

LE COURRIER DES LECTEURS

Les limites de la limite de Roche

Notre collègue, Béatrice Sandré donne une critique très pertinente de l'article intitulé "la limite de Roche revisitée". Elle explique pourquoi :

L'éclatement du satellite est dû aux forces de marées. Le champ de marée en un point du satellite est la différence entre le champ de gravitation créé par la planète au point considéré et celui créé au centre d'inertie du satellite. Il vaut donc (en conservant les notations de l'article) :

$$g_m = GM \left(\frac{1}{(D-r)^2} - \frac{1}{D^2} \right) = \frac{GM}{D^2} \left[\left(1 - \frac{r}{D} \right)^{-2} - 1 \right]$$

$$g_m \approx \frac{2GMr}{D^3}. \text{ Les forces de marées s'exerçant sur le satellite sont donc proportionnelles à } \frac{2GMmr}{D^3}.$$

Si on recherche uniquement l'ordre de grandeur de la limite de Roche, mais l'ordre de grandeur seulement, on pourra écrire que ces forces de marées doivent être supérieures à la force d'interaction gravitationnelle :

$$\frac{2GMmr}{D^3} > \frac{Gm^2}{4r^2} \text{ soit}$$

$$D < \sqrt[3]{8Mr^3 / m} = 2R \sqrt[3]{\rho_M / \rho_m} ;$$

Compte tenu du raisonnement très qualitatif que nous avons fait, le coefficient 2 n'a aucune signification, et si c'était le coefficient donné par Roche, ce serait uniquement le fruit du hasard. [...]

Pour déterminer la condition d'éclatement du satellite, il faut écrire l'équilibre de chacune des sphères dans le référentiel du satellite. Mais celui-ci n'est pas galiléen et c'est pourquoi le problème est un peu compliqué. Sa solution n'est pas la même si le satellite a un mouvement de translation autour de la planète (plus simple mais peu vraisemblable), ou s'il a un mouvement de rotation, par exemple comme la Lune, tournant toujours la même face du côté de la planète. Dans ce dernier cas, on trouve alors une limite de Roche :

$$D = 2,29R \sqrt[3]{\rho_M / \rho_m}$$

Les auteurs de l'article affirment que $T = F_1 - F_2$, mais cette affirmation est fautive. Ils oublient de plus que le référentiel du satellite n'est pas galiléen.

Béatrice Sandré

L'article des trois lycéens comportait effectivement des approximations implicites, comme celle mentionnée par Béatrice Sandré. Dans une relation, il y avait aussi des erreurs d'écriture, signalées par Pierre Causeret, mais elles ne remettaient pas en cause la relation finale. Dans le calcul de Béatrice Sandré, le coefficient de Roche est 2, contre 2,29 si le satellite est supposé tourner comme la Lune et 2,45 sans approximation. Ceci permet de mesurer le degré des approximations.

Nous avons retrouvé l'article original de Roche. Nous essaierons de vous en reparler... mais ce sera dur.

Direction des levers de Soleil

Dans la rubrique "Avec nos élèves", aux pages 33 et 34 des Cahiers Clairaut n°121, un questionnaire d'évaluation destiné aux enfants du primaire a été présenté par nos collègues. La question n°3 dit : "Un matin j'observe le lever du Soleil. Une semaine plus tard, il se lèvera : 1 - exactement au même endroit ; 2 - pas exactement au même endroit ; 3 - je ne sais pas". En page 34, la réponse n°2 est indiquée comme bonne. Dans la grande majorité des cas, si l'on s'en tient à des observations ordinaires, à l'œil nu (la main devant le Soleil ou en se protégeant avec un filtre), la réponse n°2 est en effet acceptable. Le Soleil se lève (même raisonnement pour les couchers) en des endroits différents, d'un jour à l'autre, sur l'horizon. Les points de levers sont quantifiables par les azimuts mesurés en degrés d'angle.

Les azimuts varient fortement du jour au lendemain lorsque le Soleil est aux environs des équinoxes, car sa déclinaison change beaucoup dans ces périodes. On rappelle en effet : - en automne et en hiver, les levers de Soleil se produisent dans le secteur sud-est de l'horizon, les couchers dans le secteur sud-ouest. - au printemps et en été, les levers de Soleil se produisent dans le secteur nord-est de l'horizon les couchers dans le secteur nord-ouest.

En revanche, aux solstices, la déclinaison du Soleil varie très peu, puis se stabilise et repart en variant peu à peu dans l'autre sens, ce qui a pour conséquence de faire varier très subtilement les azimuts des levers autour de ces dates là.

Par conséquent, si la semaine proposée dans le questionnaire est placée "à cheval" sur une date de solstice (3 jours avant + 3 jours après la date centrale), non seulement l'observation est délicate, mais la réponse n°1 peut être considérée comme correcte !

Pour que la réponse n°2 s'impose et que l'observation soit évidente même aux élèves du primaire, il convient donc de situer les dates pas trop proches des solstices. Remarque subsidiaire en forme de question pour les plus grands élèves : un matin d'équinoxe, le Soleil se lève à l'est, exactement au point gamma sur l'équateur céleste. D'un point de vue strictement astronomique, se couchera-t-il exactement à l'ouest le soir même ?

Daniel Bardin

Merci à Daniel Bardin pour ces remarques pleines de finesses et la très belle illustration qu'il propose ci-dessous. Il aurait fallu trouver une formulation plus générale de la question ; par exemple : "Le Soleil se lève-t-il toujours dans la même direction ?"

Trajectoires de levers
de Soleil autour
du solstice d'été.

