entre l'heure de la pleine lune et la grande marée qui en résulte est d'**environ 36 heures**, comme on peut le constater à Paimpol.

Le Marnage : C'est pour un jour et un lieu donné, la différence de hauteur d'eau entre le niveau de pleine mer et celui de la basse mer. Le **Coefficient de Marées** s'exprime en centièmes et varie de **20 à 120** : 20 plus la plus faible possible, 120 pour la plus forte, le coefficient moyen étant 70. Une marée d'équinoxe moyenne est à 100.

La périodicité semi-diurne est d'environ **12 h 25 mn 14 s**, la moitié d'un jour lunaire moyen. A raison de 2 cycles par jour les horaires se décalent en **moyenne de 50 mn d'un jour au suivant**. Mais il s'agit d'une moyenne car au cours d'un cycle lunaire d'**environ 29 jours**, le décalage varie fortement.

Ainsi : On remarque sur le **tableau des marées de mars 2021**, (ci-dessous) que si l'heure de la pleine mer se décale en **moyenne de 50 mn** d'un jour au suivant, ce décalage varie d'environ 25 à 40 mn les quelques jours de fort coefficient, jusqu'à plus de 2 h en mortes eaux. Mais on constate aussi qu'il n'y a pas de progressivité : de nombreux facteurs autres perturbent la régularité à laquelle on devrait s'attendre.

La durée d'une marée montante varie aussi : cela varie de moins de 5h40, très rapide en vives eaux, à plus de 6h30 en mortes eaux. Il faut en tenir compte à la pêche sur l'estran : plus il y a de distance à recouvrir, moins il y a de temps, donc la mer remonte d'autant plus vite. Pour un marnage de 12 m comme c'est le cas à Paimpol, dans l'heure qui précède et qui suit la mi-marée, la mer monte de 6 mètres en 2 heures soit 5cm à la minute.

L'estran n'étant pas plat, on risque de se retrouver sur un banc coupé de la terre ferme.

Marées montantes de mars 2021									
Lune	Jour	Heure Marée Basse	Hauteur (m) basse	Heure PM	Hauteur (m) PM	Marnage (m)	Coef	Temps (h :mn) Marée montante	Décalage PM / J-1 (h :mn)
PL	Sa 27/02	01:28	1,80	07:11	11,2	9,40	91	05:43	
	Di 28/02	02:13	1,25	07:54	11,70	10,45	101	05:41	00:43
	Lu 01/03	02:55	0,90	08:34	12,00	11,10	106	05:39	00:40
	Ma 02/03	03:35	0,85	09:14	12,05	11,20	105	05:39	00:40
	Me 03/03	04:14	1,05	09:52	11,75	10,70	98	05:38	00:38
	Je 04/03	04:52	1,60	10:30	11,15	9,55	87	05:38	00:38
	Ve 05/03	05:31	2,35	11:10	10,35	8,00	71	05:39	00:40
3 Q	Sa 06/03	06:17	3,15	12:00	9,45	6,30	55	05:43	00:50
	Di 07/03	07:22	3,85	13:14	8,65	4,80	44	05:52	01:14
	Lu 08/03	08:52	4,10	15:01	8,50	4,40	43	06:09	01:47
	Ma 09/03	10:26	3,70	16:31	8,95	5,25	54	06:05	01:30
	Me 10/03	11:38	3,00	17:34	9,70	6,70	67	05:56	01:03
	Je 11/03	12:33	2,30	18:22	10,35	8,05	78	05:49	00:48
	Ve 12/03	13:18	1,80	19:03	10,80	9,00	86	05:45	00:41
NL	Sa 13/03	13:56	1,85	19:38	11,05	9,20	91	05:42	00:35
	Di 14/03	14:30	1,60	20:10	11,20	9,60	92	05:40	00:32
	Lu 15/03	14:01	1,50	20:39	11,20	9,70	90	06:38	00:29
	Ma 16/03	15:28	1,60	21:07	11,00	9,40	85	05:39	00:28
	Me 17/03	15:53	1,85	21:32	10,70	8,85	77	05:39	00:25
	Je 18/03	16:16	2,40	21:55	10,20	7,80	67	05:39	00:23
	Ve 19/03	16:40	3,05	22:19	9,65	6,60	55	05:39	00:24
1 Q	Sa 20/03	17:04	3,70	22:47	9,00	5,30	43	05:43	00:28
	Di 21/03	17:45	4,40	23:29	8,35	3,95	32	05:44	00:42
	Lu 22/03	06:12	4,60	12:05	7,85	3,25	28	05:53	
	Ma 23/03	07:41	4,95	14:16	7,65	2,70	28	06:35	02:11
	Me 24/03	09:40	4,55	15:56	8,25	3,70	40	06:16	01:40
	Je 25/03	10:56	3,70	16:58	9,15	5,45	56	06:02	01:02
	Ve 26/03	11:54	2,70	17:48	10,05	7,35	74	05:54	00:50
PL H.été +1	Sa 27/03	12:45	1,85	18:34	10,9	9,05	90	05:49	00:46
	Di 28/03	14:33	1,1	20:18	11,5	10,40	103	05:45	00:44
	Lu 29/03	15:18	0,95	21:00	11,95	11,00	111	05:42	00:42
	Ma 30/03	16:39	0,6	22:18	11,95	11,35	17	05:39	01:18

L'heure marée : On a vu que la durée d'une marée montante ou descendante est légèrement différente des 6 heures théorique. Pour la navigation nous avons besoin d'une mesure plus précise, et aussi de connaître la hauteur d'eau à tout moment.



Des instruments existent :

Pendules à marées

Mais ce sont des objets de décoration. Ils ne tiennent pas compte des variations importantes de la durée des marées au cours d'un mois lunaire et ne sont exactes qu'à la grande marée de référence pour le réglage ; de plus ne donnent aucune information sur la hauteur d'eau.

Pour la navigation : Nous connaissons tous la **règle des douzièmes**. La durée totale de la marée est divisée par 6 ce qui nous donne **l'HEURE MAREE** qui n'est plus 60 mn mais 56 ou 63 mn selon le cas. Le marnage (hauteur d'eau entre la basse et haute mer) est **divisé par 12**. Un marnage moyen de 8 mètres donnera des 12èmes de 66,6 cm. On affectera $1/12^{\text{ème}}$ à la première heure, soit 66,6 cm. Puis $2/12^{\text{ème}} = 1,34$ m la 2^{ème} heure, $3/12^{\text{ème}} = 2$ m la 3^{ème}. A mi-marée nous avons donc pris en compte 4 m, la moitié du marnage de 8 m. Aux 3 « **heures marées** » suivantes, on affecte les 6 douzièmes restants dans l'autre sens, pour aboutir à la hauteur de **l'étale** indiquée au début du calcul. Il est alors facile de calculer ainsi par **règle de 3** soit la hauteur d'eau à un moment donné, soit l'heure pour une hauteur requise.

Enfin puisque les horaires sont spécifiques à une date et un lieu donné, des tables d'horaires sont établies pour les principaux ports. Ces informations obligatoires sont disponibles dans les annuaires et documents de bord. (L'almanach du marin breton entre autres). Les annuaires pour les ports principaux sont complétés par les corrections à apporter pour les ports secondaires. Ces compléments indiquent les minutes à ajouter ou retirer par rapport au port de référence, ainsi que les corrections à apporter sur les hauteurs d'eau. Il s'agit en général de quelques minutes et quelques centimètres.

Le calcul des marées est une affaire complexe et extrêmement compliquée. On a vu qu'il n'y pas de symétrie entre une marée montante et une descendante, que deux marées pourtant proches ne se ressemblent pas. En fait, les facteurs qui sont pris en compte sont tous modifiés à chaque instant.

Quelques explications : sur le schéma du début on voit qu'entre la position B et A, il y a un mouvement 4. Ce déplacement est illustré entre un quartier et une lune soit environ une semaine, mais c'est vrai à tout moment.

Le mois lunaire : Cela devient compliqué.

Le mois « sidéral » : C'est le temps que met la lune vue de la terre pour retrouver la même position par rapport aux étoiles. La lune tourne autour de la terre et aussi sur elle-même. Ces deux mouvements sont **synchrones**, c'est pourquoi c'est **toujours la même face qui est tournée vers la terre**. (*Comme dans la valse, en tournant, on a toujours le cul par derrière !*). La durée de ce mois est d'environ 27,321 jours.

Il y aussi le mois *draconitique, tropique, anomalistique, sans intérêts pour nous*.

Le mois « synodique » : C'est celui qui nous intéresse pour nos marées. Il mesure l'intervalle entre deux nouvelles lunes successives. Il **faut 2,2 jours de plus** pour retrouver les mêmes positions par rapport au soleil, les **Syzygies**. C'est ce mois de **29,320 jours** que nous prenons en compte.

On n'est alors pas loin du mois calendaire, à un jour près. Cela explique pourquoi, nos grandes marées à Paimpol retombent chaque mois presque à la même heure à 1 ou 1h30 près.

Exemple, Etales de basse mer les 28/02 (coef 104) : 14h39, le 01/03 (106) : 15h20 **H. hiver**, les 29/03 (111) : 15h18, 30/03 (112) 16h00 **mais H. été**.

Ce serait la même chose, mais plus tôt à Brest, plus tard à Dinard.

Enfin, ou plutôt en plus, cela se corse car les astres ne suivent pas une course circulaire mais une **ellipse**. La terre et la lune s'éloignent ou se rapprochent l'une de l'autre, de même pour l'ensemble Terre-Lune du Soleil. Donc les forces d'attraction varient entre les points les plus éloignés, **Apogée**, et les distances les plus rapprochées, **Périgée**. Cela joue évidemment sur la force des marées.