

AVEC NOS ÉLÈVES

Les marées à l'école

Jean-Luc Fouquet

L'auteur propose à quelques élèves de mimer corporellement les astres impliqués dans le phénomène des marées : la Terre, la Lune et le Soleil. Deux autres élèves symbolisent des bateaux soumis aux rythmes des marées. Considérant que l'intensité des forces de gravitation varie en fonction de la distance on justifie visuellement cette intensité par des variations de distances. On peut ainsi symboliser les grandes marées, celles de vives-eaux ou des mortes-eaux, s'intéresser aux phases de la Lune et même au décalage de l'horaire de la marée.

Le calcul des marées est complexe et il pourrait paraître bien prétentieux et inutile, au premier abord, d'étudier le phénomène à l'école. Pourtant, l'essentiel peut être expliqué en ne mettant en jeu que la force d'attraction universelle avec les seules actions de la Lune et du Soleil sur notre planète qui est déformable car elle porte sur sa surface des mers, des océans et quelques terres émergées. Pourquoi peut-on observer deux marées hautes par jour ? Pourquoi la mer se retire-t-elle parfois très loin ? Pourquoi l'horaire des marées se décale peu à peu d'un jour à l'autre ? Voilà les questions auxquelles on essaiera de construire collectivement des réponses en impliquant corporellement les élèves dans une ronde, une petite pièce de théâtre jouée par au moins cinq élèves-acteurs, voire davantage si on veut délimiter la scène par des élèves-constellations servant de repères supplémentaires.

Dans la description de ce jeu de rôles, les personnages seront représentés par des figurines « Lego », et désignés de la manière suivante :

Lettre figurant sur le personnage	Nom de l'élève représenté	Rôle joué par cet élève
T	Tom	La Terre
B1	Bob	Un bateau
B2	Béa	Un autre bateau de l'autre côté de la Terre
L	Léa	La Lune
S	Sam	Le Soleil



Fig.1. Les acteurs de la pièce. (Tanguy sera présenté plus tard).

Lorsque ces élèves se déplacent, ils posent successivement le talon du pied déplacé contre la pointe du pied resté immobile comme le suggèrent les dessins ci-dessous :



Fig.2. Déplacement de A à B de 1 pas.



Fig.3. Déplacement de A à B de 3 pas. Ces déplacements serviront à traduire la variation du niveau de l'eau dans le port.

Le rôle de la Lune

La Terre et la Lune s'attirent réciproquement selon la loi de la gravitation universelle établie par Newton au XVII^e siècle. Notre planète bleue est recouverte à 71 % par des mers et des océans, et c'est surtout sur ces immenses étendues d'eau que l'action de la Lune est la plus visible. Cette force d'attraction entre deux corps est d'autant plus intense qu'ils sont plus proches l'un de l'autre. C'est donc ce critère de « distance » que nous allons mettre en évidence dans cette ronde. Les élèves jouant des bateaux nous servent de repères : en s'éloignant du centre de la Terre, et donc de Tom, ils miment l'eau montant dans le port et donc la marée haute.

Dans un premier temps, en l'absence théorique de toute attraction de la Lune ou du Soleil, la Terre et les deux bateaux joués par les trois élèves Tom, Bob et Béa seront rangés, à deux pas de Tom (figure 4).

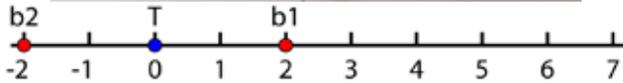
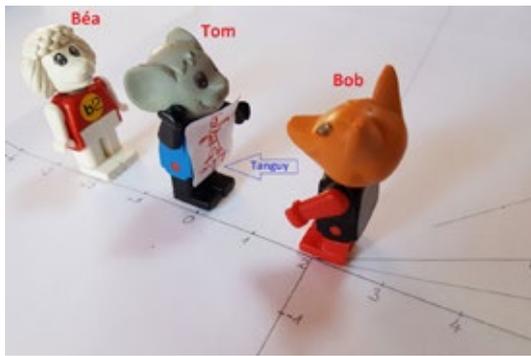


Fig.4. La Terre et les bateaux en l'absence de toute action de la Lune ou du Soleil. On a placé les personnages sur une graduation, -2 pour Béa, 0 pour Tom et 2 pour Bob. Avec une vraie ronde, on espacerait les élèves de deux pas.

Sur la ligne matérialisée par ces trois élèves apparaît la Lune, jouée par Léa (figure 5). Bob, le plus proche d'elle, est le plus attiré par elle et se déplace de trois pas dans sa direction (passant de la position 2 à 5). Tom, un peu plus éloigné d'elle, ne fait que deux pas (passant de la position 0 à 2). Béa, plus loin d'elle encore, doit avoir un déplacement plus faible et ne se déplace que d'un pas passant donc de la position -2 à la position -1.

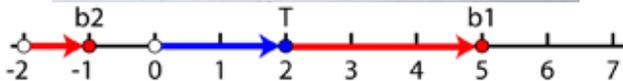
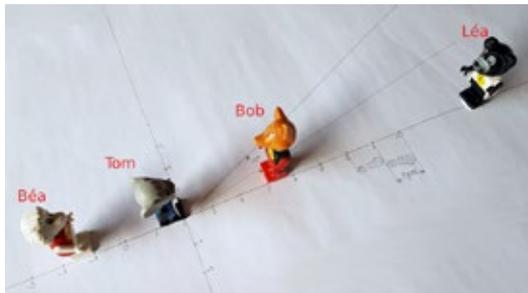


Fig.5. Action de la Lune sur la Terre déformable.

Pour simuler la rotation de notre planète, Tom va alors tourner sur lui-même, dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Pour mieux décrire ce défilement du temps, imaginons la présence d'un habitant de la Terre, que l'on pourrait situer par exemple sur la poitrine de Tom et que l'on pourrait prénommer Tanguy.

Pour plus de clarté, on peut « matérialiser » ce nouveau personnage « théorique » par un petit bonhomme dessiné sur une feuille de papier ou un petit carton tenu par Tom sur sa poitrine. Il y a donc une marée haute chaque fois que celui-ci



Fig.6. Tanguy

fait face à l'un des bateaux qui s'est éloigné. Chaque spectateur de cette ronde se rend bien compte qu'il y a bien deux marées hautes par jour !

Sur la photo précédente, Tom représentant la Terre fait face au bateau B1, et il y a alors pour Tanguy une marée haute. Si maintenant Tom fait un tour complet sur lui-même, Tanguy retrouvera-t-il une marée haute le lendemain à la même heure ? Précisément non, car en 24 heures la Lune, au cours de sa rotation autour de la Terre, s'est déplacée d'un angle de 13° par rapport aux étoiles. Pour mimer cette nouvelle situation, Léa se déplace un peu, dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, et les deux bateaux Bob et Béa s'alignent avec Tom et Léa, tout en gardant leurs distances (figure 7). Ce déplacement de la Lune de 13° correspond à un décalage dans le temps de 50 minutes. Tanguy pourra observer un retard de 25 minutes sur chaque marée haute par rapport à la précédente.



Fig.7. Effet du déplacement journalier de la Lune sur les heures des marées

Le bateau B1 représenté par Bob est amarré dans le port habité par Tanguy et il doit, en toute rigueur, tourner avec Tom dans sa rotation pour décrire ce qui se passe en un jour. Les deux bateaux s'éloignent ou se rapprochent de lui suivant qu'ils se situent sur la ligne Terre-Lune ou sur une direction perpendiculaire, mimant ainsi l'alternance, toutes les 6 heures environ, d'une marée haute et d'une marée basse (figures 8 page suivante).

Le rôle du Soleil

On peut montrer que le Soleil participe au phénomène des marées pour la moitié de la Lune. Cette force de marée due au Soleil s'ajoute à celle due à la Lune lorsque que les trois astres sont alignés, c'est à dire lorsque que la Lune est pleine ou nouvelle. On observe ces jours-là des grandes marées dites de vives-eaux. Au contraire, les actions de la Lune et du Soleil se contrarient les jours de premier ou de dernier quartier. Ce sont alors des mortes-eaux (figures 9).

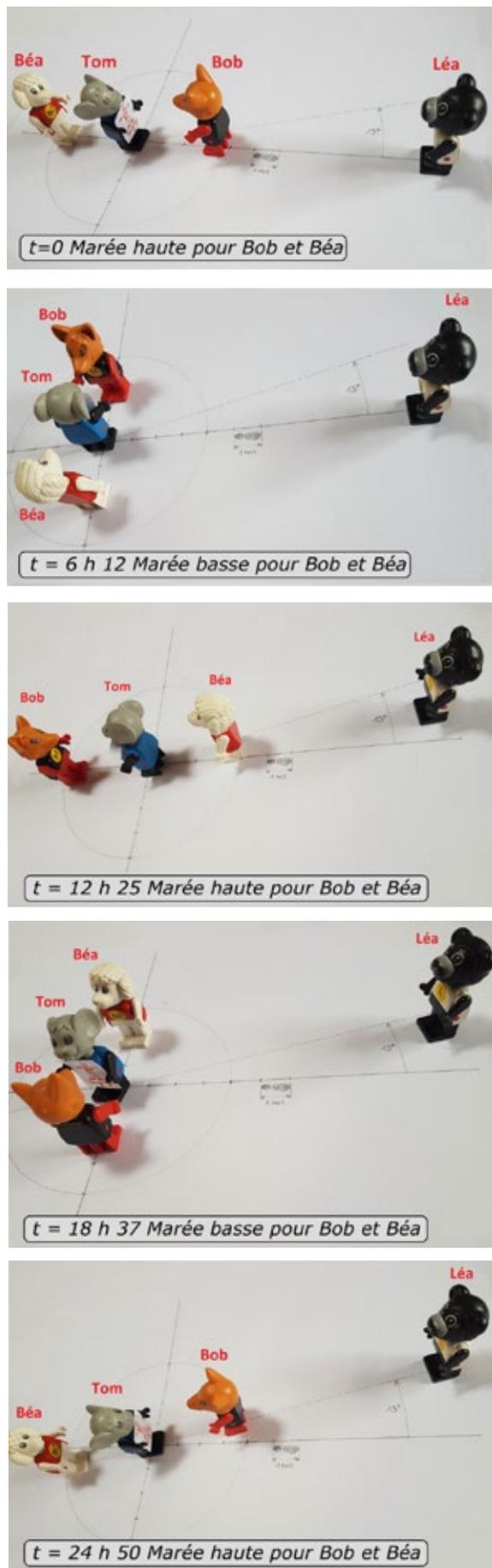
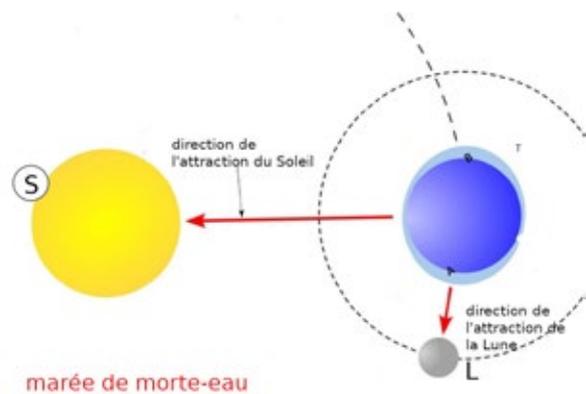
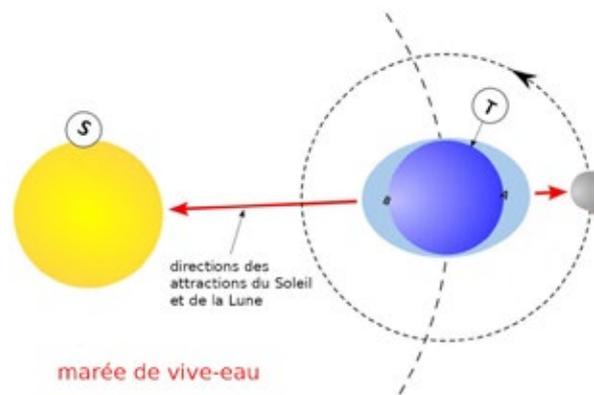


Fig.8. Successions de marées hautes et basses sur un jour.



marée de morte-eau

Fig.9a. Schéma des marées au premier quartier.



marée de vive-eau

Fig.9b. Schéma des marées à la pleine Lune.

Dans la ronde, Sam, représentant le Soleil, vient se placer sur la ligne Terre-Lune, au-delà de Léa (figure 10). Aussitôt, pour traduire l'action de ce nouveau venu, Bob fait un pas et demi supplémentaire vers lui (passant de la position 5 à 6,5), la Terre fait un petit écart d'un pas dans cette même direction (passant de la position 2 à 3) et Béa avance vers Léa d'un demi-pas. Les bateaux s'écartent encore davantage de la Terre, et au cours de la rotation de Tom sur lui-même, on peut constater que pour Tanguy, il y a bien deux marées de vives-eaux par jour. Léa se situant entre Tom et Sam symbolise une nouvelle Lune.

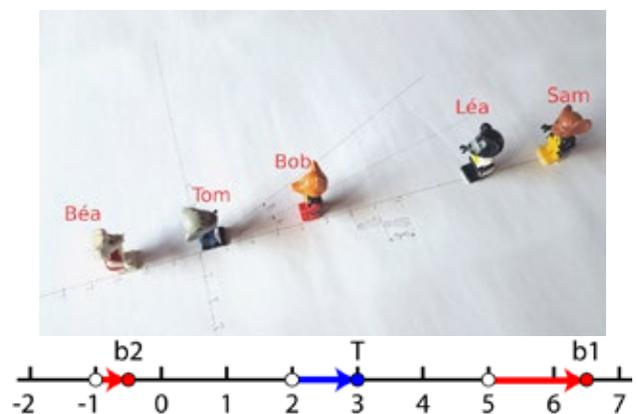


Fig.10. Actions conjuguées de la Lune et du Soleil en nouvelle Lune (les flèches indiquent les déplacements par rapport à la figure 5 où seule l'action de la Lune était prise en compte).

La situation représentée sur la figure 11 est celle du dernier quartier de Lune dont l'action sur les océans est contrariée par celle du Soleil situé dans une direction perpendiculaire. L'écart entre la Terre et les deux bateaux devient plus faible, Bob et Béa se rapprochent de Tom mimant ainsi des marées de faible amplitude, dites marées de mortes-eaux. Nous pourrions faire les mêmes observations si les acteurs de cette ronde jouaient le phénomène au premier quartier.

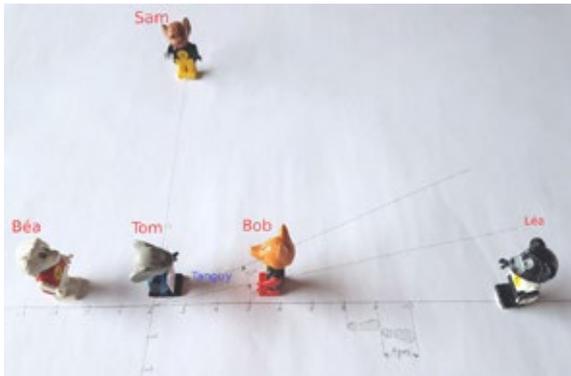


Fig.11. Actions contrariées de la Lune et du Soleil au dernier quartier.

En exercice

On pourrait demander aux élèves de mimer la situation de pleine Lune, Sam et Léa étant pour cela alignés avec Tom de part et d'autre de lui (figure 12). En partant des positions occupées par chaque élève sur la figure 5, l'action du Soleil étant moitié moindre que celle de la Lune, Sam attire Béa qui fait un pas et demi vers lui (occupant désormais la position $-2,5$), Tom fait vers lui un pas (revenant à la position 1) et Bob revient avec un demi-pas à la position 4,5. On peut alors observer des grandes marées, les écarts entre la Terre et les deux bateaux étant les mêmes que sur la figure 10 (soit 3,5 pas).

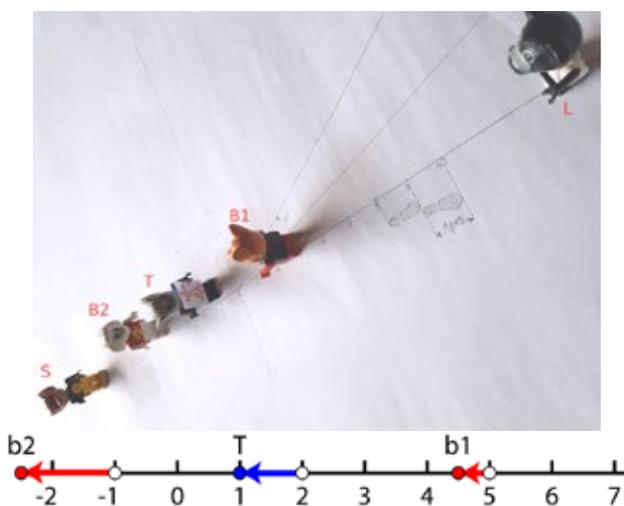


Fig.12. Les acteurs un jour de pleine Lune (les déplacements sont indiqués par rapport à la figure 5).

Le rôle de Tanguy

Choisir un point particulier sur la Terre permet d'introduire dans cette ronde la notion de temps, de préciser approximativement à quelle heure on peut observer une marée haute ou basse en fonction de l'aspect de la Lune¹. Retrouvons Tanguy (voir figure 6) étendu dans un champ près de chez lui. Tom tient le carton avec Tanguy sur sa poitrine et lorsqu'il fait face à Sam, on peut dire que pour Tanguy, c'est le milieu de la journée, le Soleil est au plus haut au-dessus de son terrain, il est alors midi pour lui.

Si Tom fait un quart de tour sur lui-même dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, le Soleil se trouve alors dans le plan du petit carton et se couche, c'est le début de la soirée pour Tanguy.

Tom poursuit sa rotation d'un demi tour dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et fait maintenant face à Bob et à Léa (figure 13).



Fig.13. Marée haute à 6 h.

Pour Tanguy, c'est marée haute, mais de faible coefficient car Lune et Soleil sont dans deux directions perpendiculaires. Tom voit sur la boule-Lune en polystyrène un dernier quartier. Sam, le Soleil, est dans le prolongement du champ de Tanguy, il se lève, il est 6 heures du matin.

Sur la figure 14, Tom a fait un quart de tour sur lui-même par rapport à la situation de la figure 13, entraînant dans sa rotation les deux bateaux. Six heures se sont écoulées et pour Tanguy qui fait désormais face à Sam, il voit le Soleil au plus haut au-dessus de son terrain, il est midi. C'est marée basse et la mer s'est retirée pas trop loin car c'est une marée de morte-eau. La Lune en dernier quartier, dans le prolongement du champ de Tanguy, se couche.

¹ On supposera ici que les forces de marées agissent instantanément. En réalité, il y a toujours un certain retard appelé établissement de port, qui vaut un peu plus de 3 h sur la côte atlantique et davantage le long de la Manche.



Fig.14. Marée basse à 12 h.

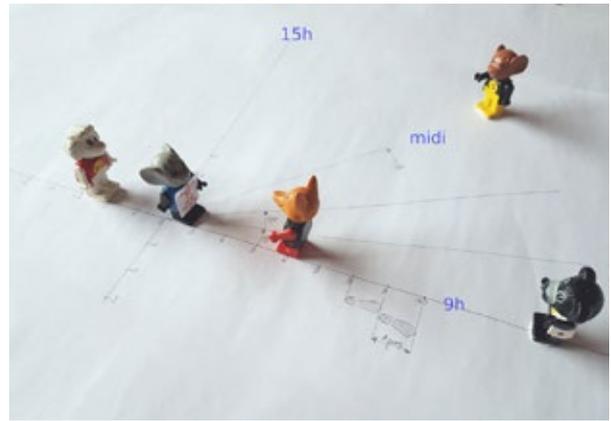


Fig.15. Photo 1 de l'exercice.

Le rôle du « vrai Soleil »

Les deux dernières photos ont été prises à l'extérieur avec, dans le dos de Sam, un vrai Soleil éclairant les petits personnages, dans la situation d'une marée haute pour Tanguy, un jour de dernier quartier pour la Lune. C'est une incitation à organiser avec les élèves cette ronde dans la cour de l'école un jour de beau temps, quand le Soleil n'est pas trop haut. Il suffirait alors à Léa de tenir devant elle un ballon ou une grosse boule de polystyrène blanche qui serait alors éclairée par ce vrai Soleil, ce qui apporterait un supplément d'explication pour tous les participants qui pourraient deviner facilement l'aspect de la Lune perçu par les habitants de la Terre, en fonction des positions respectives occupées par Tom, par Léa et par Sam.

Ai-je bien compris ?

Il pourrait être amusant et instructif de revenir sur toutes les notions introduites dans cette ronde et de proposer à de nouveaux acteurs de mimer une situation en imposant une phase de Lune, un état de la marée haute ou basse et pour Tanguy une heure d'observation. Pour illustrer l'exercice, essayons de décrire la situation sur deux photos.

Quel est le point de vue de Tanguy pour ce qui est de l'heure d'observation et de l'état de la marée, pour chacune des deux photos suivantes ?

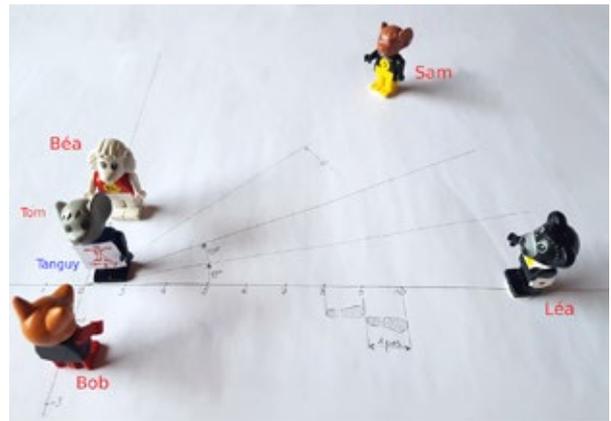
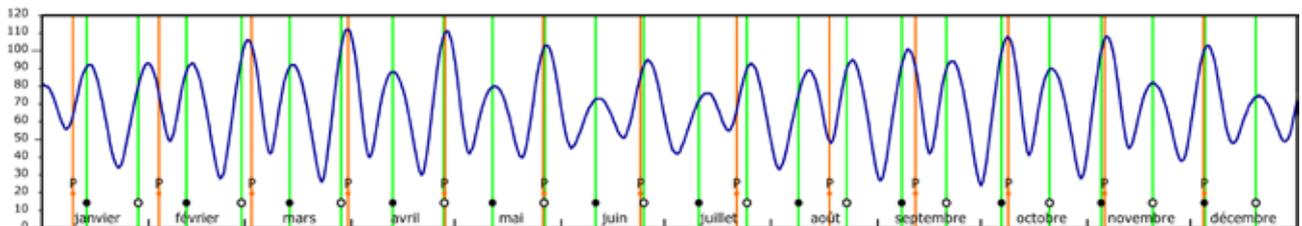


Fig.16. Photo 2 de l'exercice.

Solutions

Sur la première photo, les directions Terre-Lune et Terre-Soleil font entre elles un angle de 45° environ et Tom devra faire une rotation de 3 heures (3 fois 15°) pour se retrouver face à Sam. Donc pour Tanguy, il est 9 heures, la Lune est au plus haut, c'est un dernier croissant. La marée est haute avec un coefficient moyen.

La deuxième photo représente la même scène que la photo précédente pour les positions de la Lune et du Soleil mais 6 heures plus tôt. Pour Tanguy, il est donc 3 heures du matin, la Lune se lève, dans le prolongement de son terrain. C'est marée basse.



Les coefficients de marée en 2021. On a indiqué également les dates de pleine Lune et nouvelle Lune (traits verts) ainsi que des pérégées (en P, traits oranges). On peut remarquer que les maxima ont tous lieu juste après un trait vert (nouvelle Lune ou pleine Lune) et ils sont d'autant plus importants qu'on est proche du pérégée (traits oranges). Les plus grands coefficients sont atteints aux alentours des équinoxes.