

LES MOUVEMENTS DE LA LUNE

(adapté de *Cosmographie* de Danjon)

La Lune, satellite de la Terre, se meut autour d'elle dans le sens direct. Elle ne s'écarte jamais beaucoup de l'écliptique et, comme celle des planètes, sa trajectoire apparente reste comprise dans les limites du zodiaque.

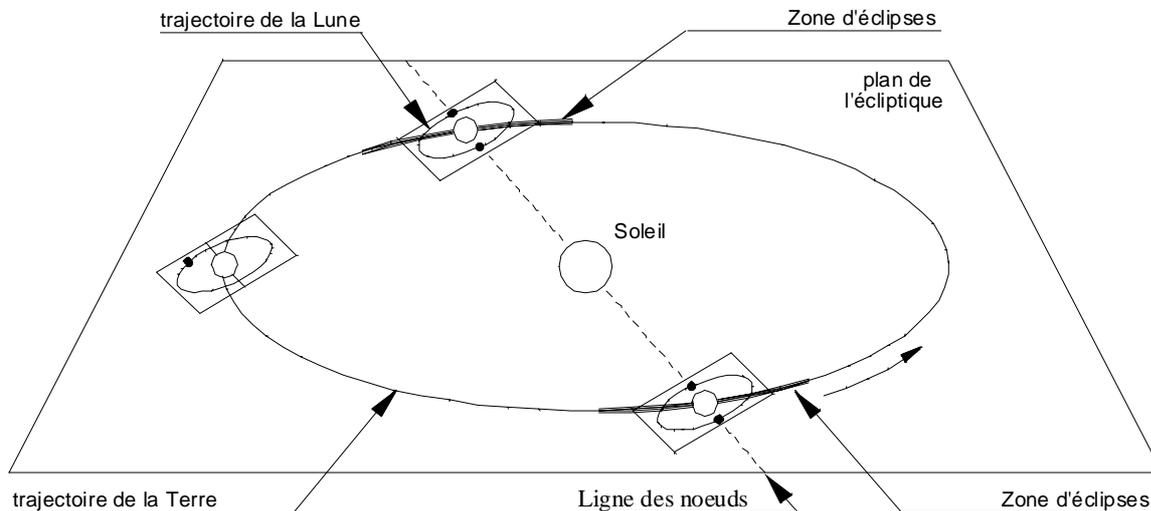


Figure 1 - Orbites de la Terre et la Lune.

1 - Forme de l'orbite de la Lune.

Si la terre et la Lune étaient isolées dans l'espace, la Lune décrirait, par rapport à la Terre, une ellipse invariable dont celle-ci occuperait un foyer. Mais le Soleil exerce sur ce mouvement une action perturbatrice considérable qui le trouble profondément. Le mouvement de la Lune est si complexe, il est affecté d'un si grand nombre d'inégalités, qu'on n'aurait pas pu l'analyser à l'aide des observations seules, sans le secours de la théorie. C'est la mécanique céleste qui a fait connaître la nature et l'amplitude de la plupart de ces inégalités, dont les principales, seules, avaient été découvertes empiriquement.

En quelques heures, le centre de la Lune décrit une trajectoire, qu'on peut assimiler à un arc d'ellipse. Mais l'ellipse à laquelle il appartient *se déforme* progressivement. Son *excentricité* varie de 0,045 à 0,065 et cette variation est périodique, avec une période de 206 jours.

2 - Mouvement de la ligne des apsides

La ligne joignant le périhélie (point de l'ellipse le plus proche de la Terre) à l'apogée (point le plus éloigné de la Terre) est appelée *ligne des apsides*. Elle tourne dans le sens direct, le périhélie accomplissant sa révolution autour de celle-ci en un peu moins de 9 ans (8 ans 310 jours). Son mouvement est, du reste, bien loin d'être uniforme. La *vitesse angulaire moyenne du périhélie* est égale à :

$$\mu = 401'' / \text{j}$$

Variation de l'excentricité et déplacement du périhélie ne sont là que les perturbations les plus considérables de l'orbite.

3 - Plan de l'orbite lunaire.

Le plan qui contient l'orbite lunaire est lui-même mobile. Son *inclinaison* sur l'écliptique est, en moyenne, de $5^{\circ}9'$, mais elle varie de $5^{\circ}0'$ à $5^{\circ}18'$, avec une période de 173 jours. D'autre part, la *ligne des noeuds*, c'est-à-dire l'intersection de l'écliptique et du plan de l'orbite tourne dans le sens *rétrograde*, le noeud ascendant accomplissant une révolution autour de la Terre, dans l'écliptique, en 18,6 années (fig. 2).

Ce phénomène n'est pas sans analogie avec la précession des équinoxes. On peut, notamment, le représenter par le déplacement du pôle π de l'orbite lunaire sur la sphère des fixes. Ce pôle reste en moyenne, à $5^{\circ}9'$ du pôle Q de l'écliptique; il décrit donc approximativement un petit cercle autour de ce pôle, en 18,6 années.

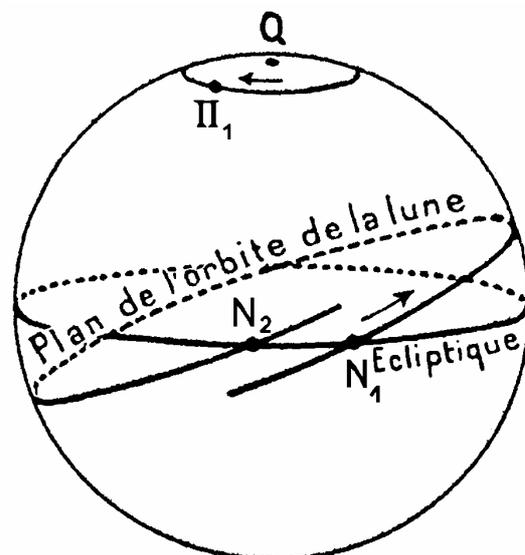


Figure2. – Rétrogradation des nœuds de l'orbite lunaire

4 - Révolution sidérale T

C'est l'intervalle moyen de deux retours consécutifs de la Lune en conjonction avec une étoile fixe. La *révolution sidérale* de la Lune est :

$$T = 27,322 \text{ j} = 27 \text{ j } 7 \text{ h } 43 \text{ min.}$$

5 - Vitesse angulaire moyenne

Elle a pour valeur $\omega = 360^{\circ} / T$, soit :

$$\omega = 13^{\circ}10'35'' / \text{j} = 47\,435'' / \text{j}$$

Le mouvement de la Lune est donc environ 13 fois plus rapide que celui du Soleil dans l'écliptique. Il est, du reste, facile à constater, en prenant les étoiles comme repères : à la lunette, on voit littéralement la Lune se mouvoir devant elles, *occultant* celles qui se trouvent sur sa route.

La Lune se déplace par rapport aux étoiles de $30'$ environ en une heure, et son diamètre apparent est de $31'$. La durée d'une occultation ne dépasse donc guère 1 h pour le centre de la terre. Pour l'observateur entraîné par la rotation de la terre, elle peut durer jusqu'à 1h 1/2.

6 - Révolution anomalistique A.

On appelle anomalie vraie de la Lune l'angle formé par le rayon vecteur de son centre de gravité et la direction du périégée.

Le périégée étant mobile, la période de retour de la Lune à ce point particulier de son orbite est différente de la révolution sidérale : on l'appelle *révolution anomalistique*. Il est facile de la calculer à partir de la vitesse relative de la Lune par rapport au périégée $\omega_{L/P} = \omega - \mu$, soit :

$$\omega_{L/P} = 47\,435'' / \text{j} - 401'' / \text{j} = 47\,034'' / \text{j}$$

La révolution anomalistique a alors pour valeur moyenne :

$$A = 360^{\circ} / \omega_{L/P} = 360^{\circ} / 47\,034'' / \text{j} = 1\,296\,000'' / 47\,034'' / \text{j}$$

soit :

$$A = 27,555 \text{ j} = 27 \text{ j } 13 \text{ h } 19 \text{ min.}$$

Cette période régit les variations de la *distance* et du *diamètre apparent* de la Lune, ainsi que de son *équation du centre* (écart entre le mouvement de la Lune et celui d'un mobile fictif qui décrirait l'orbite à vitesse constante). Cette dernière inégalité atteint ici à son maximum plus de 6° (en moyenne, l'excentricité étant variable, comme on l'a dit).

7 - Révolution draconitique G.

On appelle *révolution draconitique* G l'intervalle moyen de deux passages consécutifs de la Lune à son noeud ascendant. Celui-ci rétrogradant de 191" par jour (en moyenne), la Lune s'en éloigne à la vitesse $\omega_{L/N} = \omega + 191'' / j$ soit :

$$\omega_{L/N} = 47\,435'' / j + 191'' / j = 47\,626'' / j$$

La révolution draconitique a donc pour durée $G = 360^\circ / \omega_{L/N} = 1\,296\,000'' / 47\,626'' / j$, soit :

$$G = 27,212\,j = 27\,j\,5\,h\,6\,min.$$

Les noeuds ascendant et descendant de la Lune, où se produisent les éclipses sont appelés respectivement la tête et la queue du dragon, en souvenir du monstre fabuleux auquel on attribuait la disparition de l'astre éclipsé. D'où le nom donné à la révolution draconitique.

Pendant cette durée, le noeud s'est déplacé de $1^\circ,5$ environ, c'est-à-dire de trois fois le diamètre apparent de la Lune. Par suite de ce déplacement considérable, la Lune décrit une trajectoire apparente formant, sur la sphère des fixes, un écheveau compliqué. On conçoit qu'une même étoile ne puisse être occultée à toutes les lunaisons.

Lorsque le noeud ascendant coïncide avec le point γ , l'inclinaison de l'orbite s'ajoutant à l'obliquité de l'écliptique, l'inclinaison de l'orbite lunaire sur l'équateur atteint sa plus grande valeur : $23^\circ 27' + 5^\circ 9'$ ou $28^\circ 36'$. C'est aussi la plus grande valeur absolue (moyenne) que puisse atteindre la déclinaison de la Lune. Neuf ans plus tard, le noeud ascendant étant alors opposé au point γ , l'inclinaison de l'orbite se retranche de l'obliquité et l'angle de l'orbite et de l'équateur n'est plus que de $23^\circ 27' - 5^\circ 9'$ ou $18^\circ 18'$.

8 - Révolution synodique θ .

C'est l'intervalle moyen de deux conjonctions consécutives de la Lune et du Soleil.

En un jour, le mouvement moyen apparent du Soleil vaut :

$$360^\circ / 365,25\,j = 0^\circ\,59'\,8,2'' = 3548,2''.$$

La Lune ayant une vitesse angulaire moyenne de $47\,435'' / j$, elle s'éloigne donc du Soleil d'un angle égale à :

$$47\,435'' - 3\,548'' = 43\,887'' = 12^\circ\,11'\,27'' \text{ par jour}$$

La durée de la révolution synodique vaut donc $360^\circ / (12^\circ\,11'\,27'') = 29,531\,j$

$$\theta = 29\,j\,12\,h\,44\,min$$

Cette période, appelée *mois lunaire* ou *lunaison*, régit le retour des phases de la Lune (c'est l'unité de temps des plus anciens calendriers). Elle intervient donc, concurremment avec la révolution draconitique, dans la prédiction des éclipses puisque ces phénomènes se produisent soit à la Nouvelle Lune, soit à la Pleine Lune lorsque la Lune est à l'un de ses noeuds.

La Lune s'écartant progressivement du Soleil vers l'Est, la durée du *jour lunaire*, intervalle de deux passages consécutifs de la Lune au méridien, est plus longue que celle du jour solaire. Au bout d'une lunaison, le retard de la Lune sur le Soleil atteint un jour entier : 28,53 jours lunaires ont même durée que 29,53 jours solaires. Par suite :

$$1\, \text{jour lunaire moyen} = 29,53 / 28,53 = 1,035\, \text{jour solaire}$$

$$1\, \text{jour lunaire moyen} = 1\,j\,0\,h\,50\,min$$

Le passage de la Lune au méridien se produit donc chaque jour avec un retard moyen de 50 min sur la veille ; mais l'ascension droite de la Lune ne croissant pas uniformément, le retard vrai peut différer du retard moyen d'un quart d'heure en plus ou en moins.

Le retard du lever ou du coucher de la Lune est soumis à des fluctuations encore plus grandes, par suite des variations de sa déclinaison :

- lorsque la Lune est *rapidement croissante* (en août et septembre, entre la Pleine Lune et le Dernier Quartier), on peut voir la Lune se lever plusieurs jours de suite, presque à la même heure,
- au contraire, aux époques où la déclinaison de la Lune est *rapidement décroissante*, son lever peut retarder, d'un jour à l'autre, d'environ 1 h 30 min.

9 - Rotation de la Lune. Libration.

La rotation de la Lune est mise en évidence par l'examen des taches de sa surface. Pour l'observateur terrestre, autour duquel la Lune se meut, les taches semblent fixes sur le disque apparent de cet astre; tout le monde connaît leur aspect familier.

Soit A une tache qui se projette perpétuellement au centre du disque (fig. 3). Lorsque la Lune se trouve en L', le rayon vecteur ayant tourné de l'angle θ , la tache vient en A'. Le globe lunaire a donc tourné d'un angle θ' égal à θ , dans le sens direct, autour d'un axe perpendiculaire au plan de l'orbite.

On doit en conclure que la durée de la rotation de la Lune est égale à sa révolution sidérale. Une coïncidence si parfaite et si remarquable a nécessairement des causes mécaniques. Laplace l'expliqua en supposant que le globe de la Lune est un ellipsoïde allongé, dont le grand axe est constamment dirigé vers la terre. Il démontra, notamment, que si ce grand axe était écarté de cette position privilégiée par quelque cause perturbatrice passagère, il y reviendrait de lui-même, d'un mouvement oscillatoire.

Toutefois, la fixité des taches sur le disque n'est pas absolue. On les voit s'approcher ou s'éloigner du contour apparent, sans d'ailleurs jamais s'écarter beaucoup de leur position moyenne. C'est le phénomène connu sous le nom de *libration de la Lune*. Donnons-en l'explication.

Le mouvement de rotation de la Lune est uniforme, et l'angle θ' croît proportionnellement au temps. Il n'en est pas ainsi de l'angle θ , en raison des inégalités du mouvement de translation de la Lune : équation du centre, etc.... dont la somme peut atteindre 8° . La tache A paraît donc s'écarter de sa position moyenne, suivant un petit cercle parallèle au plan de l'orbite, l'écart pouvant atteindre 8° .

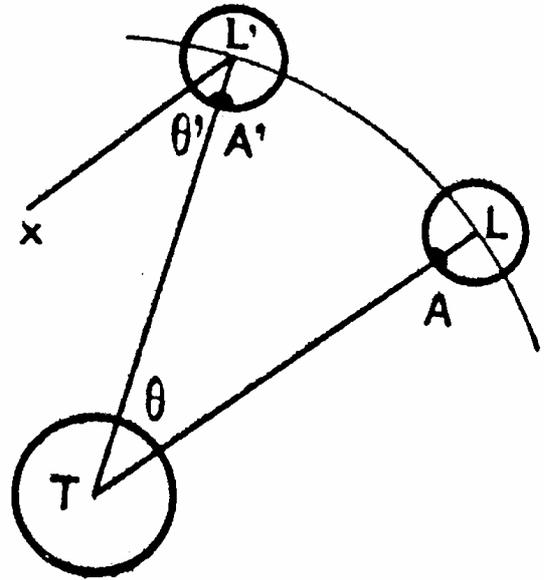


Figure 3. – Rotation de la Lune, libration en longitude.

A cette *libration en longitude* s'ajoute une *libration en latitude* due à l'obliquité de l'équateur lunaire sur le plan de l'orbite, obliquité d'environ 7° . L'axe de rotation se déplaçant par translation, la Lune présente alternativement ses deux pôles vers la Terre (fig. 4), et les taches suivent le même mouvement de balancement en latitude, une tache centrale pouvant occuper les positions extrêmes A_1 et A_2 .

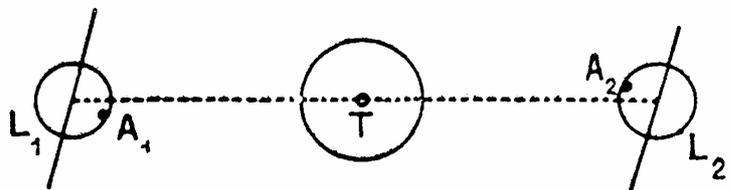
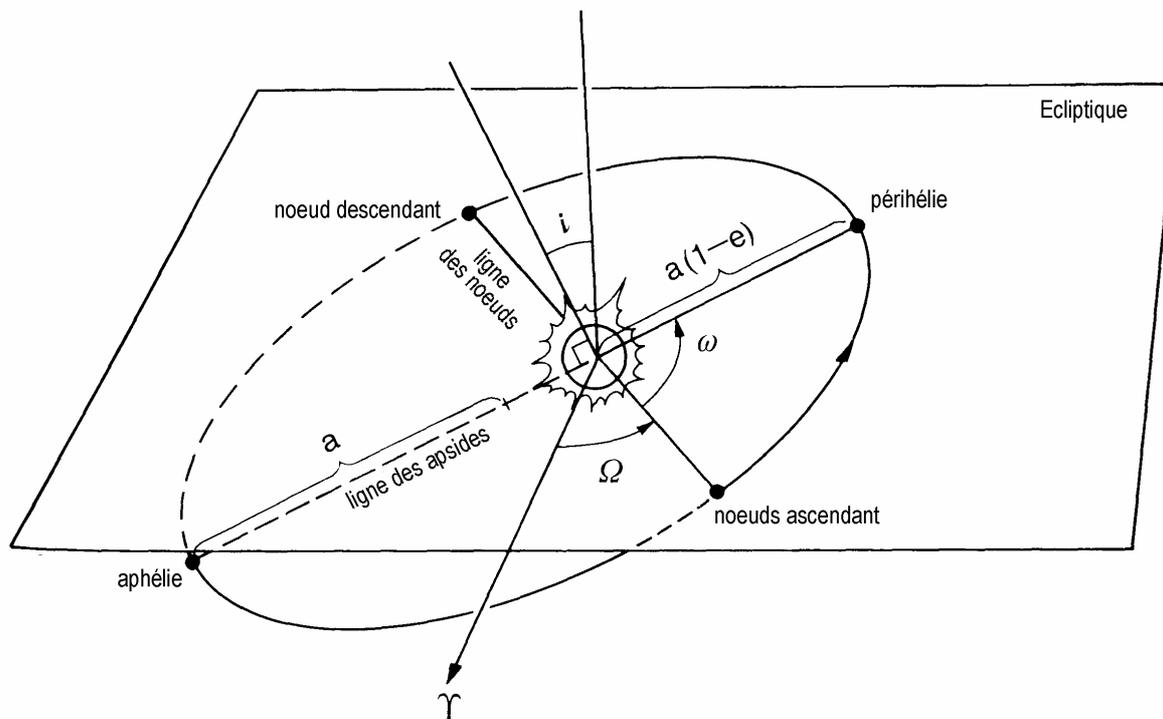


Figure 4. – Libration en latitude.

La superposition des deux librations, dont les périodes sont différentes, fait décrire aux taches, sur le disque, des trajectoires apparentes compliquées, sans jamais les écarter de plus de 11° de leur position moyenne. Nous connaissons donc, outre la surface de l'hémisphère limité par le cercle de contour apparent *moyen*, une zone de 11° de largeur, au-delà de ce cercle : soit, au total, les 6/10 de la surface de la Lune. Le reste échappera perpétuellement aux observations terrestres.

Mouvements de la LUNE

Forme de l'orbite



arc d'ellipse dont l'excentricité varie progressivement (de 0,045 à 0,065)
avec une période de 206 jours

Ligne des apsides

tourne dans le sens direct

déplacement du périhélie en un peu moins de 9 ans

Plan de l'orbite

inclinaison sur l'écliptique entre $5^{\circ} 94'$ et $5^{\circ} 18'$

avec un période de 173 jours

⇒ la ligne des noeuds tourne, dans le sens rétrograde

⇒ le noeud ascendant accomplit une révolution en 18,6 années

Révolution sidérale :

par rapport aux étoiles

$$\mathbf{T = 27 \text{ jours } 7 \text{ heures } 43 \text{ minutes}}$$

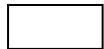
Vitesse angulaire moyenne :

$$\mathbf{\omega = 13^\circ 10' 35''}$$

Révolution anomalistique :

par rapport au périhélie

$$\mathbf{A = 27 \text{ jours } 13 \text{ heures } 19 \text{ minutes}}$$



régit : les variations de distance \Rightarrow du diamètre apparent
les variations de son équation du centre (jusqu'à 6°)

Révolution draconitique :

par rapport au nœud ascendant

$$\mathbf{G = 27 \text{ jours } 5 \text{ heures } 6 \text{ minutes}}$$

régit : les instants des éclipses

la zone du ciel qui peut être occultée par la Lune (δ entre 18° et 28°)

Révolution synodique :

par rapport au Soleil

$$\mathbf{\theta = 29 \text{ jours } 12 \text{ heures } 44 \text{ minutes}}$$

régit les phases de la Lune