

LES PÉRIGÉES ET LES APOGÉES DE LA LUNE

par Jean MEEUS

Connaissant la durée de la révolution sidérale de la Lune, ainsi que les masses de la Terre et de la Lune, il est possible de calculer le demi-grand axe a de l'orbite lunaire à l'aide de la troisième loi de Kepler. On trouve $a = 384\,747,981$ kilomètres [1].

Toutefois, la troisième loi de Kepler n'est pas strictement valable pour le système Terre-Lune, en raison de l'action perturbatrice du Soleil. Tout se passe comme si la présence du Soleil réduisait l'attraction de la Terre sur la Lune dans le rapport $1/F$ où, d'après Danjon [2], $F = 1,002723$. Il y a donc lieu de diviser par F la somme des masses Terre + Lune dans la formule exprimant la troisième loi de Kepler; ou, ce qui revient au même, on doit diviser la valeur de a donnée ci-dessus par la racine cubique de F . On obtient alors $384\,399,4$ km, qui est la longueur du demi-grand axe réel de l'orbite *moyenne* de la Lune.

D'autre part, la valeur moyenne de l'excentricité de l'orbite lunaire vaut $e = 0,05490$. De cette valeur et de $a = 384\,399,4$ km, on déduit que les distances extrêmes entre la Terre et la Lune sont :

au périgée : $a(1 - e) = 363\,296$ km

à l'apogée : $a(1 + e) = 405\,503$ km

Il s'agit ici, et dans la suite du présent article, de la distance entre les *centres* de la Terre et de la Lune.

Ces deux valeurs ne sont toutefois pas les plus petite et plus grande distances possibles entre la Terre et la Lune. En effet, le mouvement de la Lune est fortement perturbé par l'attraction du Soleil, ainsi que (beaucoup moins) par celle des planètes. A titre d'exemple nous donnons, au Tableau I, les instants des périgées et des apogées de la Lune en 1986, ainsi que les valeurs correspondantes de la distance

TABLEAU I

Les périgées et apogées de la Lune en 1986

Périgées			Apogées		
	h	km		h	km
8 janvier	7	363 304	20 janvier	1	404 719
4 février	16	368 821	16 février	22	404 257
1 mars	10	369 174	16 mars	19	404 611
28 mars	14	363 958	13 avril	12	405 519
25 avril	18	359 352	10 mai	23	406 329
24 mai	3	357 097	7 juin	2	406 562
21 juin	13	357 668	4 juillet	8	406 103
19 juillet	20	360 847	31 juillet	21	405 166
16 août	17	365 720	28 août	15	404 380
12 septembre	0	369 754	25 septembre	10	404 333
7 octobre	10	367 199	23 octobre	6	405 074
4 novembre	2	361 815	19 novembre	22	406 029
2 décembre	11	357 736	17 décembre	5	406 507
30 décembre	23	356 615			

Terre-Lune. On remarque immédiatement que les distances périégées varient considérablement : la Lune s'approche plus de la Terre lors de certains périégées qu'à d'autres. En outre, l'intervalle de temps entre les périégées successifs n'est pas constant. Par exemple, il se passe 28 jours 12 heures entre les périégées des 2 et 30 décembre 1986, mais seulement 24 jours 18 heures entre ceux des 4 février et 1^{er} mars. Les apogées présentent des variations analogues, quoique moins importantes.

L'excentricité de l'orbite lunaire mentionnée ci-dessus, 0,05490, est une valeur moyenne. Lorsque le grand axe de l'orbite est *dirigé vers le Soleil*, l'excentricité de l'orbite atteint un maximum (figure 1); la distance périégée de la Lune est alors beaucoup plus petite que la valeur moyenne mentionnée plus haut, et la distance apogée est plus grande. Tel est le cas fin mai et début juin 1986 : voyez au Tableau I le périégée du 24 mai et l'apogée du 7 juin.

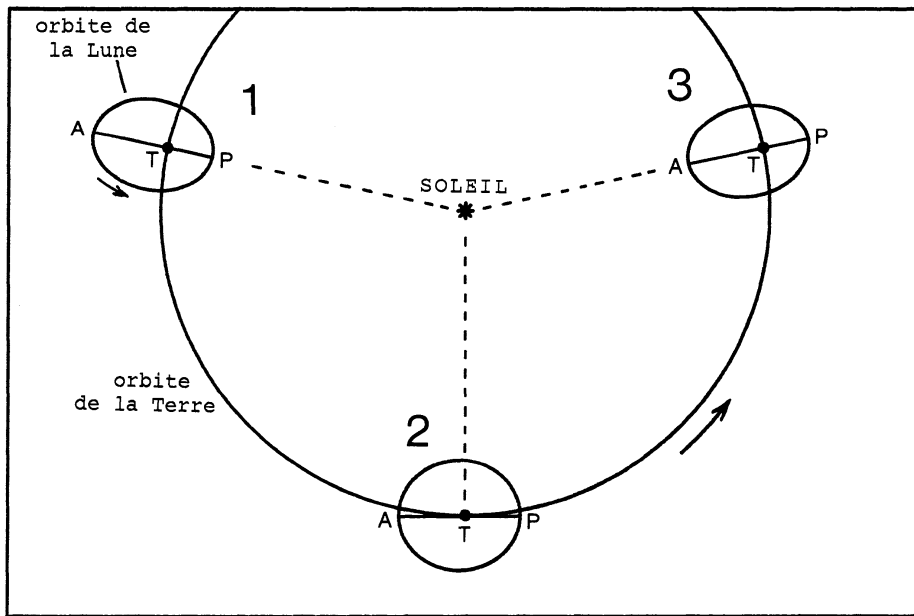


Fig. 1. — Variation périodique de l'excentricité de l'orbite lunaire.

Lorsque le grand axe de l'orbite lunaire est dirigé vers le Soleil (position 1), l'excentricité de l'orbite atteint sa plus grande valeur. Trois mois plus tard (2), le grand axe est perpendiculaire à la direction Terre-Soleil, et l'excentricité de l'orbite lunaire est minimale. Lorsque le grand axe est de nouveau dirigé vers le Soleil, l'excentricité repasse par un maximum : position 3, qui a lieu 206 jours après la position 1. Le point *T* représente la Terre; *P* est le périégée de l'orbite de la Lune, et *A* est l'apogée. Pour la clarté du dessin, les dimensions et l'excentricité de l'orbite lunaire ont été exagérées.

Par contre, lorsque trois mois plus tard le grand axe de l'orbite lunaire est *perpendiculaire* à la ligne Terre-Soleil, comme en septembre 1986, l'excentricité passe par un minimum. Les distances périégées et apogées sont alors moins extrêmes; voyez au Tableau I le périégée du 12 septembre et l'apogée du 25 septembre.

Il y a lieu de signaler ici que le grand axe de l'orbite lunaire n'a pas une orientation fixe dans l'espace. Il tourne lentement dans le sens direct (le sens même du mouvement de la Lune), à raison de 0,1114 degré par jour, de sorte qu'un tour complet dure un peu moins de neuf ans. Il en résulte que l'intervalle de temps entre deux alignements du grand axe avec la direction du Soleil n'est pas d'une demi-année, mais est un peu supérieur : il est de 206 jours.

LES PÉRIGÉES ET LES APOGÉES DE LA LUNE

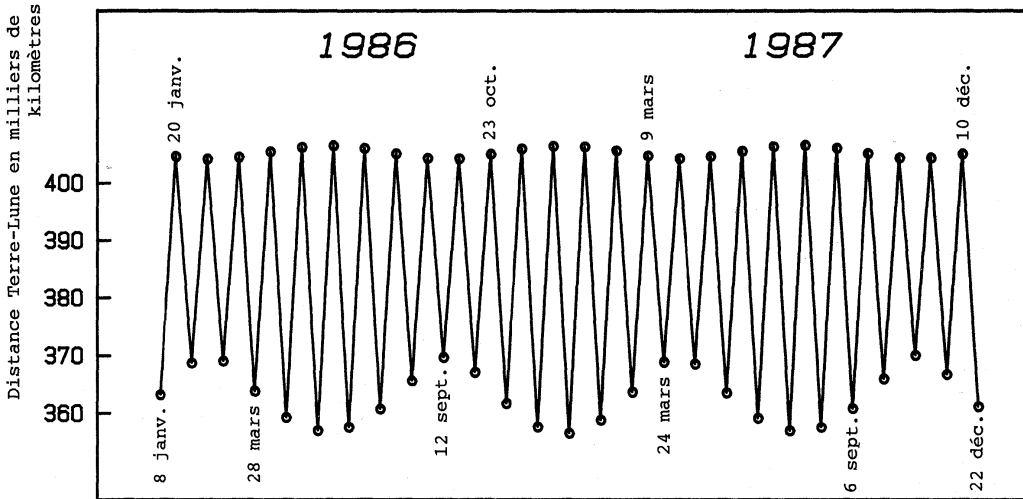


Fig. 2. — Les distances périgées et apogées de la Lune en 1986 et 1987.

Ce graphique met en évidence le cycle de 206 jours des maximums et minimums décrit dans le texte. Remarquez la plus grande variation de la distance périgée comparativement à l'apogée.

Quelles sont donc les distances extrêmes entre la Terre et la Lune? Pour pouvoir répondre à cette question, nous avons écrit en 1981 un programme (en langage BASIC) pour le micro-ordinateur HP-85. La théorie utilisée pour le calcul du mouvement de la Lune était celle de E. W. Brown, revue par W. J. Eckert et d'autres. Le calcul fut effectué pour les années 1750 à 2125; le temps de travail fut de 470 heures, pendant lesquelles le HP-85 consomma au total 12 kilowattheures d'énergie électrique! Les résultats, en ce qui concerne les périgées et les apogées extrêmes, ont été publiés dans la revue américaine *Sky and Telescope* [3].

En 1982, une nouvelle théorie du mouvement de la Lune, ELP 2000/82, a été mise au point au Bureau des Longitudes (Paris) par Michelle Chapront-Touzé et Jean Chapront. Cette théorie permet de calculer avec une grande précision, pour un instant quelconque, la longitude, la latitude et la distance de la Lune.

Pour la seule distance, la théorie de Chapront demande le calcul de 9 618 termes périodiques (dont 8 644 sont dus à l'attraction des planètes). Mais un grand nombre de termes sont très petits, certains ayant une amplitude de 2 centimètres seulement. Bien entendu, ces petits termes sont absolument nécessaires pour un calcul de haute précision, par exemple en rapport avec les mesures très précises obtenues par la méthode laser. Mais pour le problème qui nous intéresse ici, ces termes minuscules sont réellement superflus, et finalement nous avons négligé tous les termes périodiques de coefficient inférieur à 50 centimètres.

Cette fois, ayant accès à un gros ordinateur, le programme fut écrit en langage FORTRAN, et les distances extrêmes furent calculées pour la période 1500-2500. Il apparut qu'au cours de cette période de dix siècles les distances extrêmes entre la Terre et la Lune sont les suivantes :

plus petite distance périgée : 356 371 km, le 1^{er} janvier 2257,

plus grande distance apogée : 406 720 km, le 7 janvier 2266,

ces cas extrêmes ayant donc lieu tous deux au 23^e siècle, et à neuf ans d'intervalle.

J. MEEUS

Au cours de la période étudiée, la Lune s'approche quatorze fois plus près de la Terre que 356 425 km, et le même nombre de fois, elle s'éloigne de plus de 406 710 km. Ces cas sont mentionnés dans le Tableau II. On remarque que ces distances extrêmes ont toutes lieu pendant la période hivernale de l'hémisphère nord, l'époque de l'année où la Terre est le plus proche du Soleil. Par exemple, les 14 périgées extrêmes donnés au Tableau II ont tous lieu entre le 6 décembre et le 9 février. Il est évident que la distance variable de la Terre au Soleil influence quelque peu la distance Terre-Lune.

TABLEAU II

Les périgées et les apogées extrêmes, de 1500 à 2500

périgée < 356 425 km		apogées > 406 710 km	
15 déc. 1548	356 407 km	9 janv. 1921	406 710 km
26 déc. 1566	356 399	2 mars 1984	406 712
30 janv. 1771	356 422	23 janv. 2107	406 716
23 déc. 1893	356 396	3 fév. 2125	406 720
4 janv. 1912	356 375	14 fév. 2143	406 713
15 janv. 1930	356 397	27 déc. 2247	406 715
6 déc. 2052	356 421	7 janv. 2266	406 720
29 janv. 2116	356 403	18 janv. 2284	406 714
9 fév. 2134	356 416	29 nov. 2388	406 715
22 déc. 2238	356 406	11 déc. 2406	406 718
1 janv. 2257	356 371	21 déc. 2424	406 712
12 janv. 2275	356 378	21 janv. 2452	406 710
26 janv. 2461	356 408	1 fév. 2470	406 714
7 fév. 2479	356 404	12 fév. 2488	406 711

La plus petite distance périgée du 20^e siècle fut celle du 4 janvier 1912, soit 356 375 km. Ce record, déjà trouvé précédemment par Roger W. Sinnott, co-éditeur de *Sky and Telescope* [4], ne sera dépassé que par la distance périgée du 1^{er} janvier 2257, qui lui sera inférieure de quatre kilomètres. Il est évident que des différences aussi petites n'ont aucune importance *pratique*, mais un record est un record.

RÉFÉRENCES

- [1] *Connaissances des Temps* pour 1984, page XXXVIII.
- [2] André Danjon, *Astronomie Générale* (Paris, 1959), page 275.
- [3] Jean Meeus, « Extreme Perigees and Apogees of the Moon », *Sky and Telescope*, vol. 62, p. 110-111 (août 1981).
- [4] Roger W. Sinnott, communication personnelle à l'auteur, lettre du 4 mars 1981.



ASTRONOTE

Objets astrophysiques hautement magnétisés

Les objets astrophysiques magnétisés sont par exemple les pulsars, les étoiles naines blanches et — éventuellement — l'univers primordial. Leur matière se trouve dans des conditions extrêmes de champs magnétiques très élevés ($B = 10$ G). En tant que plasma, cette matière apparaît comme un système anisotrope, voire unidimensionnel lorsque les champs sont suffisamment élevés, composé de particules différentes correspondant aux différents niveaux énergétiques excités. Des méthodes particulières pour le calcul des paramètres de ce plasma et de la contribution (finie) du vide, sont élaborées, notamment, par des chercheurs de l'Observatoire de Meudon.