

COURRIER DES LECTEURS

Déviaton vers l'est

Dans le n°126 des Cahiers Clairaut, Pierre Causeret écrivait à la page 23 qu'une pomme tombant du haut d'une tour ne tombe pas exactement au pied de la tour mais légèrement à l'est car le haut de la tour a une vitesse linéaire plus grande que le bas. C'est d'ailleurs ce que pensait Newton. Georges Paturel a fait remarquer fort justement qu'il fallait aussi tenir compte de la conservation du moment angulaire (ou de la force de Coriolis). Cette question a suscité un certain nombre de discussions au sein de la rédaction et nous y reviendrons dans un prochain numéro.

Masse le la Lune et de la Terre.

Dans le Cahiers Clairaut numéro 127, Georges Paturel a voulu montrer que l'on pouvait déterminer simplement les masses de la Terre et de la Lune à partir de la troisième loi de Kepler et de l'accélération de la pesanteur (valeur déterminée expérimentalement à Lyon). Évidemment, il supposait une Terre parfaitement sphérique avec une répartition de masse à symétrie sphérique, se déplaçant autour du Soleil sur une ellipse bien définie.

Une de nos lectrices, Béatrice Sandré, nous fait remarquer que si on tient compte de la non sphéricité de la Terre, il existe des incertitudes sur la valeur du demi grand axe de l'ellipse et sur la valeur de g et que ces incertitudes ne permettent plus de déterminer la masse de la Lune. En effet, la valeur de l'incertitude est de l'ordre de grandeur de la masse de la Lune.

Vous trouverez ci-dessous les grandes lignes de ses calculs. Merci à elle pour ces précisions.

La troisième loi de Kepler appliquée au système Terre-Lune

$$M + m = \frac{4\pi^2 a^3}{G P^2}$$

suppose que ce système est isolé et que les deux objets sont à symétrie sphérique. Le demi-grand axe a de l'ellipse relative devrait alors être constant dans le temps ainsi que la période P de ce mouvement.

Or, d'après le site de l'observatoire de Paris - Meudon, la période P est de 27,32 jours et la valeur moyenne de a est de 384 400 km mais avec des variations d'amplitude 3 400 km. Cette variation est expliquée par la non sphéricité de la Terre et par la présence du Soleil. La troisième loi de Kepler n'est pas rigoureusement applicable au système Terre - Lune. Pour évaluer l'ordre de grandeur de l'erreur commise en l'appliquant pour déterminer $M + m$ on peut écrire que la valeur de a est connue avec une incertitude absolue de 3 400 km, soit une incertitude relative 0,9 %.

Compte tenu de ces valeurs :

$$M+m = \frac{4\pi^2}{6,67 \times 10^{-11}} \times \frac{(384,4 \times 10^6)^3}{(27,3215 \times 24 \times 60 \times 60)^2} = 6,03 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$\text{et } \frac{\Delta(M+m)}{(M+m)} = 3 \frac{\Delta a}{a} = 2,7\%$$

d'où $\Delta(M + m) = 16 \times 10^{22} \text{ kg}$.

$$M + m = (6,03 \pm 0,16) \times 10^{24} \text{ kg}$$

L'expression du champ de gravitation à la surface de la Terre $g = G \frac{M}{R^2}$ suppose que la Terre est sphérique et que la distribution de masse est à symétrie sphérique. Or la Terre a la forme d'un ellipsoïde dont le "rayon" est compris entre 6 357 km au pôle et 6 378 km à l'équateur.

La formule $M = \frac{g}{G} R^2$ n'est donc pas rigoureusement applicable. Pour évaluer l'ordre de grandeur de l'erreur commise en l'appliquant, on peut écrire que $R = (6368 \pm 10) \text{ km}$. compte tenu de ces valeurs :

$$M = \frac{9,81}{6,67 \times 10^{-11}} \times (6368 \times 10^3)^2 = 5,96 \times 10^{24} \text{ kg}$$

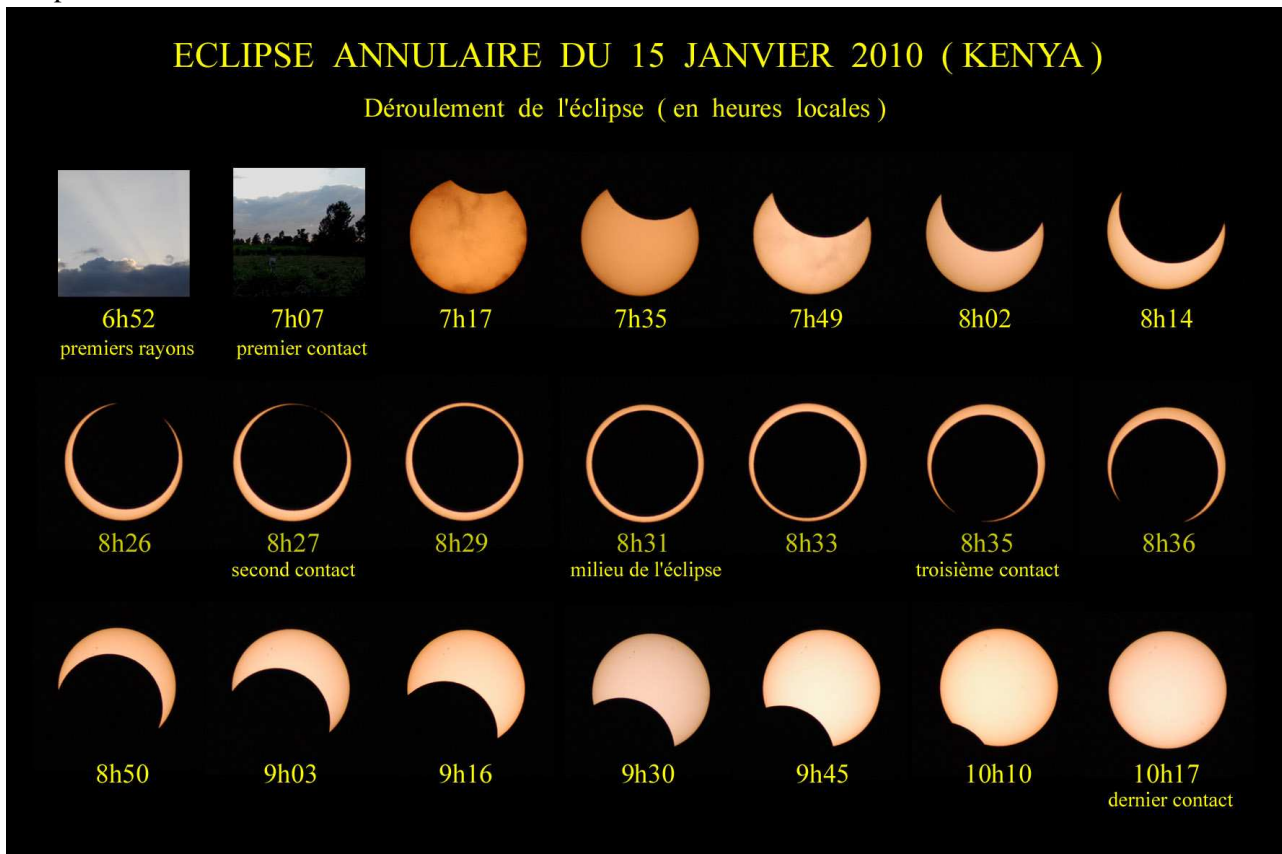
$$\frac{\Delta M}{M} = 2 \frac{\Delta R}{R} = \frac{20}{6368} = 0,32\% \text{ d'où } \Delta M = 0,02 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$M = (5,96 \pm 0,02) \times 10^{24} \text{ kg}$$

L'incertitude sur $M + m$ étant supérieure à m , on ne pourra pas calculer la masse de la Lune par différence entre $M + m$ et M .

Éclipse de Soleil

Michel Vignand, de La Réunion, nous a fait parvenir cette composition d'images de la dernière éclipse annulaire du Soleil. Merci à lui de nous faire partager ces belles images.



Grossissement résolvant.

Roger Marical a fait une lecture attentive de l'article de Daniel Bardin sur les lunettes. À la page 13 du CC 128, l'auteur affirme que le grossissement résolvant vaut D (diamètre de l'objectif) en millimètres. Roger Marical cite Danjon et Couderc qui dans "Lunettes et télescopes" donnent $D/2$.

Dans la littérature, en fonction des auteurs, on trouve les deux valeurs.

Et Daniel Bardin nous transmet : "Danjon et Couderc indiquent en effet que le pouvoir résolvant est défini par rapport à la tradition: on décide qu'on veut voir dans la lunette deux astres ou deux détails apparemment séparés d'une minute (ce qui correspond à la valeur du pouvoir séparateur de l'œil nu). Pour cela, (et Danjon parle bien de "signification conventionnelle"), il démontre par le calcul (page 29, dans la réédition de 1979), qu'on aboutit bien à $G = 1/2 D$, soit le

rayon de l'objectif. Il signale aussi que ce grossissement donne un cercle oculaire de 2 mm et qu'il vaut 3 fois le grossissement équipupillaire.

Roger a donc bien raison de rappeler ce point. Cependant, Danjon prend la précaution d'indiquer qu'il s'agit d'une limite inférieure et qu'un observateur avisé, doté d'un instrument correct et dans des conditions d'observation aussi bonnes que possible, devra bien souvent adopter un grossissement plus élevé pour profiter de la détection réelle de la minute d'arc au travers de l'instrument.

Éclipses de Lune

Roger Marical a également été surpris que les éclipses de Lune soient décalées en moyenne, d'une année sur l'autre, de 20 jours et non de 11 jours. En effet ceci est une moyenne. . Il est vrai que l'année lunaire se décale de 11 jours chaque année (12 lunaisons = 354 jours), mais dans le cas des éclipses il faut également tenir compte de la dérive de la ligne des noeuds.

La "saison" des éclipses est de 173 jours, c'est le temps écoulé entre deux passages de la ligne des

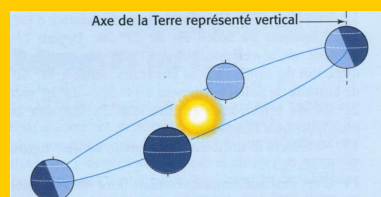
noeuds par le Soleil. 2×173 jours = 346 jours, ce qui donne bien une avance de presque 20 jours en moyenne chaque année. Mais pour qu'il y ait une éclipse de Lune, il faut que ce soit la pleine Lune et d'une année à l'autre, les pleines Lunes avancent de 11 jours.

Pour arriver à une moyenne de 20 jours, les éclipses doivent se décaler chaque année soit de 11 jours soit de 40 jours (11 jours + 1 lunaison). Nous avons eu une éclipse de Lune le 31 décembre 2009, nous en aurons une le 21/12/2010 (décalage de 10 jours), le 10/12/2011 (11 jours), le 28/11/2012 (12 jours), le 18/10/2013 (41 jours), le 8/10/2014 (10 jours)... ■

N'oubliez pas de renouveler votre abonnement.

Solution du remue méninges

1. Faux. Par définition, une verticale passe par le centre de la Terre (c'est du moins une des définitions possibles). L'axe de la Terre passe évidemment par son centre, c'est donc une verticale. Cette phrase très ambiguë veut dire en réalité : "dans une représentation du système solaire où le plan de l'écliptique est horizontal, l'axe de la Terre n'est pas vertical".



Elle comporte deux non-dits : on confond l'axe et sa représentation et on suppose ensuite que le plan de l'écliptique est horizontal, ce qui n'est qu'une habitude. On peut très bien représenter un axe de la Terre vertical et un plan de l'écliptique incliné comme sur ce schéma.

(Extrait du livre "Les saisons et les mouvements de la Terre" éd. Belin)

2. Faux. Si vous arrivez dans le système solaire en venant de la région de Fomalhaut, vous pourrez voir la Terre tourner dans le sens des aiguilles d'une montre car vous l'observerez depuis le sud. La phrase serait vraie si on précisait "vue du nord". Ce n'est qu'une habitude de représenter le nord au-dessus.

3. Encore faux. C'est le jour du solstice d'été que la journée est la plus longue. Il y a donc deux saisons où les jours sont les plus longs, le printemps et l'été, avant et après le solstice.

4. Faux, la journée est un peu plus longue que la nuit aux équinoxes. Ce serait vrai s'il n'y avait pas d'atmosphère. Mais la réfraction fait que l'on voit le Soleil se lever alors qu'il est encore sous l'horizon géométrique et on le voit se coucher alors qu'il est déjà sous l'horizon.

Le 20 mars, le Soleil se lève à Paris à 5 h 55 min 25 s TU et se couche à 18 h 01 min 49 s TU (c'est le centre du Soleil qui est pris en compte). Cela donne, pour la durée de la journée, 12 h 6 min 14 s. On obtient 12 h 2 min 47 s pour le 19 mars et 11 h 59 min 10 s pour le 18.

Le mot équinoxe vient pourtant de *équi* pour égal et *nox* pour nuit. À mes élèves, je dis en général que la durée de la journée est égale à la durée de la nuit aux équinoxes. Mais si par hasard, ils vérifient, il faut savoir répondre.

5. Vrai. C'est le centre de masse du système Terre Lune qui se déplace en suivant assez précisément les deux premières lois de Kepler. En fonction de la position de la Lune, la Terre peut prendre de l'avance ou du retard. L'équinoxe peut ainsi être avancé ou retardé (de moins de 3 minutes).