

Rotations Terre et Lune

Visibilité de la surface de la Lune

Mouvements de la Terre et de la Lune

Nous allons examiner les effets réciproques des rotations de la Terre et de la Lune sur la partie visible de la Lune depuis la Terre.

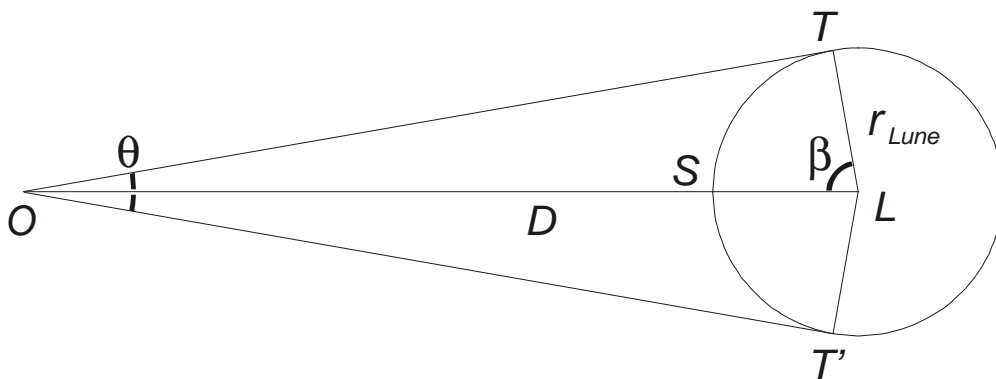
La Terre tourne autour du Soleil en 1 an (année sidérale de 365,25...), sur elle-même en 24 heures (par définition).

La Lune tourne autour de la Terre en 1 mois sidéral (27,5... jours) et sur elle-même avec la même période. C'est le phénomène de synchronisation.

Pour un observateur géocentrique, on pourrait penser que seule la même moitié de la Lune nous serait directement accessible à l'œil si l'orbite était circulaire.

En fait cette partie est moins qu'une demi sphère. Pourquoi ?

Parce que la Lune est à une distance finie de la Terre.



Le pourcentage visible depuis l'observateur O se calcul par la surface de la calotte sphérique sous tendue par l'angle θ ($0,2596^\circ$ à la distance du demi grand axe de la Lune).

$$\sin \theta = \frac{LT}{OL} = \frac{R_{Lune}}{D}$$

$$S = 2\pi R_{Lune}^2 (1 - \cos \beta)$$

On retrouve la surface de la sphère si β vaut π .

En pourcentage de la surface de la Lune :

$$P_{visible} = 100 \frac{2\pi R_{Lune}^2 (1 - \cos \beta)}{4\pi R_{Lune}^2} = 49,77\%$$

Qu'est ce qui va permettre d'élargir ce champ de vision ?

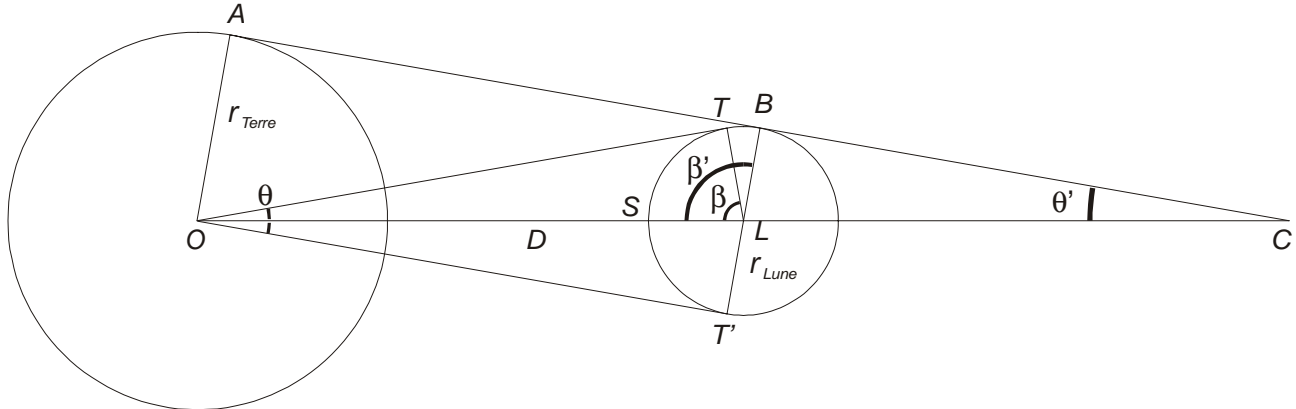
Rotation terrestre et effet de parallaxe

L'observateur n'est pas géocentrique, mais habite à la surface de la Terre. A cause de la rotation terrestre ou par déplacement sur le globe terrestre, il va changer sa position et avoir des perspectives différentes de la Lune. On va avoir un effet de parallaxe.

Quelle est le maximum d'amplitude de ces variations ?

La rotation de la Terre va lui permettre de s'éloigner au mieux de 1 rayon équatorial terrestre de part et d'autre de sa position initiale. Si l'observateur va vers les pôles, l'effet est le même, mais dans un sens orthogonal, avec une amplitude légèrement plus petite à cause de l'aplatissement de la Terre.

Quel est l'amplitude de l'angle de parallaxe ?



Les angles θ' et β' se calcule aisément par les triangles semblables CLB et COA .

$$\beta' = \pi - \left(\frac{\pi}{2} - \theta'\right) = \frac{\pi}{2} + \theta'$$

$$\sin \theta' = \frac{R_{Lune}}{CL}$$

$$\frac{CL}{BL} = \frac{CL}{R_{Lune}} = \frac{CO}{R_{Terre}} = \frac{CL + D}{R_{Terre}}$$

$$CL = \frac{R_{Lune} \cdot D}{R_{Terre} - R_{Lune}}$$

$$\sin \theta' = -\cos \beta' = \frac{R_{Terre} - R_{Lune}}{D} \Rightarrow \beta' = 90,693^\circ$$

et le pourcentage visible de la nouvelle calotte qui englobe l'ancienne :

$$P_{visible} = 100 \frac{(1 - \cos \beta')}{2} = 50,60\%$$

Ce qui n'est pas beaucoup plus que la moitié.

Y a t-il d'autres phénomènes qui permettent d'améliorer le pourcentage de vision de la Lune depuis la Terre.

Libration

On entend par **libration** plusieurs phénomènes qui affecte la vision de la Lune.

Libration en latitude

L'orbite de la Lune est inclinée de $5,16^\circ$ par rapport à l'écliptique, et son axe de rotation de $1,5^\circ$ par rapport à la perpendiculaire au plan de son orbite. Ce qui permet d'aller voir derrière les pôles.

La vision maximale sera atteinte quand la Lune est le plus éloignée du plan de l'écliptique et que le pôle du côté de l'écliptique est orienté du côté de la Terre.

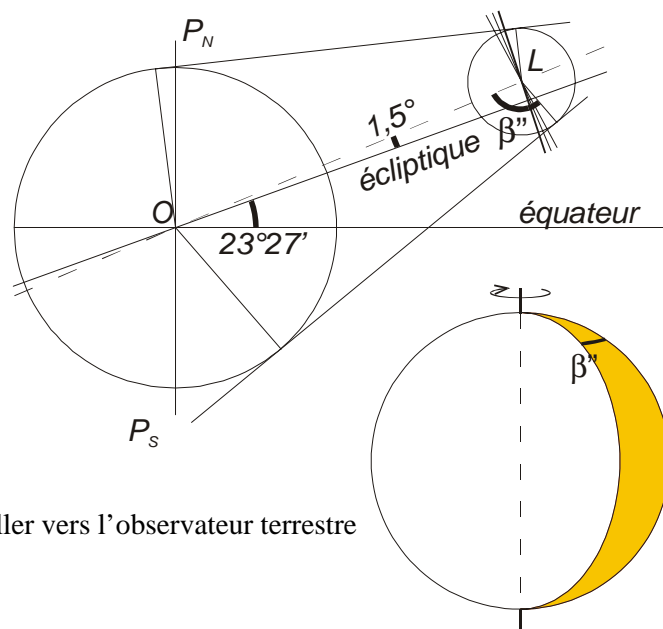
Ceci se produit car les différentes perturbations de l'orbite de la Terre vont la faire osciller autour d'une position moyenne.

A l'angle β' vu précédemment, le balancement du pôle ajoute une oscillation $\beta'' = 6,6^\circ$ (5,16 par l'inclinaison de l'écliptique et $1,5^\circ$ par l'inclinaison de l'axe de rotation). Mais cet effet n'affecte pas la calotte sphérique mais seulement les régions polaires par une simple rotation approximativement orthogonale au plan de l'écliptique.

Et le pourcentage découvert des deux côtés par cette libration :

$$100 \frac{2\beta''}{360} = 3,6\%$$

Ce balancement de la Lune qui semble faire osciller vers l'observateur terrestre les pôles de la Lune s'appelle *libration en latitude*.

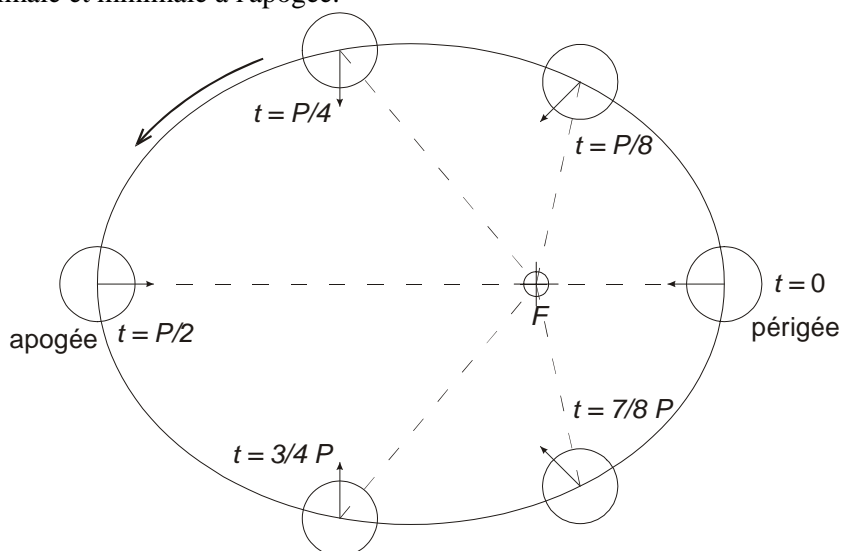


Libration en longitude

Si la Lune se déplaçait sur une orbite circulaire, sa vitesse de rotation autour de la Terre serait exactement la même que sa vitesse de rotation sur elle-même, par la synchronisation de son orbite.

Mais la Lune orbite sur une ellipse et en conséquence sa vitesse de rotation varie suivant la loi des aires (2^{ème} loi de Kepler). Au périégée elle est maximale et minimale à l'apogée.

A partir du périégée, la Lune qui alors tourne moins vite sur elle-même qu'autour de la Terre va sembler retarder et montrer un peu plus sa partie ouest. Puis, elle va rattraper son retard et sembler de nouveau en phase à l'apogée. Le phénomène inverse se poursuit jusqu'au périégée. Le phénomène est un peu plus complexe, car le périégée de la Lune sous les perturbation a tourné depuis le dernier passage.



Il est facile d'observer ce phénomène à partir des éphémérides et d'en évaluer l'amplitude.

Travail sur tableur

- 1) Télécharger depuis l'IMCCE, les éphémérides de la Lune sur une lunaison et demi avec un pas d'une heure et en coordonnées géocentriques écliptiques.
- 2) Repérer le moment du périégée
- 3) Créer une colonne longitudes de la Lune - longitude au périégée
- 4) Créer une colonne dans laquelle, à partir du rang du périégée, on mette la longitude fictive d'un corps de même période sidérale. Pour un objet synchronisé, ceci est aussi l'orientation du corps par rapport au référentiel.
- 5) Créer une colonne différence des deux nouvelles colonnes de longitudes.
- 6) Tracés des graphes
 - a) abscisses : temps, ordonnées : longitudes à partir du périhélie
 - b) abscisses : temps, ordonnées : différences des longitudes

On pourra pour mieux apprécier la complexité de du mouvement de la Lune en répéter les calculs et les tracés sur une deuxième révolution en prenant comme origine temps, la nouvelle position au périégée.

- 7) Conclusions sur les phénomènes

Sur le graphe on peut mesurer l'amplitude de décalage en rotation : $\alpha = +/- 8^\circ$.

Comme le phénomène correspond à une rotation autour d'un axe, on calcule le pourcentage de surface découverte par la même relation que ci-dessus

$$\% S_{Lib} = 100 \frac{2\alpha}{360} = 4,72\%$$

Périodes de la Lune

1 - Période anomalistique

Le tableau d'éphémérides construit permet aussi de calculer la *période anomalistique* de la Lune : temps qui sépare deux passages consécutif au périgée.

2 - Période sidérale

Les éphémérides des longitudes donnent aussi la *période sidérale* : temps écoulé entre deux passage de la Lune à la même longitude.

Ces périodes obtenues au moyen des éphémérides ne sont pas précises, car les perturbations subies par la Lune déforme son orbite, et deux périodes successives ne subissent pas les mêmes perturbations.

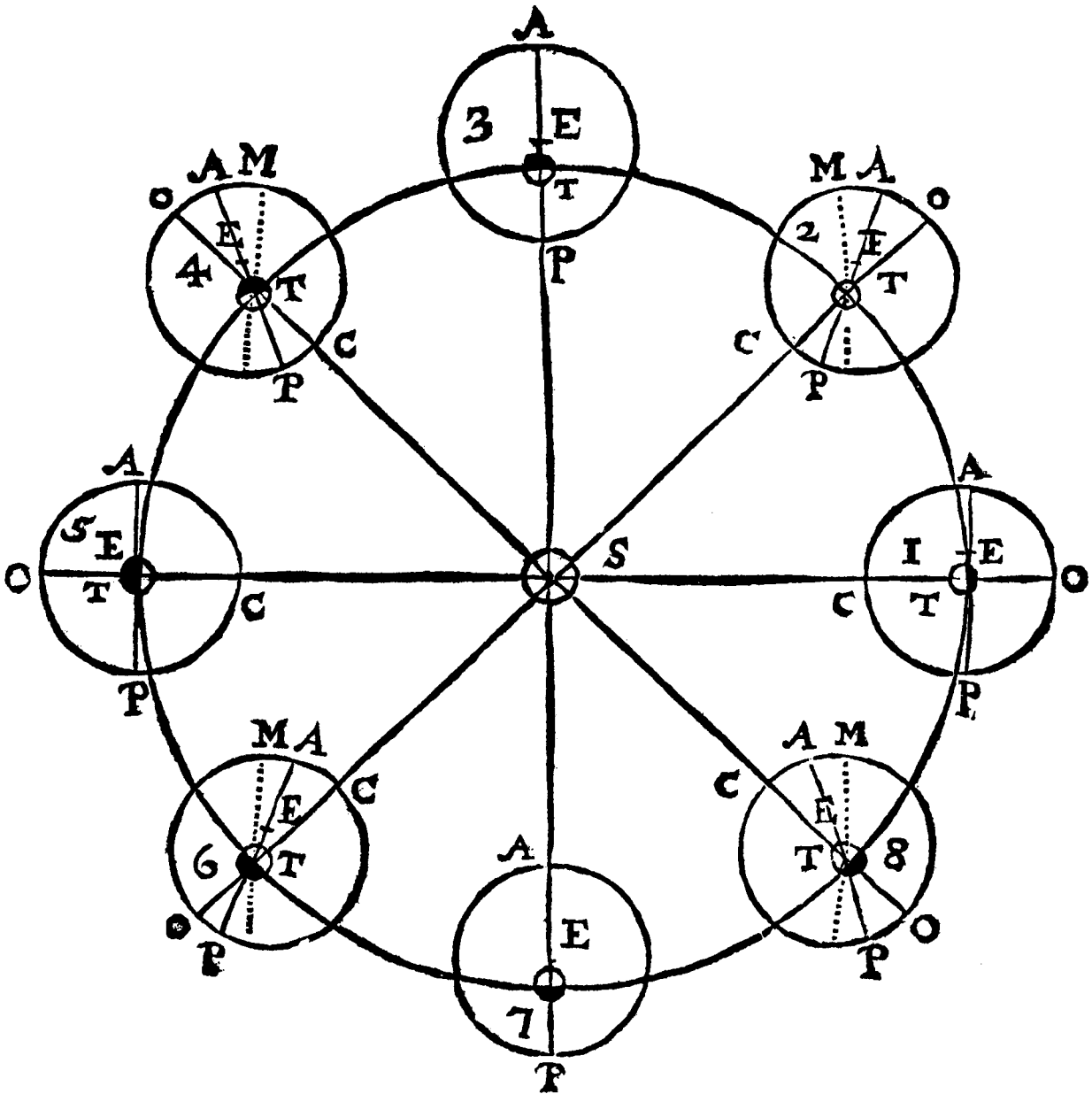
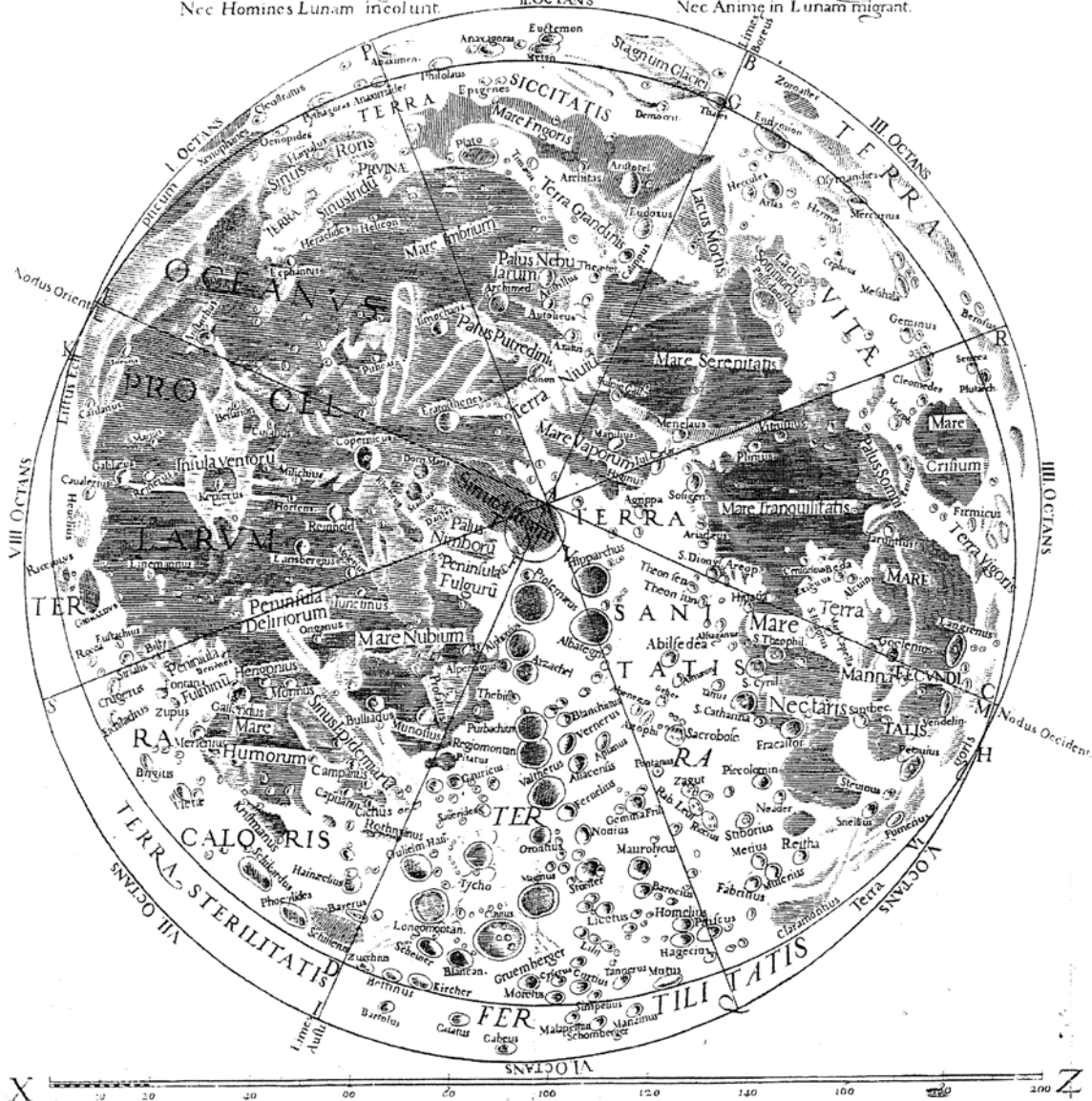


Diagram to illustrate the Horrocksian theory of the evection (from Crabtree's letter to Gascoigne of June or July 1642).

VI. FIGURA PRO NOMENCLATURA ET LIBRATIONE LUNARI
 Nec Homines Lunam incolunt. Nec Animæ in Lunam migrant.



The same basic map with Riccioli's nomenclature and Hevelius's libration limits added, also published in Riccioli's *Almagestum novum* (1651). This scheme of names stood the test of time, and forms the core of modern lunar nomenclature.