

Les marées : quand la Lune fait tanguer l'eau

La marée est un phénomène très étonnant. Chaque jour, le long des côtes, la mer monte et descend avec des amplitudes qui peuvent atteindre plusieurs mètres. Dans l'Antiquité, on croyait qu'elles étaient provoquées par la respiration d'un monstre marin. C'est seulement à la fin du XVII^e siècle que Newton donne les premières explications. Pour les marées comme pour le mouvement des astres une même loi s'applique : celle de la gravitation. En effet, l'attraction réciproque de la Lune et dans une mesure moindre, celle du Soleil provoque le déplacement des eaux.

La Lune attire toute la Terre

La masse de la Terre attire la Lune et permet à celle-ci de rester en orbite. Réciproquement, la masse de la Lune crée une force qui attire la Terre et les océans vers elle : on appelle cela la force de gravité. Cette force de gravité oblige la Terre à chuter sur la Lune (cette force est inversement proportionnelle au carré de la distance entre les corps). Ainsi, toutes les particules de matières à la surface comme à l'intérieur de la Terre participent à cette chute : plus elles seront près de la Lune plus leur déplacement sera important.

Par exemple, le point situé à l'équateur de la Terre faisant face à la Lune (B) sera plus attiré vers la Lune que le point diamétralement opposé (A). En termes de déplacement créé par la force de gravité, le point B chutera trois fois plus que le point A : par exemple, si B se déplace de 30 centimètres, A ne se déplacera que de 10 centimètres. Le centre de la Terre (O) et tous les points situés sur l'axe des pôles

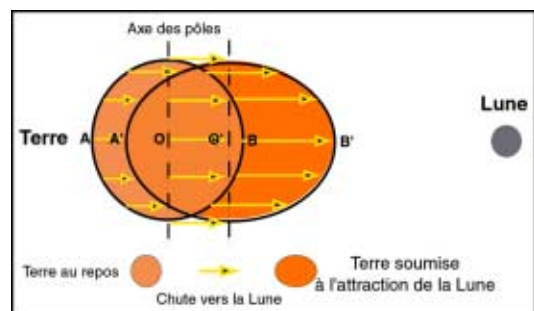


Schéma de la déformation de la Terre due à l'attraction gravitationnelle de la Lune.

chuteront vers la Lune de 20 centimètres (moins que B et plus que A). Le point A sera donc situé 10 centimètres plus loin du centre de la Terre (20 cm - 10 cm). De même, le point B s'écarte du centre de la Terre de 10 centimètres (30 cm-20 cm). Cette force agit donc sur la Terre de façon symétrique créant une bosse (ou bourrelet) équivalente de part et d'autre de la Terre dans la direction Terre Lune. Or, La Terre tourne sur elle-même en presque 24 heures (23 heures et 56 minutes). Pendant ce temps, la Lune a tourné autour de la Terre dans le même sens (elle fait le tour de la Terre en 27.3 jours). En un même lieu, on

verra donc la Lune se lever environ 25 heures après le précédent lever de Lune. Le temps entre 2 marées hautes sera égal à la moitié de 25 heures : 12 heures 30 minutes. De plus, au même instant, la marée est haute en un lieu et à son antipode, et elle est alors basse dans les deux directions perpendiculaires.

Le Soleil fait alliance avec la Lune

La force de gravité exercée par le Soleil, qui permet à la Terre de rester en orbite autour de celui-ci, agit également sur les marées mais 2 fois moins que la force de gravité exercée par la Lune. En effet, la masse du Soleil, bien que 27 millions de fois plus grande, provoque une attraction moins grande car le Soleil est situé 375 fois plus loin que celle-ci. (Ceci montre bien que la distance joue un rôle prépondérant dans le calcul de la force de gravité). Lorsque les trois astres (Terre, Lune, Soleil) sont alignés les forces s'additionnent : les marées sont importantes et sont dites de vives-eaux. Lorsque les trois astres forment un angle droit les forces se contrarient : les marées sont alors faibles et sont dites de mortes-eaux. Au printemps et en automne lorsque le Soleil est dans le plan de l'équateur, l'attraction solaire est maximale. C'est alors que se produisent les marées d'équinoxes.

La réponse de l'océan

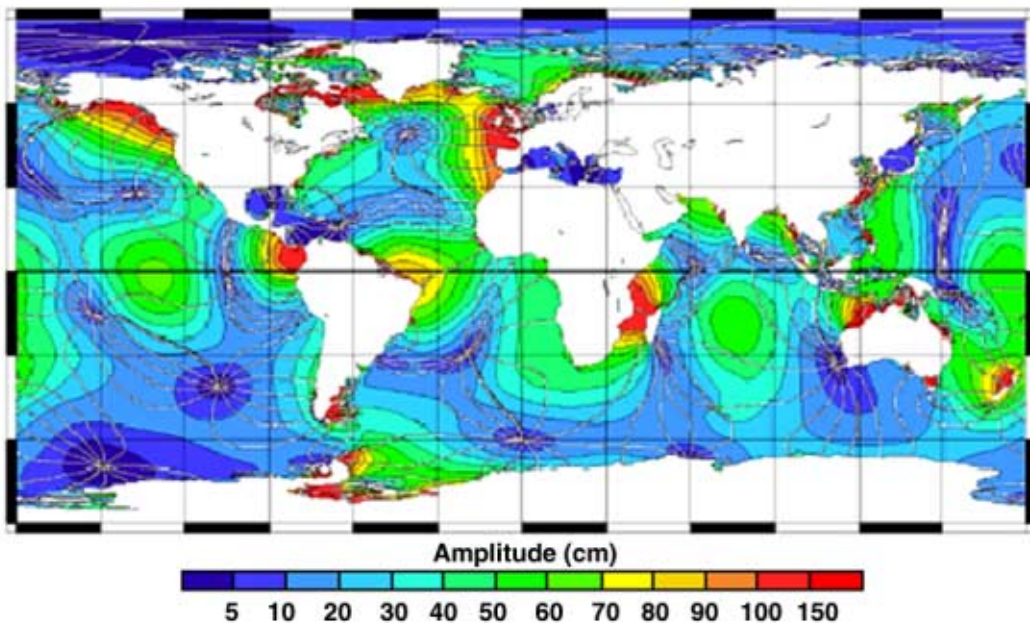
L'océan, qui est un fluide, est un système vibrant soumis à une excitation périodique. Sa réponse à cette excitation est d'autant plus importante que sa période d'excitation est proche de sa période propre.

Pour illustrer ce phénomène, prenons l'exemple d'une corde de guitare : si l'on pince une corde, le son produit aura une période propre correspondant aux caractéristiques de cette corde ainsi qu'à sa tension. La corde vibrera d'autant plus que l'excitation sera proche de sa période propre. Ceci est dû à un phénomène physique appelé résonance. Au centre de la corde se trouve le "nœud" de vibrations où celles-ci sont les plus fortes. Aux deux extrémités de cette corde correspondent les points où les vibrations sont les moins fortes, que l'on appelle les "ventres". Pour l'océan, la réponse de l'eau aux forces d'attraction est liée à la forme des bassins océaniques. Dans les grands bassins (Atlantique, Pacifique, Indien, etc) la marée peut donc se créer et se déplacer normalement. En revanche près des côtes, l'océan est moins profond et l'effet de marée est alors plus fort. Ainsi, la forme, la dimension et la profondeur des structures côtières (plateaux continentaux, baies, golfes, etc) leur confèrent une période propre. Les "nœuds" (vibrations les plus fortes) se trouvent au centre des bassins océaniques.

Prenons maintenant l'exemple d'une bassine d'eau qui symbolisera une baie. Si l'on marche avec celle-ci, on transmet à l'eau des impulsions avec une certaine période, celle de notre marche. Si la longueur de nos pas est égale à la dimension de la

bassine, on communiquera des impulsions proche de la période propre de cette bassine et l'eau débordera. Si au contraire, la longueur de nos pas est petite par rapport à la taille de cette bassine, l'amplitude du mouvement de l'eau sera petite. Dans le cas de l'océan, si la période est égale à celle des marées, l'amplitude est accentuée créant alors de fortes marées (lorsqu'on pousse quelqu'un sur une balançoire, il faut attendre qu'il soit au plus haut pour donner une nouvelle impulsion et accentuer ainsi son mouvement).

La différence de hauteur de mer entre la marée haute et la marée basse s'appelle le marnage. Au milieu des océans, les différences sont généralement de 1 mètre. En revanche, près des côtes, elles peuvent être plus marquantes, car la faible profondeur et l'étendue importante des plateaux continentaux accentuent l'effet de marée. Par exemple, au mont Saint-Michel, le marnage est de l'ordre de 15 mètres. Mais le plus grand marnage est atteint dans la baie de Fundy au nord de Boston, aux Etats-Unis, allant jusqu'à 20 mètres. En revanche, en Méditerranée, il n'est en moyenne que de 20 centimètres car le bassin, étroit et profond, ne permet pas à l'eau d'exprimer une réponse importante. Grâce aux satellites altimétriques tels que TOPEX/Poséidon et aux développements de nouveaux modèles, l'amplitude des marées au milieu des océans est maintenant connue avec une précision supérieure à 2 centimètres.



Carte des amplitudes de marées (crédits GRGS/LEGOS/CNES, Toulouse)

Les marées terrestres

Le plus étonnant est que les marées existent également sur Terre. La masse de la Lune et du Soleil crée une force qui déforme les océans... mais aussi les terres. Le globe solide lui aussi se déforme. Cette déformation est principalement élastique et provoque des distorsions géométriques de la surface terrestre. Chaque jour sous l'effet des marées terrestres les maisons, en un lieu donné, montent et

descendent de 20 à 30 centimètres. Ce phénomène n'est pas visible à l'œil nu car toutes les maisons aux alentours bougent en même temps et de façon identique et ce, sur des centaines de kilomètres.

Terre et Lune : un couple qui se sépare



Sous l'effet de la gravitation, la Lune orbite autour de la Terre. De plus, soumise à de puissantes forces de marées de la part de la Terre, la Lune tourne sur elle-même à la même vitesse et dans le même sens que son mouvement de révolution autour notre planète : résultat, elle nous présente toujours la même face. Ces mêmes forces de marées créent, comme pour la Terre, des déplacements du sol Lunaire.

Sous l'influence de l'effet de marée provoqué par la Lune, la rotation de la Terre ralentit au fil du temps : la durée du jour croît de 0,00164 secondes par siècle. Ce ralentissement est petit, mais régulier. Il est attribué à la dissipation d'énergie exercée par le frottement des marées, particulièrement dans les mers peu profondes, ainsi qu'à l'action du bourrelet équatorial créé par la force de marées car cette bosse intensifie la force de marée exercée par la Terre sur la Lune. Sous l'action de ces deux phénomènes, la marche lunaire s'accélère. Suite à ce changement de vitesse, notre satellite s'éloigne doucement de sa planète mère de deux mètres par siècle environ.

Bibliographie

BT (Bibliothèque de Travail) : Les marées côtières, Editions PEMF, n° 1047, avril 1993.