

Quelques rappels astronomiques

La Terre tourne autour du Soleil en un an dans un plan nommé plan de l'écliptique. La Lune tourne autour de la Terre par rapport au Soleil en 29,53 jours. Le plan de l'orbite lunaire n'est pas confondu avec le plan de l'écliptique : l'inclinaison entre les deux est en moyenne de $i = 5^{\circ} 9'$. Au cours d'une révolution de la Lune autour de la Terre, la Lune est tantôt au nord de l'écliptique, tantôt au sud. Deux fois par mois, la Lune coupe l'écliptique en deux points : les nœuds, qui sont joints par la ligne des nœuds (fig. 1).

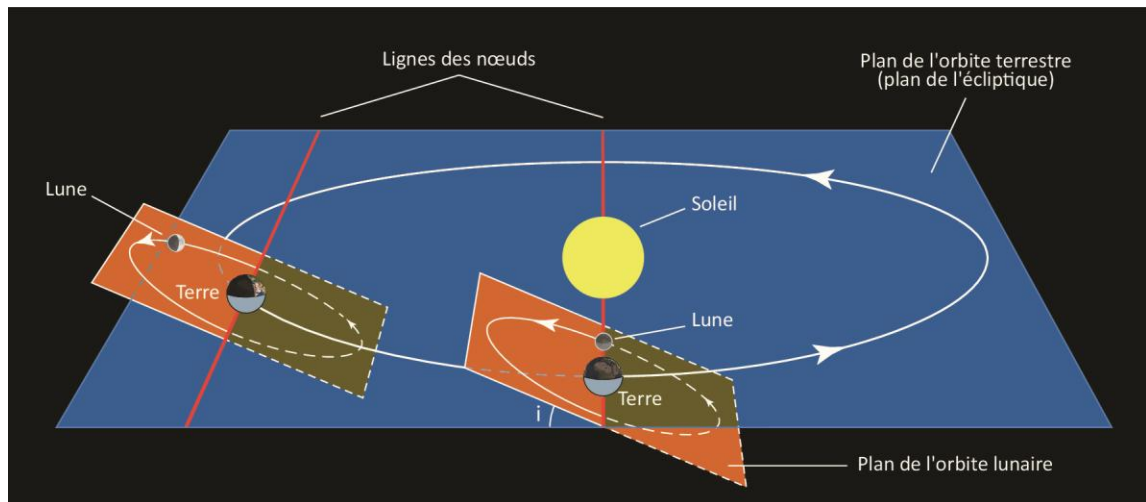


Figure 1 : Vision héliocentrique de la ligne des nœuds de l'orbite lunaire

Vue depuis la Terre, la trajectoire apparente décrite au cours de l'année par le Soleil dans le ciel est nommée édiptique, parce que les édiptises de Soleil et de Lune ne peuvent se produire que lorsque la Lune est très près de l'écliptique et au voisinage d'un nœud. Les nœuds de l'orbite lunaire ne sont pas fixes : à cause de l'action perturbatrice du Soleil et de la Terre sur l'orbite lunaire, ils rétrogradent vers l'ouest d'environ $1,5^{\circ}$ à chaque révolution. Donc à chacune de ses révolutions, la Lune ne recoupe pas l'écliptique au même point (fig. 2).

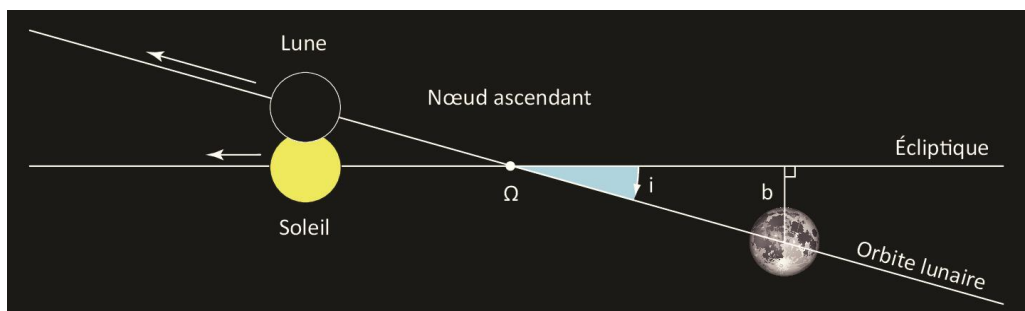


Figure 2. Pour qu'une éclipse de Soleil se produise, la latitude géocentrique de la Lune (β) doit être faible, ce qui impose qu'elle soit voisine d'un nœud de son orbite. On montre qu'une éclipse de Soleil se produira si,

au moment de la nouvelle Lune, $\beta < 1,42^{\circ}$.
Elle se produira peut-être si $1,42^{\circ} < \beta < 1,58^{\circ}$ et elle ne se produira pas si $\beta > 1,58^{\circ}$.

Le Soleil avance sur l'écliptique vers l'est d'environ 1° par jour, les nœuds de l'orbite lunaire rétrogradent vers l'ouest : ainsi, tous les 173,31 jours en moyenne, le Soleil franchit un nœud (fig. 3). C'est à ce moment-là qu'il y a éclipse : soit de Soleil, si la Lune est en conjonction avec le Soleil (nouvelle Lune), soit de Lune si la Lune est en opposition avec le Soleil (pleine Lune). Une éclipse de Soleil est obligatoirement suivie ou précédée d'une éclipse de Lune. Les calculs montrent que, par année, il y a au minimum quatre éclipses (obligatoirement deux de Soleil et deux de Lune) et au maximum sept éclipses. Dans ce cas, il y a encore obligatoirement au moins deux éclipses de Soleil et deux éclipses de Lune. Pour les trois éclipses supplémentaires, toutes les combinaisons sont possibles.

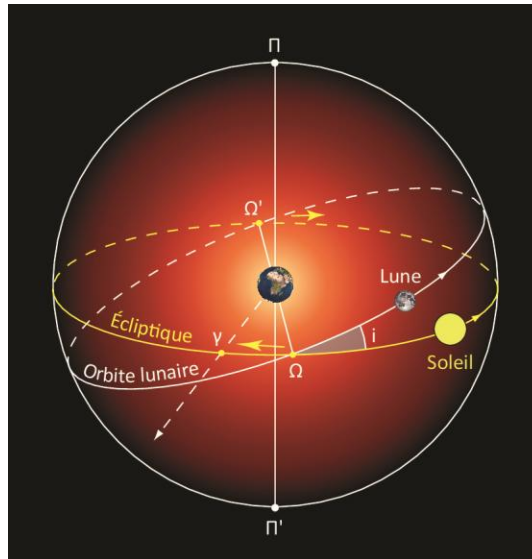


Figure 3. Mouvement de rétrogradation des nœuds de l'orbite lunaire.

Description d'une éclipse de Soleil

Lorsque la Lune passe devant le Soleil, il y a éclipse du Soleil par la Lune. Cela ne peut se produire que lorsque la Lune est dans la direction du Soleil (conjonction), c'est-à-dire en phase de nouvelle lune. Le Soleil, la Lune et la Terre sont alors alignés dans cet ordre. Si la Lune recouvre complètement le Soleil, c'est une éclipse totale ; si la Lune recouvre partiellement le Soleil, c'est une éclipse partielle. Au moment d'une éclipse de Soleil, les cônes d'ombre et de pénombre de la Lune sont portés sur la Terre : les observateurs terrestres situés dans le cône d'ombre voient une éclipse totale, ceux situés dans le cône de pénombre voient une éclipse partielle (fig. 4).

On notera que la section du cône d'ombre est beaucoup plus petite que celle du cône de pénombre. À titre d'exemple, dans les zones tempérées, le diamètre du cône d'ombre vaut près de 260 km et celui du cône de pénombre près de 7000 km. Voilà pourquoi une éclipse totale de Soleil est un phénomène rarissime en un lieu donné.

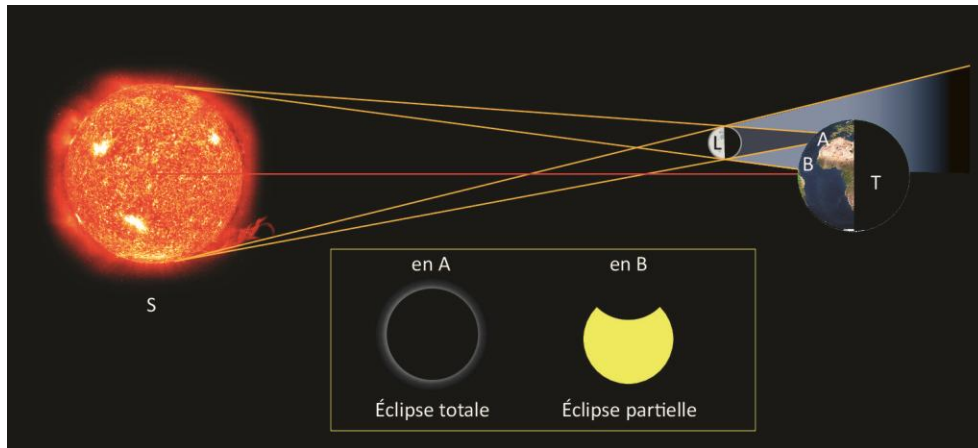


Figure 4. Éclipse totale de Soleil.

C'est un hasard singulier de la nature qui fait que le diamètre apparent de la Lune est sensiblement égal à celui du Soleil. Cependant, ce diamètre apparent est lié à la distance de la Lune à la Terre. L'orbite lunaire étant elliptique, lorsque la Lune est au voisinage du périhélie, son diamètre apparent est supérieur à celui du Soleil : depuis la Terre, l'observateur voit une éclipse totale. Lorsque la Lune est au voisinage de l'apogée de son orbite, son diamètre apparent est inférieur à celui du Soleil et la Lune ne masque plus totalement le Soleil : l'observateur voit une éclipse annulaire (fig. 5).

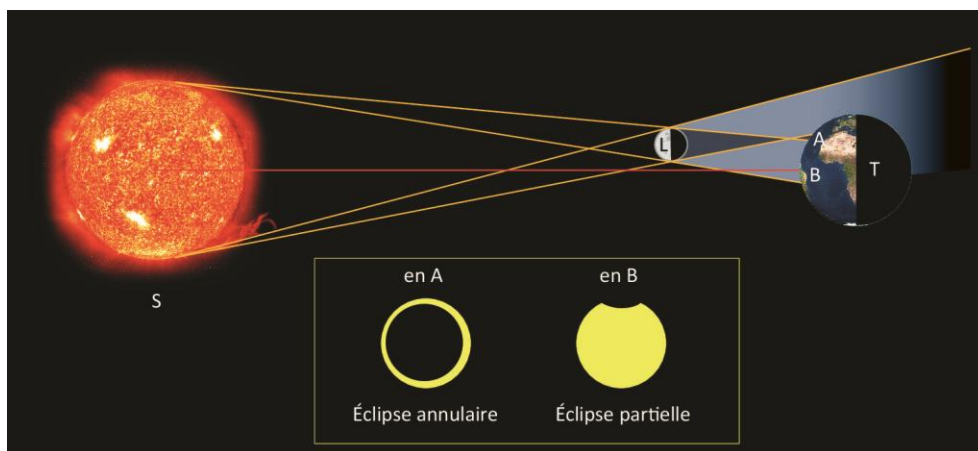


Figure 5. Éclipse annulaire de Soleil.

Il convient de prendre certaines précautions pour observer une éclipse de Soleil. Ce n'est pas l'éclipse qui est dangereuse, mais bien le rayonnement du Soleil ! Pendant le déroulement des phases partielles (tant que la Lune ne masque pas complètement le Soleil), **il est impératif d'utiliser un filtre spécial.** Le rôle de ce filtre est de réduire l'intensité lumineuse et de bloquer une partie des rayonnements ultraviolet et infrarouge, nocifs pour l'œil.

De tels filtres sont disponibles auprès de revendeurs spécialisés. Les lunettes en carton vendues à l'occasion d'éclipses, certifiées « CE » et non usagées, constituent une bonne protection (fig. 6).



Figure 6. Lunettes prévues pour l'observation des phases partielles des éclipses de Soleil.

Description d'une éclipse de Lune

Lorsque l'ombre de la Terre se projette sur la Lune, il y a éclipse de Lune par l'ombre. Les éclipses de Lune ne peuvent avoir lieu que lorsque la Lune est dans la direction opposée au Soleil (opposition), et donc en phase de pleine lune. Le Soleil, la Terre et la Lune sont alors alignés dans cet ordre. Si la Lune pénètre complètement dans l'ombre de la Terre, c'est une éclipse totale (fig. 7) ; si la Lune pénètre partiellement dans l'ombre de la Terre, c'est une éclipse partielle.

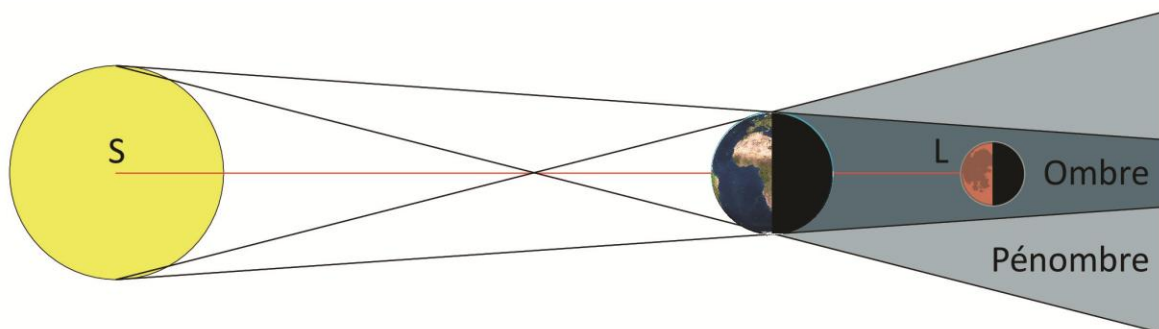


Figure 7. Principe d'une éclipse de Lune. Lors d'une éclipse totale de Lune, notre satellite pénètre complètement dans le cône d'ombre de la Terre.

Tant que la Lune est dans le cône de pénombre engendré par la Terre, l'aspect de la Lune ne change pas. Puis la Lune entre dans l'ombre et finit par y pénétrer complètement : la phase de totalité peut durer près de 1 h 45 min. Pendant l'éclipse, grâce à la réfraction atmosphérique, la Lune reste éclairée faiblement par une lumière rougeâtre, les rayons rouges étant ceux que l'atmosphère terrestre diffuse et absorbe le moins. Ensuite, la Lune sort de l'ombre, puis de la pénombre. Le phénomène peut durer dans sa globalité plus de 6 heures. Une éclipse de Lune est visible au même instant partout sur Terre où la pleine Lune est au-dessus de l'horizon.

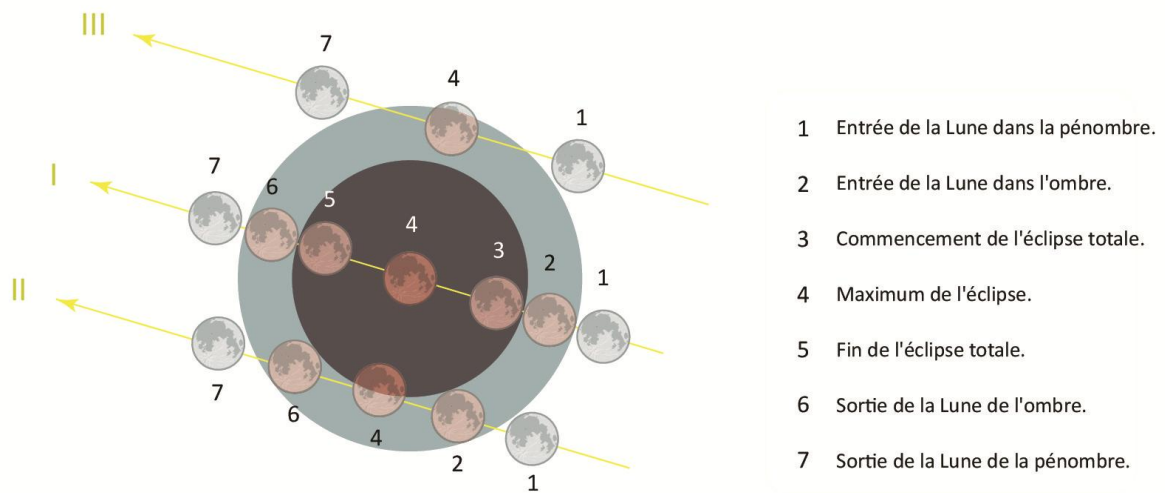


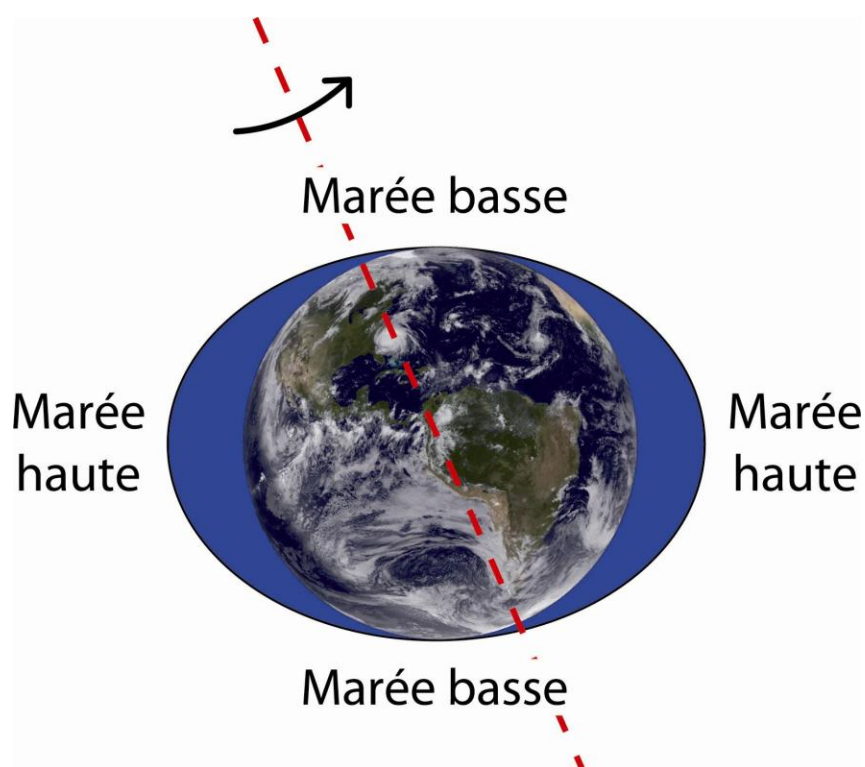
Figure 8. Phases d'une éclipse totale de Lune. I. Éclipse totale de Lune par l'ombre ;
 II. Éclipse partielle de Lune par l'ombre ; III. Éclipse partielle de Lune par la pénombre

Les schémas de ce chapitre dédié aux éclipses trouvent leur inspiration dans l'excellent ouvrage de Denis Savoie, Cosmographie, paru en 2006 chez Belin dans la collection "Bibliothèque scientifique". Les illustrations de ce livre ont été réalisées par l'illustrateur Thomas Haessig.
<http://tessig.ultra-book.com>

IX Les marées océaniques

La marée désigne la variation de hauteur de l'eau des mers et des océans, accompagnée d'un mouvement montant puis descendant. Elle trouve son origine dans l'effet conjugué des forces de gravitation dues à la Lune, au Soleil et à la rotation de la Terre.

L'intensité des forces gravitationnelles est inversement proportionnelle au carré de la distance. Ainsi, une petite parcelle d'eau située à la surface de notre planète et surmontée par la Lune ressent-elle une force plus intense de la part de la Lune qu'une parcelle de même masse localisée au centre du globe terrestre. La parcelle d'eau en surface s'éloigne du centre de la Terre ; elle se soulève. De même, une petite parcelle d'eau située en surface mais à l'opposé de la Lune ressent une force moins intense de la part de la Lune qu'une parcelle de même masse localisée au centre de la Terre ; elle se soulèvera également. Ainsi, il y a **deux marées hautes opposées**.

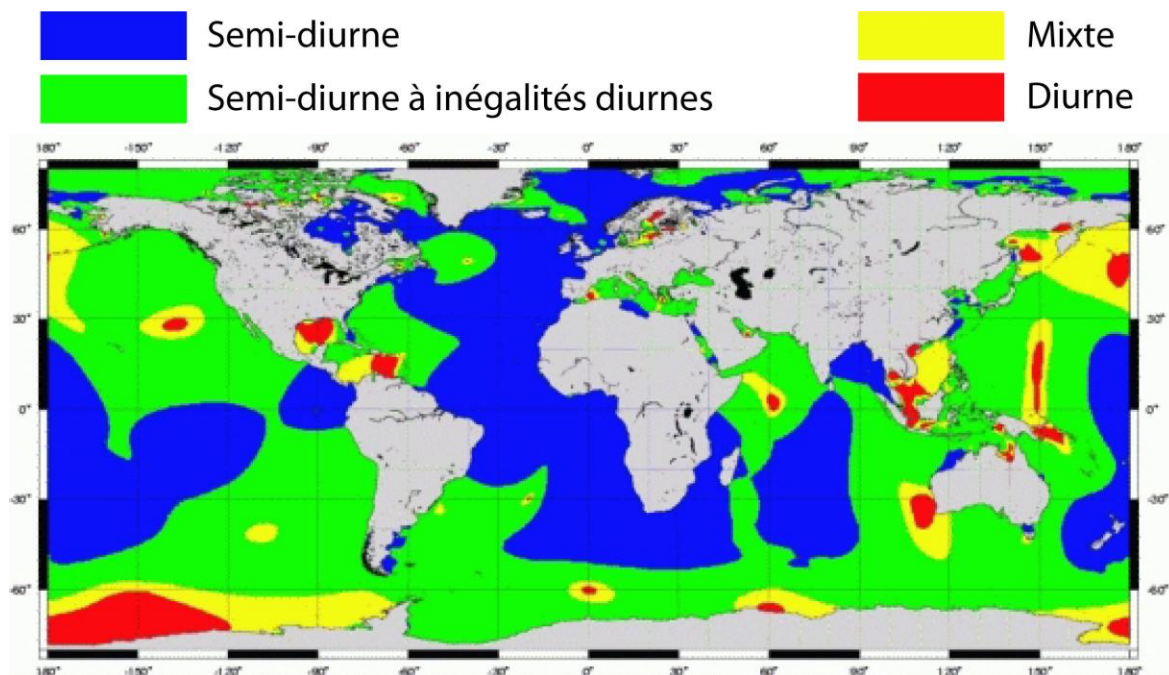


Les océans prennent la forme d'un bourrelet elliptique sous lequel tourne la Terre. En un lieu donné, il y a donc deux hautes mers par jour lunaire de 24 h 50 min, qui est l'intervalle de temps moyen entre deux passages de la Lune dans la même direction.

Nous venons de voir que les forces de marée résultaient de la différence entre l'attraction de la Lune sur la parcelle d'eau et l'attraction de la Lune sur la Terre. On montre qu'elles sont inversement proportionnelles au cube de la distance Terre – Lune. Voilà pourquoi les forces de marées dues au Soleil, bien que cet astre soit 27 millions de fois plus massif que la Lune (!), ne contribuent qu'au tiers des forces de marées, les deux autres tiers trouvant leur origine dans la Lune. Bien que leur intensité soit très faible (un dix millionième de la pesanteur terrestre), elle suffit à produire des effets spectaculaires.

Au cœur des océans, les marées sont faibles et ne modifient la hauteur des eaux que d'une dizaine de centimètres. Près des côtes, la différence entre la marée haute et la marée basse – le marnage – peut devenir importante. De plus, le bassin dans lequel se propage l'onde de marée, selon sa taille, sa profondeur, le relief sous-marin, sa latitude etc., possède une influence capitale, non seulement sur le marnage, mais aussi sur le type de marée. Quatre types sont recensés :

- le régime **semi-diurne**, avec deux marées hautes et deux marées basses à chaque jour lunaire de 24 h 50 min. Ce régime est typique des côtes atlantiques européennes ;
- le régime **semi-diurne à inégalités diurnes**, identique au précédent, à la différence que les hauteurs des marées hautes et des marées basses consécutives ont des amplitudes différentes ;
- le régime **diurne**, avec une marée haute et une marée basse à chaque jour lunaire ;
- le régime **mixte**, avec deux marées par jour lunaire lorsque la Lune est proche de l'équateur céleste et une marée par jour lunaire lorsqu'elle en est éloignée.



Répartition des types de marées dans le monde.
Crédit : Service hydrographique et océanographique de la Marine

Vous trouverez de nombreuses informations sur les marées sur le site internet du Service hydrographique et océanographique de la Marine (<http://www.shom.fr>) et sur la page <http://www.shom.fr/les-activites/activites-scientifiques/maree-et-courants>

La marée étant générée par la Lune et le Soleil, les actions de ces deux astres peuvent s'ajouter ou se contrarier selon leurs positions relatives. Ainsi, lors de la pleine lune et de la nouvelle lune, c'est-à-dire lorsque la Terre, la Lune et le Soleil sont plus ou moins alignés, ces deux derniers agissent de concert et les marées sont de plus grande amplitude. On parle de marée de vive-eau. Au contraire, lors du premier et du dernier quartier, lorsque les trois astres forment un angle droit, l'amplitude est plus faible. On parle alors de marée de morte-eau.

Les marées les plus fortes de l'année se produisent normalement vers les équinoxes de printemps et d'automne, puisque le Soleil est alors proche de l'équateur céleste, en face du bourrelet, et qu'il tire dans la même direction que la Lune, nouvelle ou pleine. Inversement, les marées les plus faibles de l'année se produisent aux solstices d'hiver et d'été, quand la distance angulaire du Soleil à l'équateur céleste est maximale.

Notons enfin que, toutes choses égales par ailleurs, les marées sont plus fortes lorsque la Lune est au périgée, étant donné que l'intensité des forces de marée est fonction de l'inverse du cube de la distance qui nous sépare de notre satellite.

En théorie, le marnage maximal donc est atteint lorsque les trois conditions suivantes sont remplies : nous sommes à l'équinoxe de printemps ou d'automne, la Lune est nouvelle ou pleine et elle se situe au périgée.

→ Il se trouve que nous serons quasiment dans cette situation le 20 mars 2015, lors de l'éclipse de Soleil qui sert de prétexte à la création de ce document.

En effet :

1. la Lune passe au périgée le 19 mars à 20 h 38 min, à 357 584 km de la Terre ;
2. la Lune est nouvelle le 20 mars à 10 h 36 min ;
3. l'équinoxe de printemps tombe le 20 mars à 23 h 45.

On peut donc s'attendre à un fort marnage, ce que confirme le coefficient de marée de 119 prévu en soirée le 21 mars, sur un maximum théorique de 120. Le décalage d'une journée subit par rapport à la géométrie des astres s'appelle l'âge de la marée. Elle vaut environ 36 h sur les côtes françaises. Une marée aussi forte ne se reproduira que le 3 mars 2051.

Les marées ont des conséquences à long terme. Dans les zones côtières principalement, le frottement des courants de marée sur les fonds marins entraîne la conversion d'énergie cinétique en chaleur. Le bourrelet d'eau dont nous avons parlé plus haut freine la rotation de la Terre sur elle-même ; **la Terre ralentit** et **la durée du jour augmente d'environ deux millisecondes par siècle**. Par conservation du moment cinétique, cette dissipation d'énergie s'accompagne d'un **éloignement de la Lune de 3,8 centimètres par an**. Dans quelques centaines de millions d'années, la Lune se sera trop éloigné de nous pour que, même à son périgée, elle ne puisse plus recouvrir entièrement le Soleil. Les éclipses totales de Soleil auront à jamais disparu...

Les marées permettent aussi de comprendre pourquoi la Lune nous présente toujours la même face. Il faut pour cela remonter à sa naissance, à la période où elle était encore chaude et donc malléable. Les marées provoquées par la Terre sur la jeune Lune alors déformable ont ralenti sa rotation jusqu'à rendre **synchrones** sa période de rotation et sa période de révolution. Les satellites de Mars et les gros satellites des planètes géantes sont aussi en rotation synchrone.

X Cratères, mers et océans : éléments de sélénographie

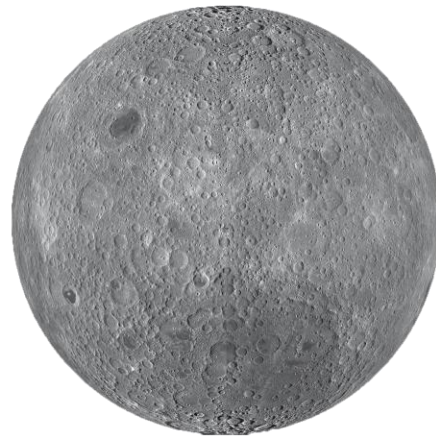
La Lune est un astre géologiquement mort. Sa surface criblée de cratères n'a pratiquement pas connu d'évolution depuis 3,5 milliards d'années, époque à laquelle a cessé le grand bombardement météoritique qui a touché tous les corps du système solaire.

On distingue deux types de régions à la surface de la Lune :

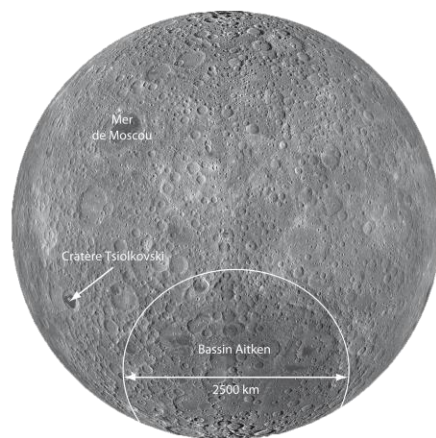
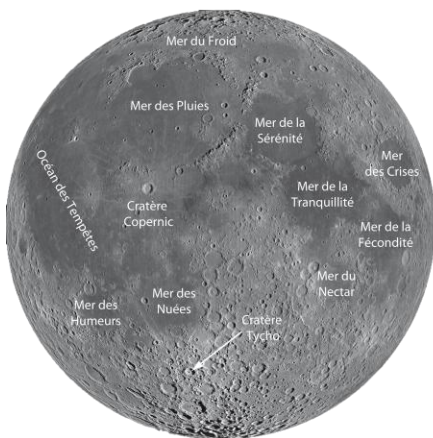
- les **mers**, qui sont des plaines volcaniques sombres de faible altitude. Elles sont constituées de roches basaltiques, des roches magmatiques issues d'une lave refroidie rapidement ;
- les **continents**. Ce sont des régions élevées plus claires, concentrées dans l'hémisphère sud de la face visible et sur toute la face cachée. Ils sont constitués de roches appelées anorthosites, composées principalement de feldspath plagioclase.



Face visible



Face cachée



Crédit : NASA / GSFC / Arizona State University

Pendant les centaines de millions d'années qui ont suivi sa formation, la Lune a subi un bombardement météoritique intense. En particulier, de grands bassins circulaires de plusieurs centaines de kilomètres de diamètre sont apparus. Sur la face visible, à la croûte fine, ces bassins ont été ultérieurement remplis de lave, donnant naissance aux mers lunaires. Sur la face cachée, ce volcanisme n'a pas eu lieu, vraisemblablement en raison de la grande épaisseur de la croûte.

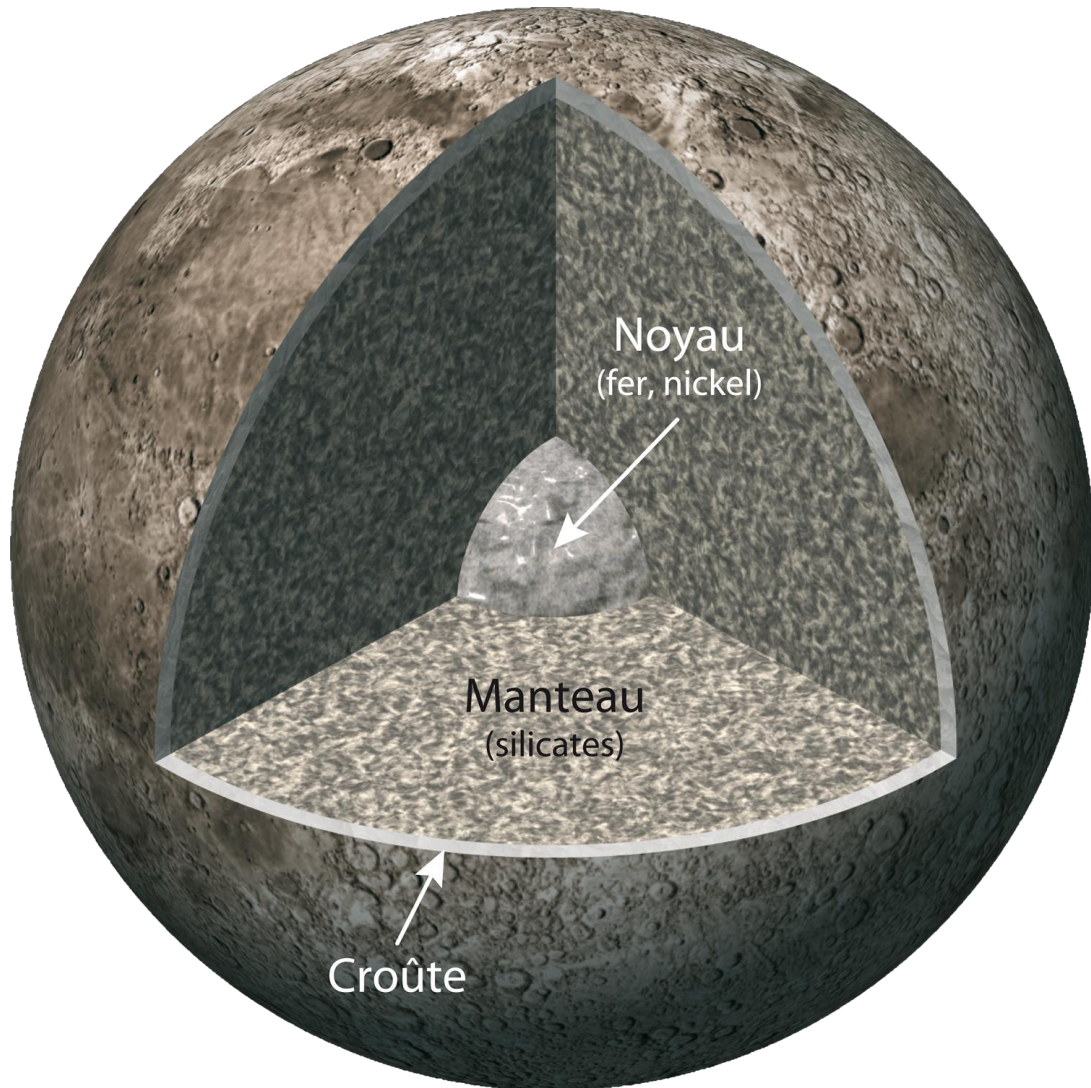
Les noms des principales structures de la face visible (mers, océans et cratères) ont été inventés au XVII^e siècle par le jésuite Giovanni Battista Riccioli. Publié en 1651, son ouvrage *Almagestum Novum*, en plus d'être une critique érudite de l'héliocentrisme, contient un système de nomenclature encore utilisé aujourd'hui. Il plaça sur la Lune des personnalités célèbres (savants, philosophes, religieux) de l'Antiquité, du Moyen Âge et quelques uns de ses contemporains. On retrouve ainsi les cratères Platon, Aristote, Tycho, Clavius etc. Il faut aussi reconnaître à Riccioli la grande probité d'avoir attribué de beaux cratères à Copernic, Kepler et Galilée, tous adversaires du géocentrisme cher aux jésuites. Quoique... les cratères en question se trouvent bien esseulés, loin des glorieux anciens. Bannis, en quelque sorte !



Prise par les astronautes de la mission *Apollo 11* en 1969, cette photographie présente une portion très cratérisée de la face cachée de la Lune. Le cratère central possède un diamètre de 80 km. La densité en cratères d'un terrain fournit un indice sur son âge : plus il est cratérisé, plus il est ancien.

Crédit : NASA

Depuis des milliards d'années, les impacts incessants de météorites ont broyé les roches à la surface de la Lune. La croûte lunaire est donc entièrement recouverte par une couche de débris de quelques mètres appelée régolite. La croûte est plus épaisse sur la face cachée (100 km) que sur la face visible (60 km). Sous la croûte se trouve le manteau et au cœur existerait un petit noyau métallique partiellement fluide d'environ 400 km de rayon.



Crédit : Calvin Hamilton

XI L'exploration de la Lune

En 1959, la sonde soviétique *Luna 1* est la première à survoler notre satellite. Dix ans plus tard, dans un contexte politique marqué par la compétition entre les États-Unis et l'Union soviétique, deux Américains réalisaient un des grands rêves de l'humanité : marcher sur la Lune. En tout, onze ingénieurs militaires et un scientifique américains ont foulé sa surface. Les données et les échantillons obtenus, complétés depuis par les observations d'une série de sondes internationales, ont permis entre autres de valider une théorie capable d'expliquer la formation de notre satellite. Plusieurs nations prévoient aujourd'hui de s'y poser, à la fois pour mieux le comprendre et pour l'exploiter en vue de l'exploration future du système solaire, notamment de la planète Mars.

Les missions *Apollo* du programme américain

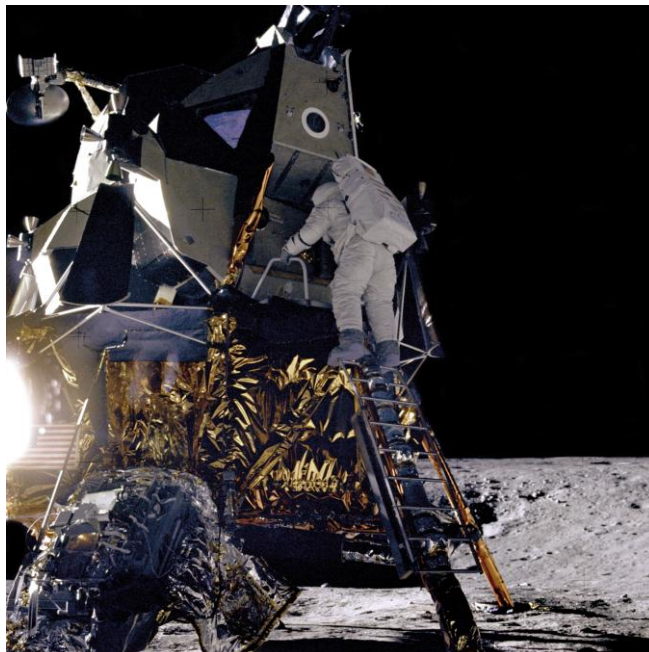
Pour parer à la suprématie naissante de l'Union soviétique dans le domaine spatial, le président américain John F. Kennedy décide en 1961 d'envoyer un astronaute sur la Lune. S'ensuivra une véritable course entre les deux superpuissances. Elle fut gagnée après de nombreux revers par les Américains le 20 juillet 1969, lorsque Neil Armstrong, commandant la mission *Apollo 11*, devint le premier homme à marcher sur la Lune.



L'équipage d'*Apollo 11* : Neil Armstrong, Michael Collins et Buzz Aldrin.
Crédit : NASA



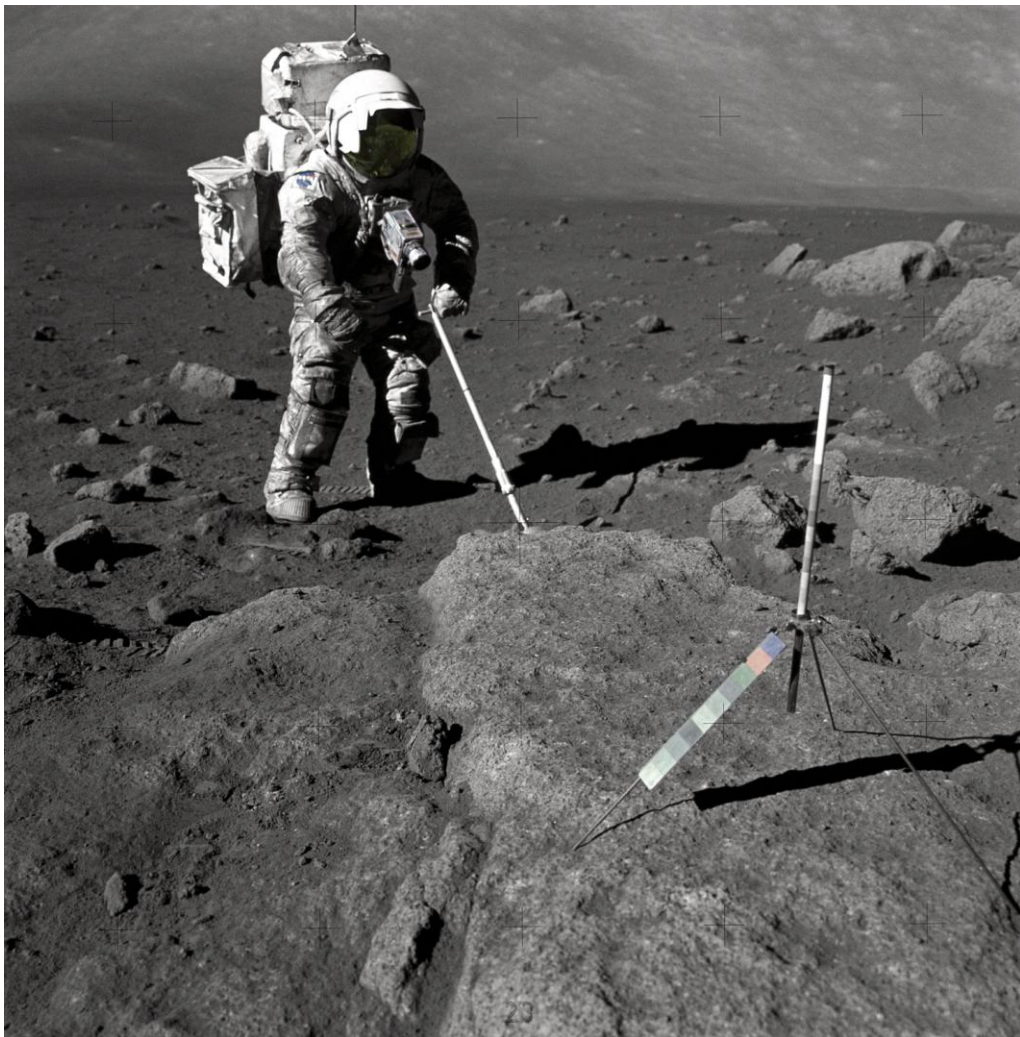
En ce 16 juillet 1969, la fusée *Saturn V* emporte les astronautes d'*Apollo 11* vers la Lune.
Crédit : NASA



Le LEM (Lunar Exploration Module) permettait de descendre jusqu'à la surface. Il servait ensuite de base d'exploration après l'alunissage. Crédit : NASA



Harrison Schmitt, pilote du module lunaire de la mission *Apollo 17*, déploie des panneaux solaires.
Crédit : NASA



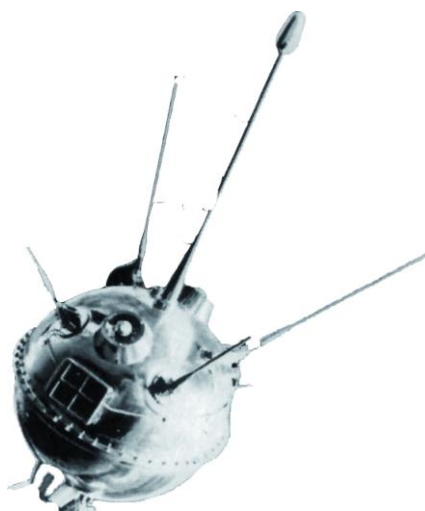
Les missions *Apollo* réservent de plus en plus de temps aux collectes d'échantillons et aux observations. Le sixième et dernier alunissage, celui d'*Apollo 17* le 11 décembre 1972, permet enfin l'étude directe de la surface par un scientifique, le géologue Harrison Schmitt.

Crédit : NASA

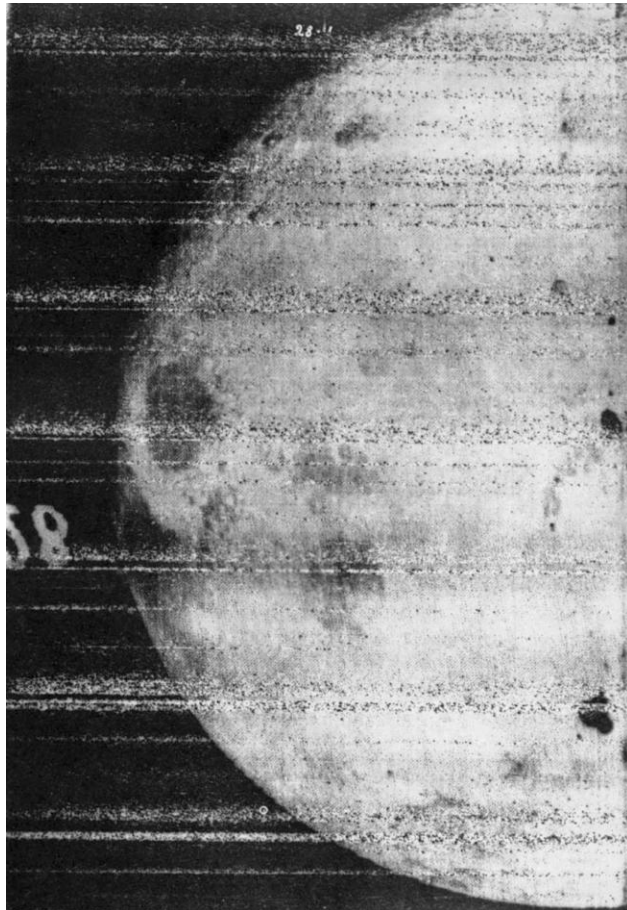


Les missions *Apollo* ont rapporté près de 2 200 échantillons de la surface lunaire totalisant 382 kg.
Crédit : NASA

Les "premières" du programme soviétique



Février 1959 : *Luna 1*, première sonde à survoler notre satellite.
Crédit : Programme d'exploration lunaire soviétique



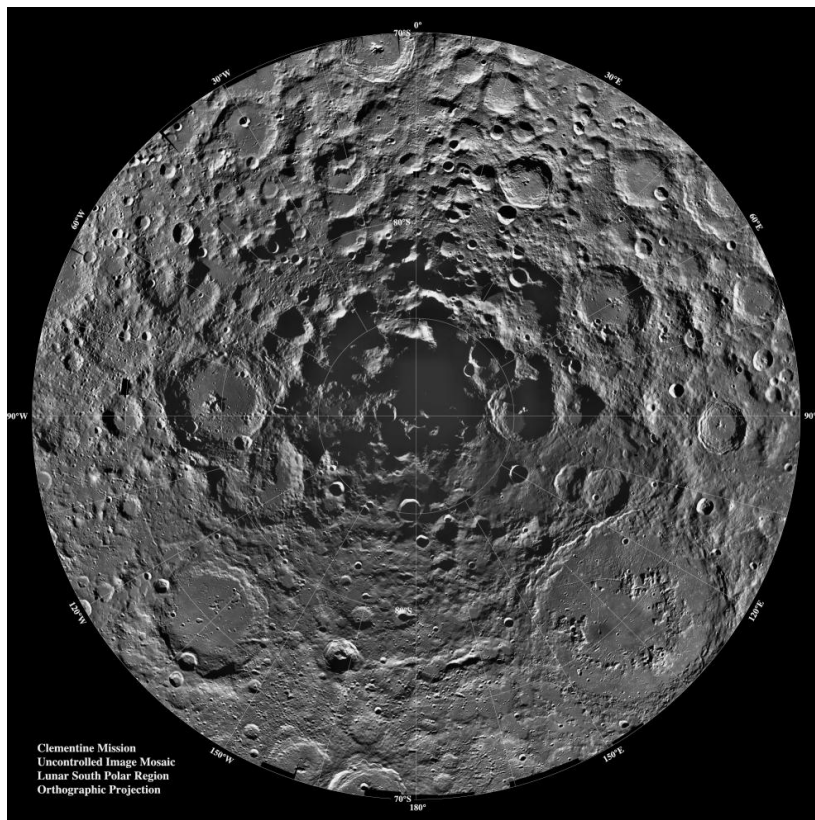
Octobre 1959 : la sonde *Luna 3* transmet les premiers clichés de la face cachée de la Lune.
Crédit : Programme d'exploration lunaire soviétique



En mars 1966, *Luna 9* fut le premier engin à alunir en douceur et à envoyer des images depuis la surface.
Crédit : Programme d'exploration lunaire soviétique

Exploration récente et future

Après les programmes *Apollo* et *Luna*, l'exploration spatiale de la Lune cessa pendant près de vingt ans. Cependant, beaucoup restait à faire dans l'étude de notre satellite : par exemple, seules les régions proches de l'équateur avaient été survolées et cartographiées. C'est la raison pour laquelle un nouveau programme d'exploration plus modeste a été entrepris dans les années 1990, avec les petites missions *Clementine* (1994) et *Lunar Prospector* (1998).



Clementine réalisa la première cartographie complète de l'ensemble de la surface lunaire.
Crédit : NASA / JPL / USGS

Notre satellite connaît un regain d'intérêt et de nouveaux pays se lancent dans son exploration. En 2007, le Japon et la Chine mirent en orbite respectivement les sondes *Kaguya* et *Chang'e 1*. En 2008, ce fut au tour de l'Inde avec *Chandrayaan 1*.

Depuis, les Américains ont réalisé l'essentiel des missions lunaires. Citons l'orbiteur *LRO* (pour Lunar Reconnaissance Orbiter) et l'impacteur *LCROSS* (pour Lunar Crater Observation and Sensing Satellite) en 2009, et les trois orbiteurs *Artemis*, *GRAIL* (pour Gravity Recovery and Interior Laboratory) et *LADEE* (pour Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer) respectivement en 2010, 2011 et 2013. Les Chinois ne sont pas en reste avec l'orbiteur *Chang'e 2* en 2010 et le rover *Chang'e 3* en 2013. Le but avoué des Chinois est de déposer un homme à la surface de la Lune avant 2030.

Quel est aujourd'hui l'intérêt d'explorer la Lune ?

Sciences

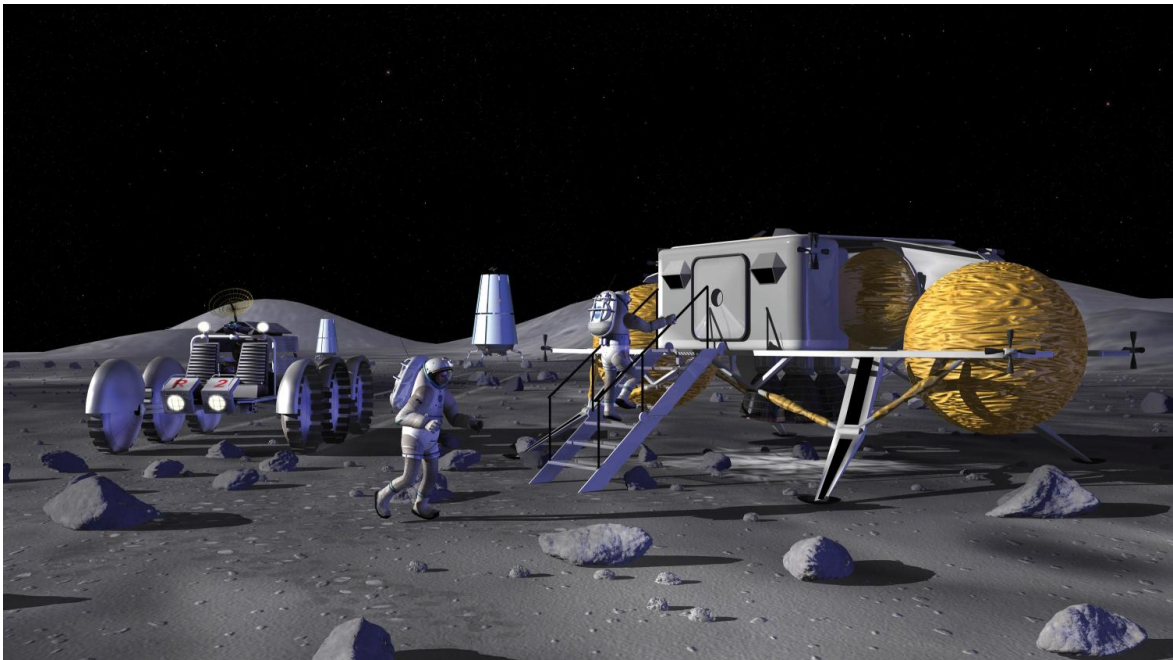
Sur la face cachée : plate-forme idéale pour observer l'Univers à toutes les longueurs d'onde tout en étant protégé des interférences radio d'origine humaine.

Technologies

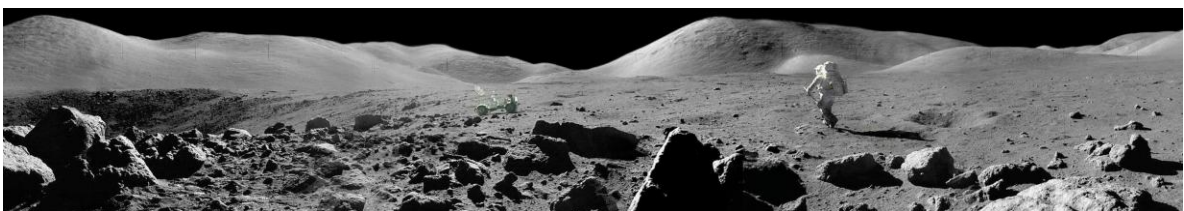
Banc d'essai pour les prochaines étapes de la colonisation du système solaire qui passeront par l'envoi de missions habitées vers la planète Mars.

Ressources

Base logistique et d'approvisionnement pour l'activité humaine dans l'espace. Exploitation de l'hélium-3 déposé à la surface par le vent solaire comme carburant des futures centrales à fusion nucléaire. Exploitation de l'eau présente dans les zones polaires sous forme de glace.



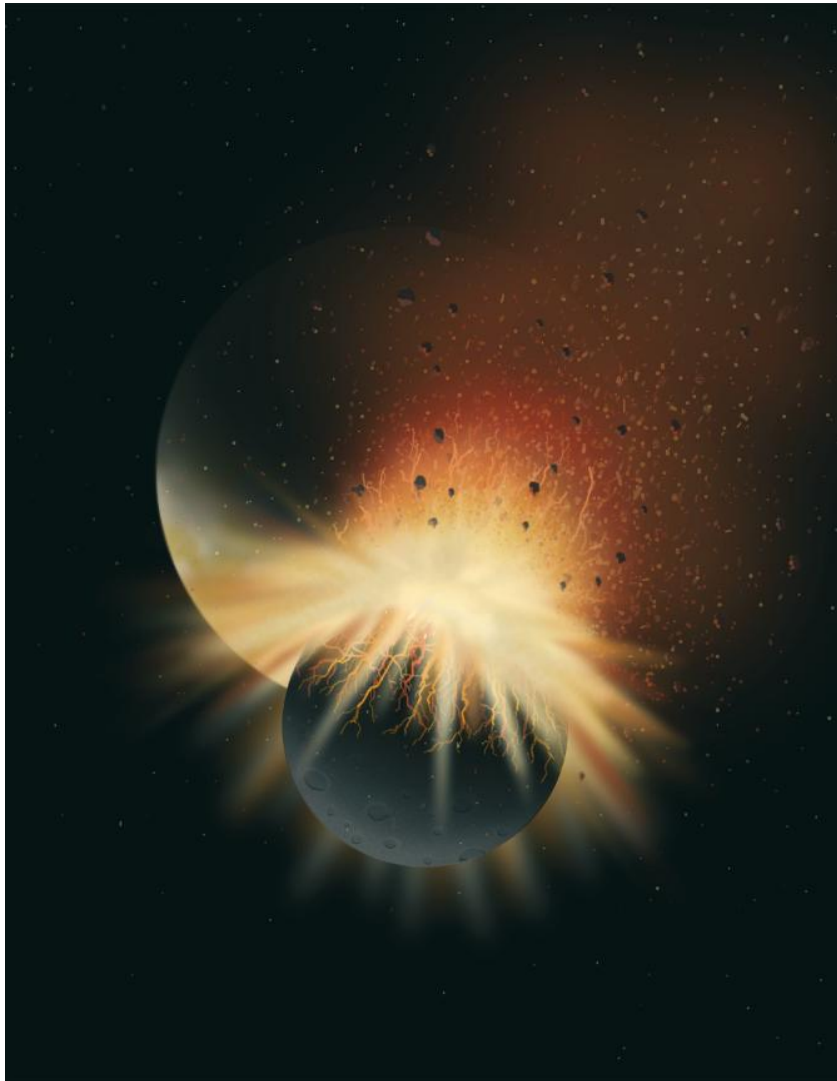
Concept d'installation humaine sur la Lune. Une base lunaire pourrait être utilisée pour les décollages vers Mars. En effet, ceux-ci seraient facilités par une gravité six fois plus faible que sur Terre. Crédit : NASA



XII Un scénario possible de formation de la Lune

Les scientifiques pensent que la Lune s'est formée il y a 4,53 milliards d'années, conséquence de la collision d'un objet de la taille de la planète Mars avec la Terre. Du matériau rocheux, pauvre en fer, a été éjecté en orbite autour de la Terre et s'est agrégé pour produire la Lune. Cette théorie est étayée par plusieurs faits :

- le noyau de fer de la Lune est comparativement beaucoup plus petit que celui de la Terre ;
- notre planète et son satellite possèdent la même composition isotopique de l'oxygène et du titane. Les deux corps seraient donc constitués de matériaux de même origine ;
- l'étude des échantillons lunaires montrent que la Lune est appauvrie en éléments volatils (qui se volatilisent facilement). Ceci prouve que la Lune a connu un épisode très chaud, avec un océan magmatique global qui aurait cristallisé en moins de 200 millions d'années.

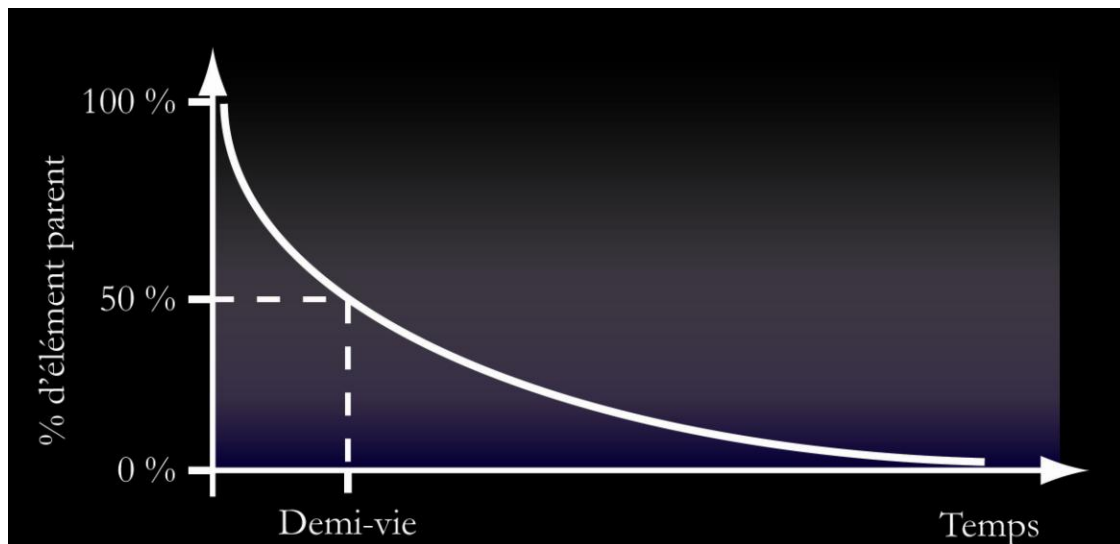


Vue d'artiste de la terrible collision ayant pu engendrer la Lune. Crédit : NASA / JPL / USGS

XIII L'âge des terrains lunaires

Datation absolue par désintégrations radioactives

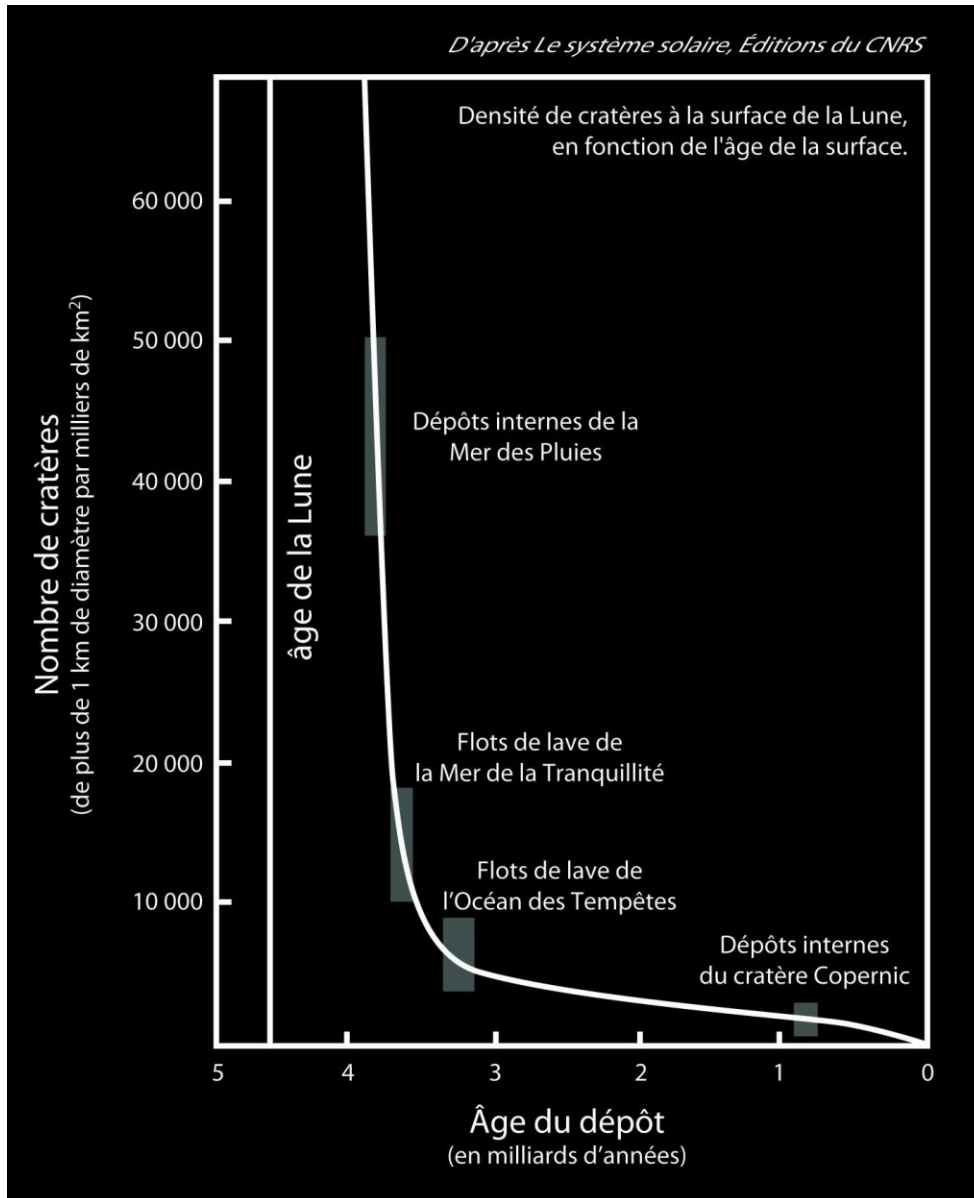
Certains éléments sont naturellement radioactifs. Instables, ils se désintègrent spontanément. Un élément « parent » se transforme en un élément « fils », qui peut être un nouvel élément, plus léger, ou bien un isotope du parent. Cette réaction de désintégration se produit selon une constante de temps caractéristique, indépendante des facteurs extérieurs. Ainsi, en mesurant la concentration en éléments parents et fils dans une roche, on peut calculer depuis combien de temps la réaction est active, et donc l'âge absolu de formation des minéraux de cette roche. Pour étudier les roches terrestres, les échantillons lunaires et les météorites, les géologues utilisent principalement les couples uranium/plomb ($^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$), rubidium/strontium ($^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$) et potassium/argon ($^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$).



La réaction de désintégration d'un élément radioactif suit une courbe décroissante en exponentielle. La mesure de la proportion élément parent/élément fils dans un minéral permet de le positionner sur cette courbe et de déduire l'âge de sa formation.

Datation relative

Les cratères sont de bons indicateurs de l'âge d'une surface planétaire. En effet, depuis les missions *Apollo* et les datations absolues des échantillons lunaires rapportés, on sait que plus une surface présente de cratères d'impact, plus elle est vieille et que plus les cratères sont gros, plus ils sont vieux. On peut ainsi essayer de dater la surface des planètes telluriques et des satellites par étude de leur cratérisation.



Toutefois, l'activité géologique et l'érosion rendent les datations hautement incertaines car elles peuvent remodeler profondément les surfaces et effacer les traces du passé. De ce fait, l'étude des cratères ne suffit plus dans le cas de Mars : pour définir la chronologie précise de son histoire, il faudra attendre un retour d'échantillons de pierres martiennes afin de calibrer les datations de manière absolue.



FIN



Deux planches tirées de l'atlas céleste *Harmonia Macrocosmica* d'Andreas Cellarius, paru en 1660. Elles représentent les constellations de l'hémisphère boréal (planche du haut) et austral (planche du bas).