Eclipses totales et distance Terre Lune

Eclipses totales et éclipse annulaires de Soleil

Lors d'une éclipse de Soleil, les orbites respectives de la Terre autour du Soleil et de la Lune autour de la Terre, qui ne sont pas circulaires, font que les diamètres apparents des deux astres sont presque identiques. Soit le diamètre de la Lune est un peu plus grand, le Soleil est entièrement caché, et l'on a une ***éclipse totale***, soit il est un peu plus petit, et l'on a, au mieux, une ***éclipse annulaire***.

La Lune s'éloigne progressivement de la Terre à cause de la perte de moment angulaire due à l'énergie de frottement due aux marées. Il arrivera un moment où le diamètre angulaire de la Lune sera toujours inférieur à celui du Soleil. Il n'y aura plus alors d'éclipses totales, mais seulement annulaires.

Connaissant la vitesse d'éloignement de la Lune par rapport à la Terre, dans combien de temps, nous n'aurons plus le plaisir de voir des éclipses totales ?

Données actuelles

	Soleil	**Terre**	**Lune**
Diamètre	1392000	12756,28	3474,8
aplatissement		1/298,257	
Orbite : demi-grand axe *a*		149 598 023	383398
Orbite : excentricité *e* moyenne		0,01671	0,05555
minimale			0,044
maximale			0,067
Orbite : inclinaison de l'orbite *i*		0	5,1567

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1-e\cos\theta}$$

$$r_{périastre} = \frac{a}{(1+e)}$$

$$r_{apoastre} = \frac{a}{(1-e)}$$

e = 0,05555	distance Lune	distance Soleil	diam. ang. Lune	diam. ang. Soleil
Terre périhélie - Lune apogée	404696	147098240	29,52	32,53
Terre aphélie - Lune périgée	362100	152097806	32,99	31,46

e=0,044	distance Lune	distance Soleil	diam. ang. Lune	diam. ang. Soleil
Terre périhélie - Lune apogée	400268	147098240	29,84	32,53
Terre aphélie - Lune périgée	366528	152097806	32,59	31,46

e=0,067	distance Lune	distance Soleil	diam. ang. Lune	diam. ang. Soleil
Terre périhélie - Lune apogée	409086	147098240	29,20	32,53
Terre aphélie - Lune périgée	357710	152097806	33,39	31,46

Condition et calculs

Hypothèses
- L'orbite de la Terre ne se déforme pas (*a* et *e* stables).
- L'excentricité de l'orbite de la Lune continue de rester dans les limites actuelles.

Ceci arrivera quand la Lune, au plus près (périgée), sera vue plus petite que le Soleil au plus loin (aphélie).
Au périgée, le diamètre apparent de la Lune vaudra le diamètre apparent du Soleil à l'aphélie.

	diam. apparent de la Lune	Distance Terre Lune au périgée	Dim. grand axe de l'orbite de la Lune
A la date T	32,53	367196,10	393564,95
Maintenant	32,59		383398,00
Différence			10166,95
Temps à la vitesse d'éloignement de 4 cm par an (en millions d'années)			254

On peut remonter dans le passé et rechercher quand toutes les éclipses était totales et beaucoup plus loin, à quelle distance de la Terre, la Lune était au moment de sa formation.

Date des éclipses totales

La Lune à l'apogée de sa trajectoire avait un diamètre angulaire plus grand que le diamètre du Soleil au périhélie.

Soit θ le diamètre angulaire de la Lune :

$$\theta_L \cong \tan\theta_L = \frac{2R_L}{D_{Lapogée}}$$

Pour le Soleil

$$\theta_S \cong \tan\theta_S = \frac{2R_S}{D_{Sperihélie}}$$

On recherche $D_{Lapogée}$ tel que $\theta_L >= \theta_S$

$$D_{Lapogée} \leq D_{Spérihélie} \frac{R_L}{R_S}$$

Avec les valeurs données, on trouve : $D_{Lapogée} \leq$147098240*3474,8/1392000=367196 km
Si l'excentricité est prise à 0,05555, le grand axe de l'orbite vaut :
aLune = DLapogée *(1-e) = 367196*(1-0,0555)=346817 km
A une vitesse de 4 cm /an , il aura fallu :
t = (367196-346817)*100000 / 4 = 509 M années
Le phénomène des éclipses annulaires aura duré moins de 1 milliard d'années.

Position de la Lune à sa formation

On estime que l'âge de la Lune est de 4,6 milliards d'années

En supposant un éloignement à vitesse constante, on peut calculer l'orbite initiale de la Lune :
383398 - 4,6 10^9*4/100000=199398

Cette distance est à comparer à la limite de Roche, qui est la distance d'un corps massif à laquelle un autre corps n'est pas stable gravitationnellement par les effets de marées.

Cette distance s'exprime par :

$$d = 2,422849865 \cdot R \sqrt[3]{\frac{\rho_P}{\rho_s}}$$

où ρ_P et ρ_S sont les densités de la planète et du satellite, et *R* le rayon de la planète.
On applique à la Terre

$$d = 2,422849865 *6378*(5,52/3,34)^{1/3} = 18270 \text{ km}$$