

APPROCHE DOCUMENTAIRE : LES MAREES

Prérequis : loi de Newton ; force de gravitation du à un astre à symétrie sphérique, référentiels non galiléens.

Objectifs : associer les marées à un **terme gravitationnel différentiel** et comparer l'influence de la Lune et du Soleil pour analyser des documents scientifiques.

Document 1 : caractéristiques orbitales des planètes

	Mercure	Venus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
Distance moyenne au Soleil (en u.a.)	0,387	0,723	1	1,52	5,20	9,54	19,2	30,1
Période sidérale (en années terrestres)	0,241	0,615	1	1,88	11,9	29,5	84,1	165
Masse (en masse terrestre)	0,055	0,815	1	0,107	318	95,2	165	17,2

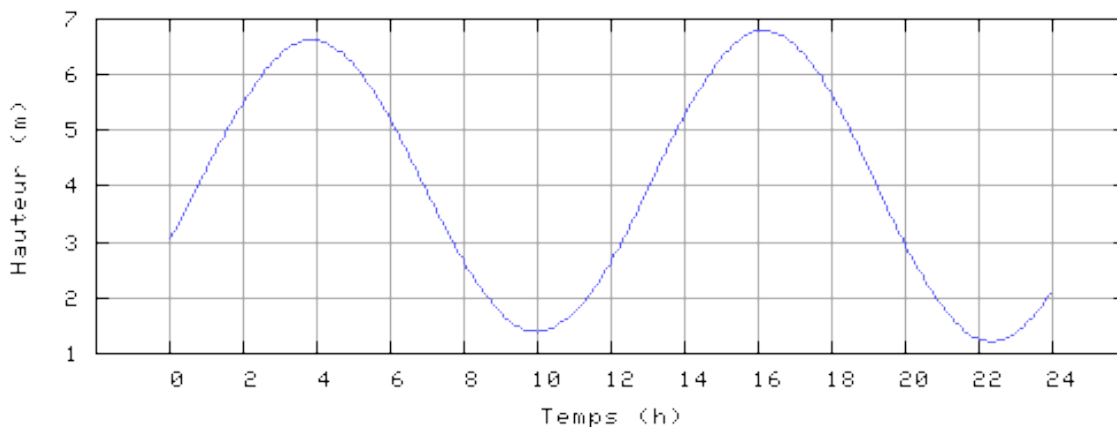
Document 2 : caractéristiques orbitales de la Lune

Diamètre (en km)	Masse (en 10^{20} kg)	Distance moyenne à la Terre (en 10^3 km)	Période de révolution sidérale (en jours)
3474	734,8	384,4	27,32

Données :

- Rayon terrestre : $R_T = 6400$ km.
- Période orbitale de la terre : $T_T = 24,0$ heures.
- Masse du Soleil : $M_S = 1,989 \cdot 10^{30}$ kg
- Masse de la Terre : $M_T = 5,974 \cdot 10^{24}$ kg
- Unité Astronomique : $1 \text{ u.a.} = 149,6 \cdot 10^6$ km
- Constante de Gravitation : $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Doc 2 : Marégramme du 02 Novembre 2013 à l'île d'Ouessant (source : horaire-marées.fr).



Document 3 : horaires des marées à l'île d'Ouessant (source : horaire-marées.fr).

Date	2 Novembre 2013		3 Novembre 2013		4 Novembre 2013		5 Novembre 2013	
Pleine mer	3h51	16h09	4h30	16h48	5h09	17h29	5h50	18h11
Basse mer	9h59	22h20	10h38	22h59	11h18	23h39	12h00	

Doc 4 : terme de marées

Le principe fondamental appliqué à la Terre de centre O dans le référentiel héliocentrique galiléen s'écrit, en nommant $\vec{A}_a(O)$ le champ gravitationnel en O créé par les autres astres du système solaire (Soleil, Lune, les autres planètes) :

$$M_T \vec{a}(O) = M_T \vec{A}_a(O) \quad (1)$$

Le référentiel géocentrique est en translation circulaire dans le référentiel héliocentrique galiléen ; son accélération d'entraînement dans le référentiel héliocentrique s'identifie avec l'accélération du centre de la Terre exprimée ci-dessus : $\vec{a}(O)$.

On considère un point M de masse m à la surface de la Terre, dans le référentiel géocentrique, soumis à l'interaction gravitationnelle due à la Terre et à l'interaction gravitationnelle due aux autres astres (Soleil, Lune, les autres planètes).

Le principe fondamental appliqué à ce point s'écrit dans ce référentiel non galiléen :

$$m \vec{a}(M) = \vec{F} + m \vec{A}_T(M) + m \vec{A}_a(M) - m \vec{a}_e$$

où :

- $\vec{A}_T(M)$ est le champ de gravitation dû à la terre en M,
- $\vec{A}_a(M)$ est le champ de gravitation dû aux autres astres en M ;
- \vec{F} représente les forces autres que les forces de gravitation exercées sur M.

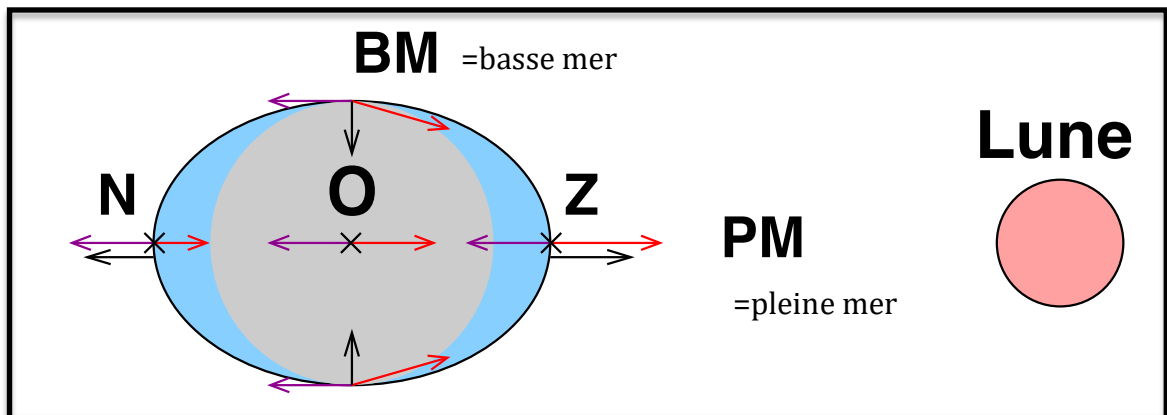
On obtient donc :

$$m \vec{a}(M) = \vec{F} + m \vec{A}_T(M) + m [\vec{A}_a(M) - \vec{A}_a(O)]$$

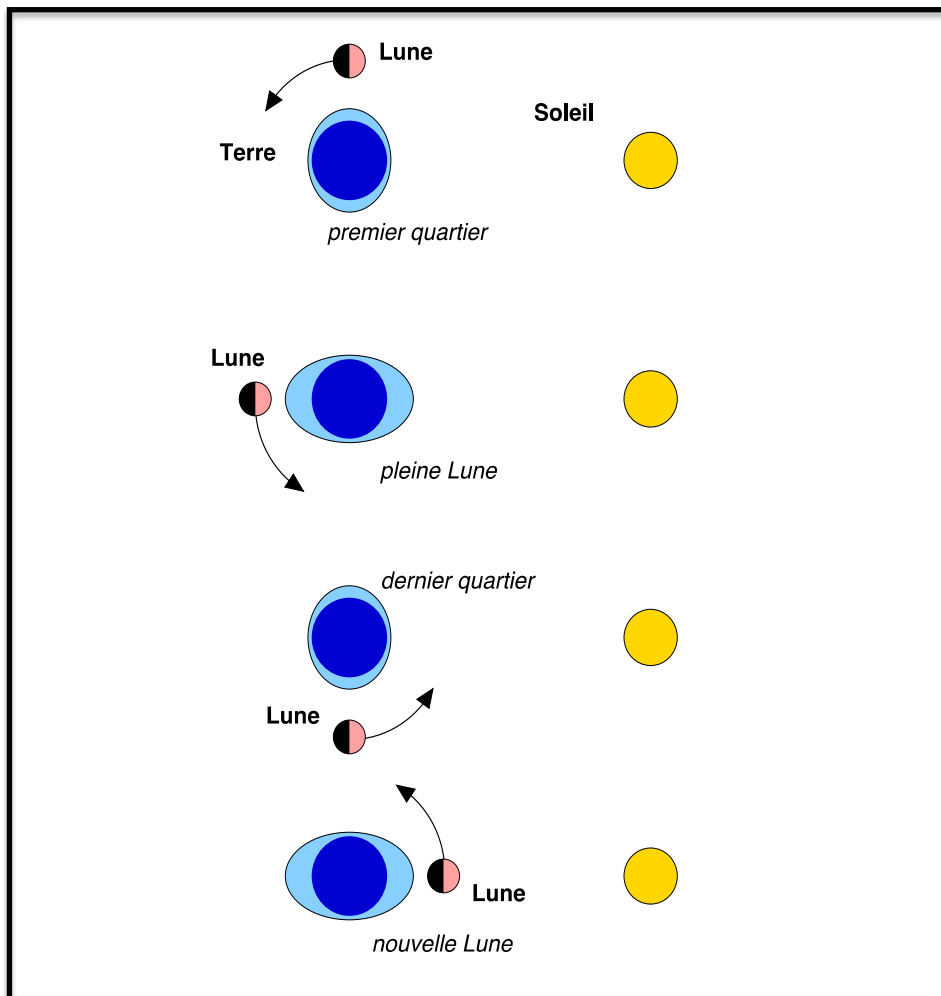
On appelle force de marée ou terme de marée **le terme différentiel** $m [\vec{A}_a(M) - \vec{A}_a(O)]$.

Dans le référentiel géocentrique, l'origine des marées est donc **la non-uniformité du champ de gravitation dû aux autres astres** que la Terre.

Doc 5 : forces de marée dues à la Lune, représentées en 5 points de la Terre



Doc 6 : marées de vives eaux et de mortes eaux.



Questions :

1°) Comparer les champs de gravitation exercés par la Lune et le Soleil en un point situé au centre de la terre. Quelle conclusion en tirer ? Les autres planètes du système solaire ont-elles une influence significative sur le mouvement de la Terre dans le référentiel héliocentrique ?

2°) En considérant une masse $m = 1 \text{ kg}$ en Z, comparer l'ordre de grandeur du terme de marée dû au Soleil, puis celui dû à la Lune. Quelle conclusion en tirer ?

3°) Pourquoi le référentiel géocentrique est-il non-galiléen ? Pourquoi n'est-il pas fait mention de l'accélération de Coriolis ?

4°) Sur le document 5, identifier les champs $m \vec{A}_a(M)$; $-m \vec{A}_a(O)$ et la force de marée. Le référentiel terrestre étant en rotation dans le référentiel géocentrique, et la Lune étant supposée fixe dans le référentiel géocentrique, combien devrait-on observer de marées en une journée en un point à la surface de la Terre ?

5°) Quelle durée devrait alors séparer deux marées hautes successives ? Retrouve-t-on cette valeur dans les documents ?

6°) La lune n'est pas fixe dans le référentiel géocentrique, mais tourne autour de la terre dans le même sens que le référentiel terrestre par rapport au référentiel géocentrique. Faire un schéma Terre-Lune à deux instants différents, correspondants à deux marées hautes successives en un même point à la surface de la Terre. En déduire le décalage T_m que l'on devrait observer entre deux marées hautes. Cela est-il confirmé par les documents ?

7°) D'après les documents, le Soleil a-t-il une influence observable sur les marées ?

8°) A partir du document 1, tracer $\ln(T)$ en fonction de $\ln(a)$, T représentant la période sidérale et a le rayon orbital moyen. Peut-on y placer la lune ? Commenter l'allure de la courbe.