



La Lune : ses origines

La Lune, fille de la Terre

Proposée en 1880, par l'astronome Georges Darwin (l'un des fils de Charles Darwin), la théorie de fission permet d'expliquer la similitude d'âge de la Terre et de la Lune.

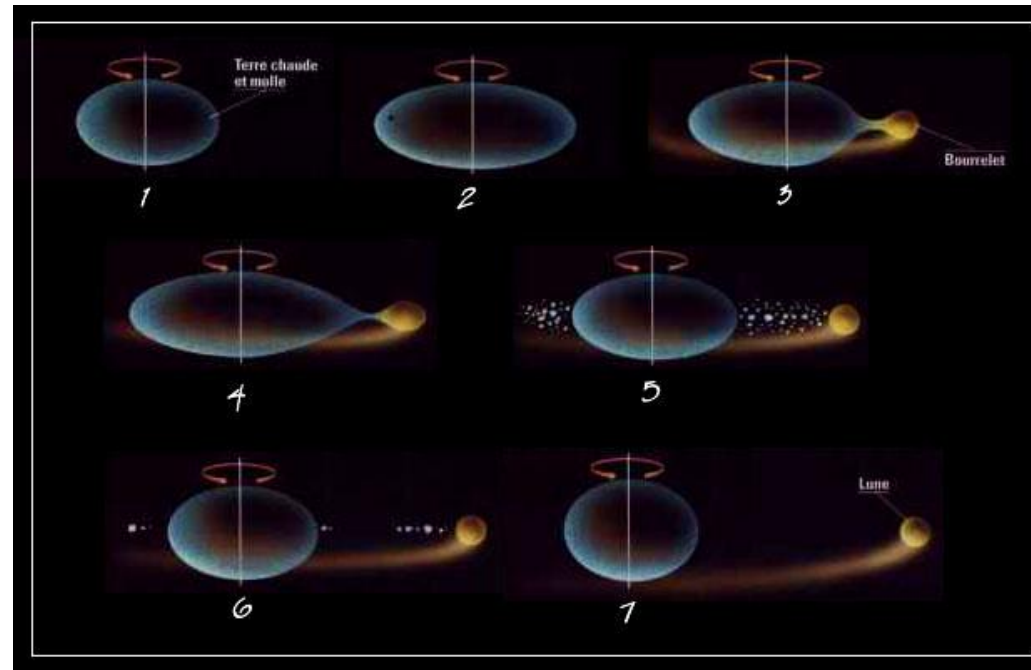
La formation du noyau terrestre aurait accéléré la vitesse de rotation de la Terre. La force centrifuge aurait alors étiré la zone équatoriale. Un bourrelet de matière se serait formé puis détaché. La Lune ainsi formée se serait éloignée, jusqu'à son orbite actuelle.

Les simulations ont montré que la Terre aurait dû être très fluide. Il aurait aussi fallu qu'elle tourne sur elle-même en 2 h 30. Comment la Terre aurait-elle pu atteindre une telle vitesse de rotation à un moment de son histoire ?

Comment l'énergie de rotation aurait-elle pu diminuer au point qu'une journée fasse, non plus 2 H 30 mais 24 h ?

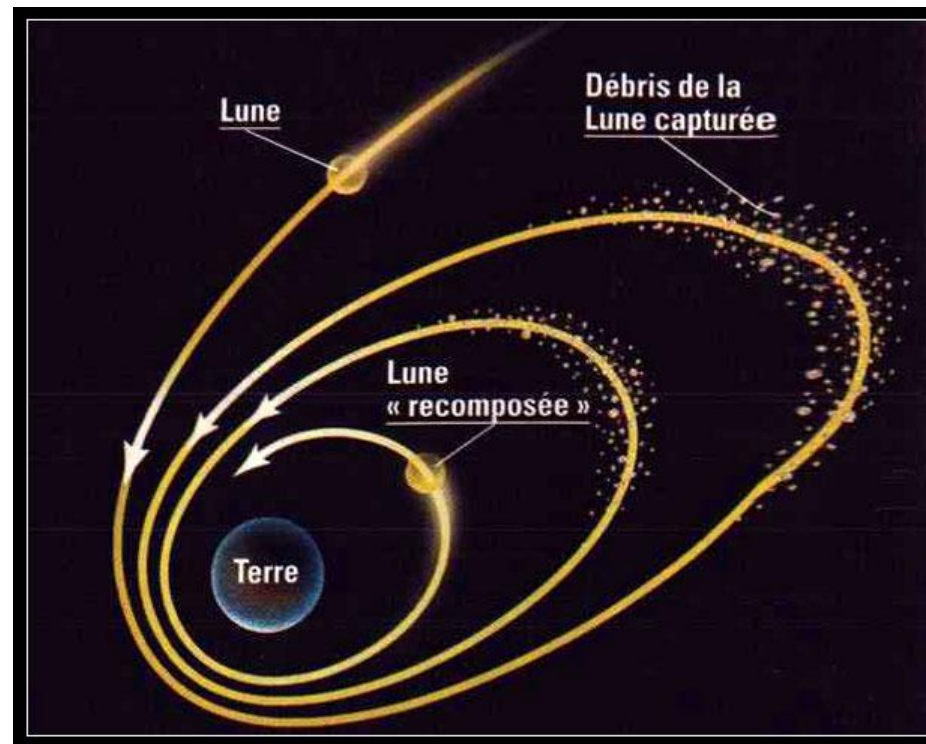
Les informations fournies par les études spectroscopiques et les échantillons lunaires ont également remis en cause cette hypothèse de la fission. La composition chimique de la Lune diffère de celle de l'écorce du manteau terrestre.

Aucun minéraux ne contient d'eau. Les composés volatils comme le potassium, le sodium et le plomb sont rares. Il y a davantage d'éléments réfractaires (qui s'évaporent à de hautes températures) comme l'aluminium, le calcium, le titane, le thorium.



Une sombre affaire de kidnapping

En 1955, le chercheur allemand Gerstenkom, développa la théorie de la capture gravitationnelle. La Lune, née dans une autre région du système solaire se serait approchée de la Terre suffisamment près pour être capturée. Cet événement aurait déclenché, en raison des variations de vitesse et d'énergie cinétique, le réchauffement et la fusion de la proto-lune. De sérieuses objections ont été émises : un corps céleste passant à proximité de la Terre serait détruit par les effets de marées, ou bien rejeté sur une nouvelle orbite autour du Soleil, ou encore, propulsé vers la Terre avec laquelle il entrerait en collision. D'autre part, la Terre et la Lune possèdent les mêmes isotopes de l'oxygène (c'est-à-dire des atomes dont le noyau contient le même nombre de protons mais des neutrons différents). Elles se sont donc formées dans la même région du système solaire.

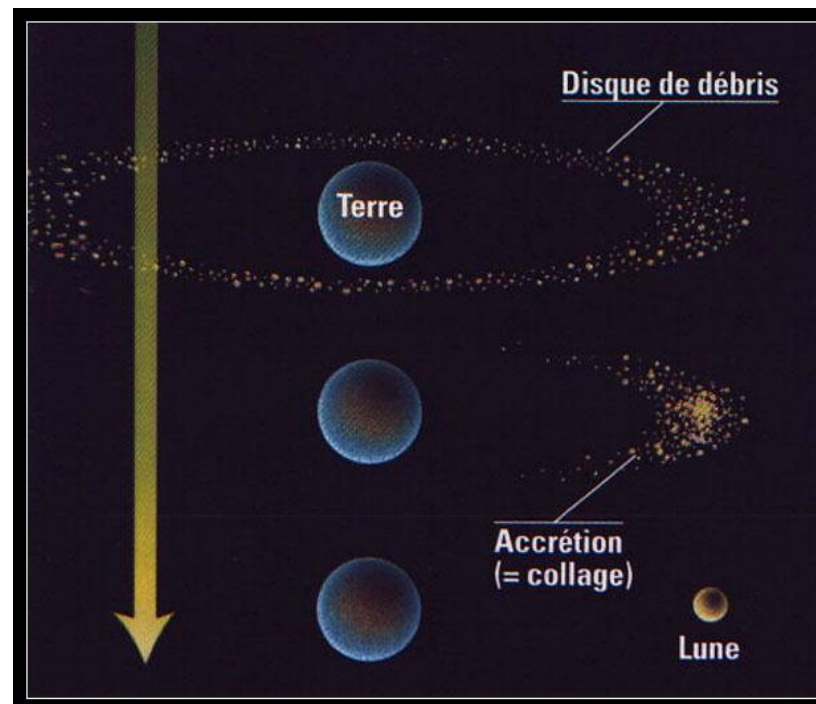


Des sœurs jumelles

La théorie de l'accrétion imaginée dans les années soixante par l'astrophysicien soviétique Ruskol, stipule que la Terre et la Lune sont des planètes doubles.

Elles seraient nées au sein d'un nuage de poussières et de planétésimaux. La Lune se serait formée soit en même temps que la Terre, soit peu après, à partir de débris gravitant autour de la Terre.

Si cette théorie explique le même rapport isotopique de l'oxygène, par contre elle ne permet pas de comprendre la différence entre éléments volatils (nombreux sur la Terre) et éléments réfractaires (nombreux sur la Lune). De plus, elle ne repose sur aucune condition particulière. Or ni Mercure, ni Vénus, ni Mars, autres planètes telluriques, ne possèdent de satellite comparables à notre Lune.



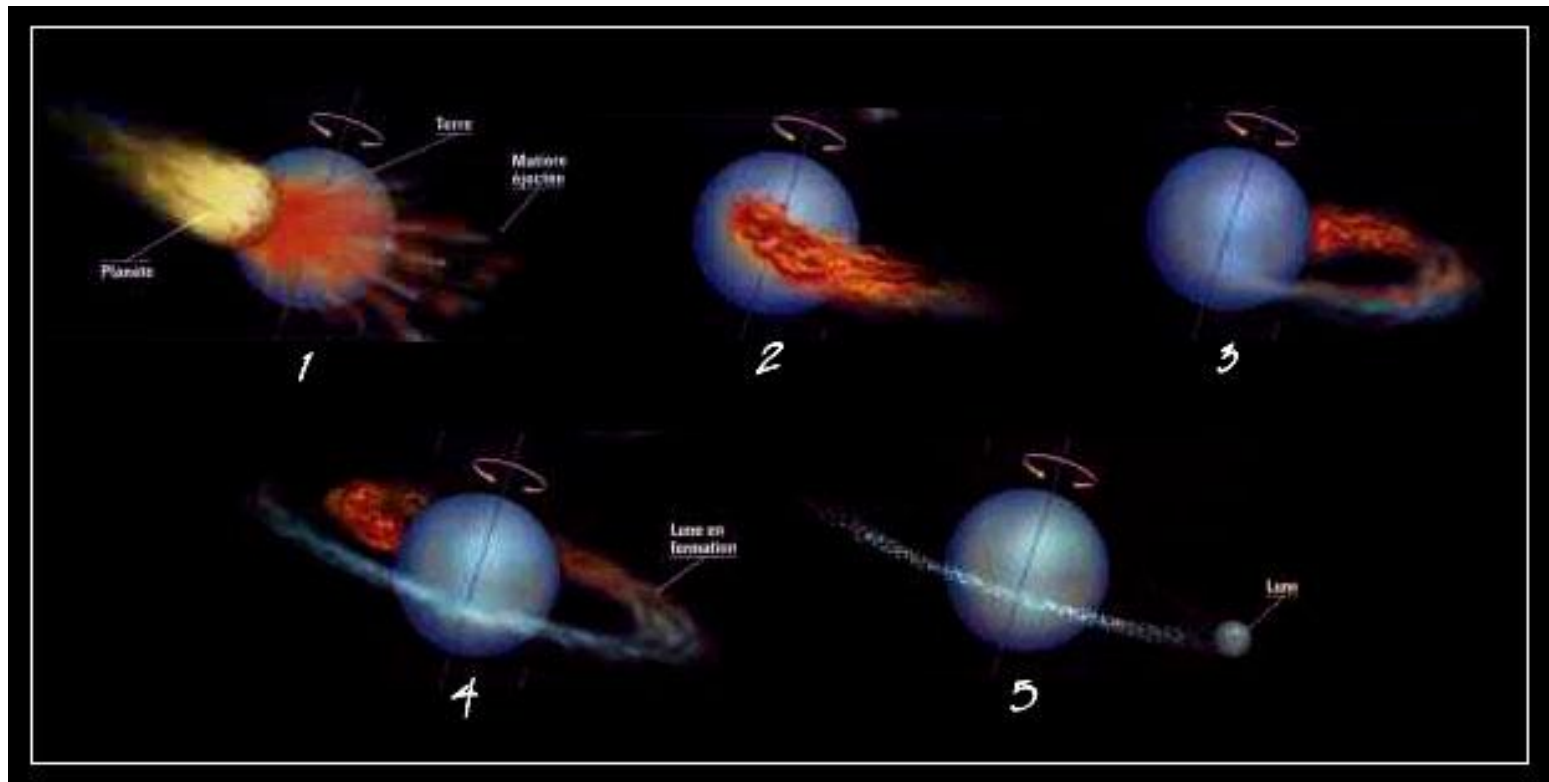
L'Impact Géant

La quatrième théorie sur la formation de la Lune a été envisagée dès 1946 par Reginald Daly (Harvard). Dans un article, passé inaperçu à l'époque, il suggérait une collision géante.

L'idée fut à nouveau développée en 1975, par deux équipes distinctes, celle de William Hartmann et de Donald Davis (Tucson) et celle d'Alastair Cameron et de William Ward (Pasadena). Ces travaux résultaient de l'étude des échantillons lunaires et de la remise en cause des précédentes théories. Un énorme bolide serait entré en collision avec la Terre, alors en gestation, et lui aurait arraché les matériaux constituant aujourd'hui la Lune.

Il a fallu attendre 1984 pour que ce scénario soit simulé par W. Benz, W.L. Slattery, et A.G.

Cameron sur des ordinateurs suffisamment puissants pour étudier individuellement des centaines de paramètres.



Planète vagabonde

Une planète vagabonde aurait heurté la Terre, il y 4,5 milliards d'années. Les deux astres auraient déjà été différenciés avec un noyau de fer et de nickel et un manteau de silicates. Le choc aurait provoqué une gigantesque explosion. Des morceaux des deux manteaux et des croûtes rocheuses auraient été éjectés dans l'espace. Le noyau de la planète "impactante" se serait séparé du manteau et aurait heurté la Terre qui l'aurait complètement absorbé. Les débris des deux manteaux silicatés se seraient alors agglutinés pour constituer la Lune.

Cette collision-fission-accrétion explique beaucoup mieux que les autres modèles, la ressemblance de la Lune avec le manteau terrestre, sa pauvreté en fer et en éléments volatils et sa richesses en éléments réfractaires. Les observations effectuées par la sonde Lunar Prospector en 1998 ont montré que le fer représente moins de 4 % de la masse totale de la Lune (contre 33 % pour la Terre). Le noyau de fer primitif aurait été absorbé par la Terre et les matériaux, expulsés en orbite lors de l'explosion, auraient été suffisamment chauffés pour perdre leurs composés volatils et s'enrichir en matière réfractaire. Ou bien, autre hypothèse : l'impact se serait produit après la formation du noyau de fer de la Terre et la matière propulsée en orbite ne pouvait qu'être pauvre en fer.

Trois fois la taille de Mars

La majorité des planétologues s'est ralliée à ce scénario. Il est plausible mais nul ne sait s'il s'est effectivement déroulé. De nombreux points restent à préciser comme la taille de la planète errante et le temps nécessaire à l'accrétion de la Lune après l'impact.

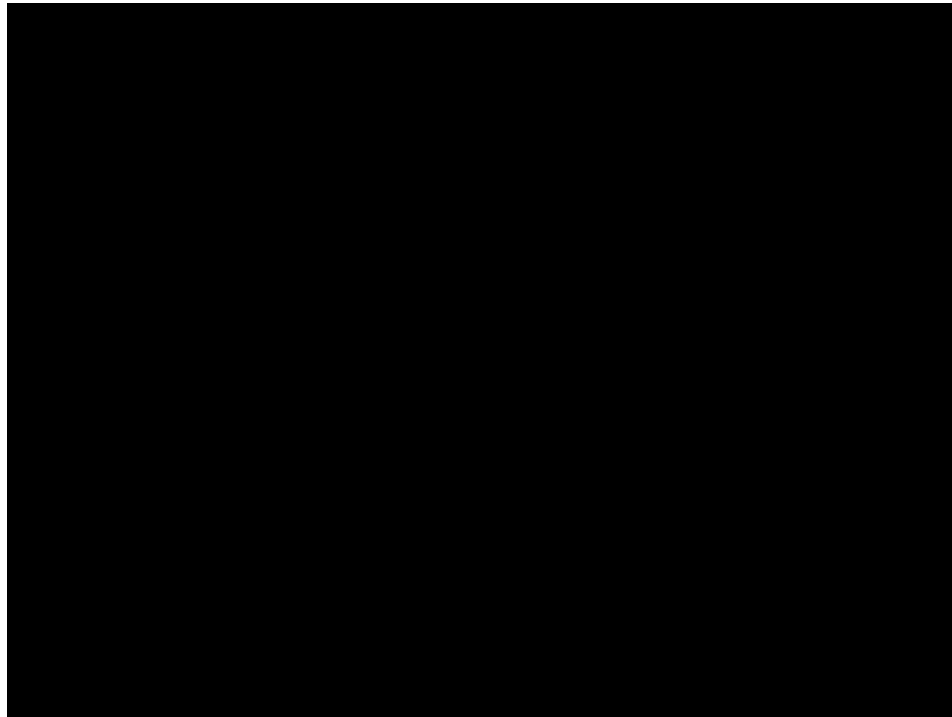
Dans les années quatre-vingt, on estimait qu'un objet de la taille de Mars (soit 10 % de la masse terrestre) devait rencontrer la Terre pour que la masse des débris rende possible la formation de la Lune (1 % de la masse terrestre).

En 1997, l'équipe de l'astrophysicienne Robin Canup (Colorado) a effectué de nouvelles simulations, en faisant varier des nombreux de paramètres comme la quantité de débris, la taille de la planète impactante, sa vitesse et son angle d'arrivée. Première conclusion : l'objet qui serait entré en collision avec la Terre devait avoir au moins trois fois la taille de la planète Mars. Seconde révélation : entre 15 % et 40 % seulement de la matière pulvérisée aurait servi à fabriquer la Lune et ce, en moins d'un an. Une formation incroyablement courte à l'échelle des temps géologiques où la genèse des événements se compte habituellement en millions d'années.

Fusion d'une quinzaine de planétoïdes

Le scénario testé par Robin Canup serait le suivant : les débris issus du choc se rassemblent dans un disque qui entoure la Terre. Certains retombent, d'autres constituent un anneau, dans le plan de l'équateur terrestre. Au sein de cet anneau, semblable à celui de Saturne, des milliers de fragments se croisent à des vitesses différentes, s'entrechoquent, explosent, et se fragmentent. Au bout de quelques mois, une quinzaine de planétoïdes se sont formés. Ces pré-lunes finissent par fusionner en un seul objet. La Lune est alors située entre 17 000 et 29 000 km de la Terre. Elle se trouve un peu au-delà de la limite de Roche c'est-à-dire de la distance à laquelle un corps plus petit vole en éclat au voisinage d'un corps plus massif, en raison des effets de marées. Depuis, la Lune s'est éloignée progressivement de la Terre. Elle est située aujourd'hui à une distance moyenne de 380 000 km.

Reste à répondre à plusieurs questions : d'où venait cet astre "impactant" et comment il a pu se trouver aussi près de la Terre pour la heurter ; et pourquoi, d'autre part, l'orbite de la Lune autour de la Terre est-elle aussi inclinée ? Les orbites des autres satellites du système solaire évoluent sur des plans équatoriaux. La Lune est inclinée de 10° par rapport à l'équateur terrestre. Selon William Ward et Robin Canup (Southwest Research Institute) cette trajectoire bizarre serait le résultat de l'interaction gravitationnelle entre la pré-lune et un disque, aujourd'hui disparu, constitué par des débris issus de la collision.



La Lune : son histoire ('achement résumée !!!).

Elle se compose de cinq ères principales :

- de sa naissance (4,65 milliards d'années) à 3,92 milliards d'années : **ère prénectarienne**
- de 3,92 à 3,85 milliards d'années (soit 70 millions d'années) : **ère nectarienne**
- de 3,85 à 3,15 milliards d'années (soit 700 millions d'années) : **ère imbrienne**
- de 3,15 à 1 milliards d'années (soit env. 2 milliards d'années) : **ère erastothénienne**
- de 1 milliard d'années à nos jours : **ère copernicienne**

Ere prénectarienne : elle couvre la formation de l'astre jusqu'à l'impact du bassin du Nectar il y a 3,92 milliards d'années, La Lune s'est formée par accrétion, liquéfiée entièrement et différenciée chimiquement.

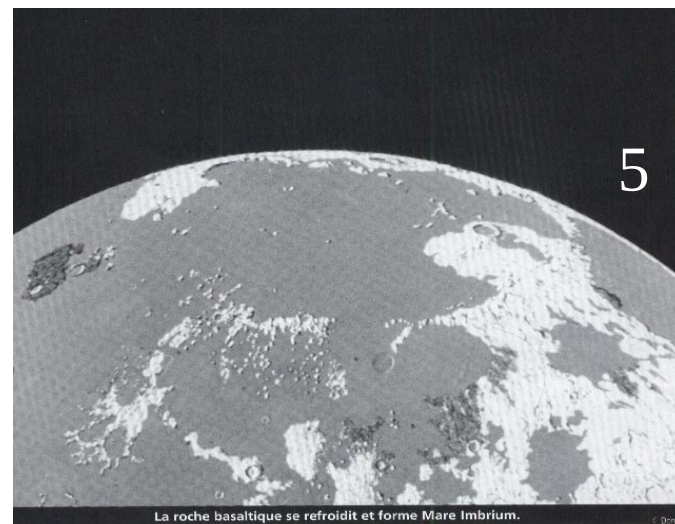
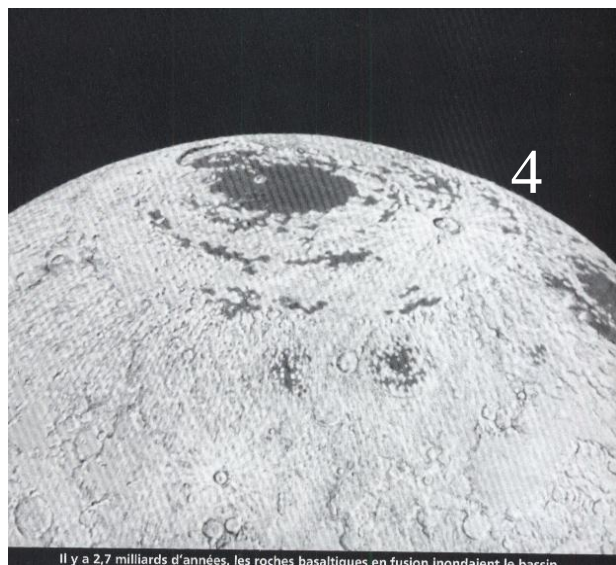
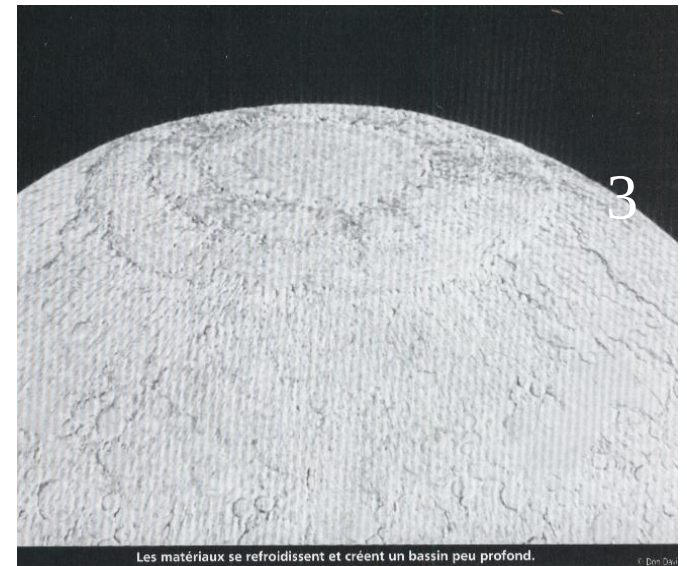
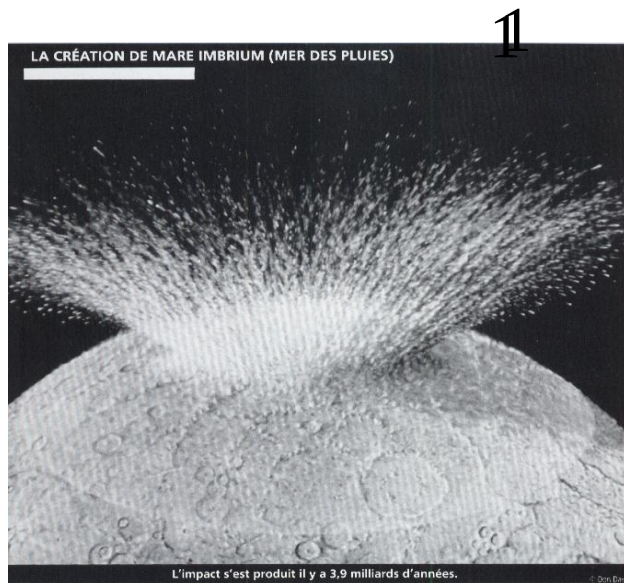
Ere nectarienne : les derniers gros planétésimaux se sont écrasés sur la Lune et ont formé les grands bassins d'impact (Mer du Nectar, des Pluies...).

Ere imbrienne : un des impacts (Mare Imbrium) déclenche une intense activité volcanique.

Ere erastothénienne : c'est une longue période d'accalmie, Erathostène est typique de la cratérisation de cette époque. Elle couvre la moitié de l'histoire de la Lune.

Ere copernicienne : la formation de Copernic donne son nom à l'ère qui dure encore aujourd'hui. Les cratères sont relativement jeunes avec des éclaboussures de trainées rayonnantes brillantes. L'activité est minimale.

Formation de Mare Imbrium



Carte d'identité de la Lune

Age : 4.6 milliards d'années

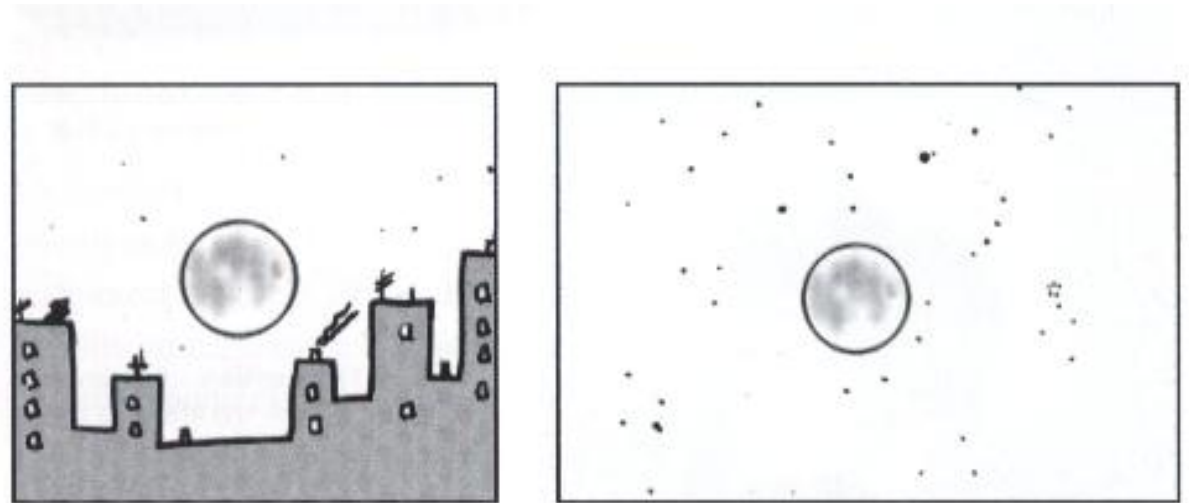
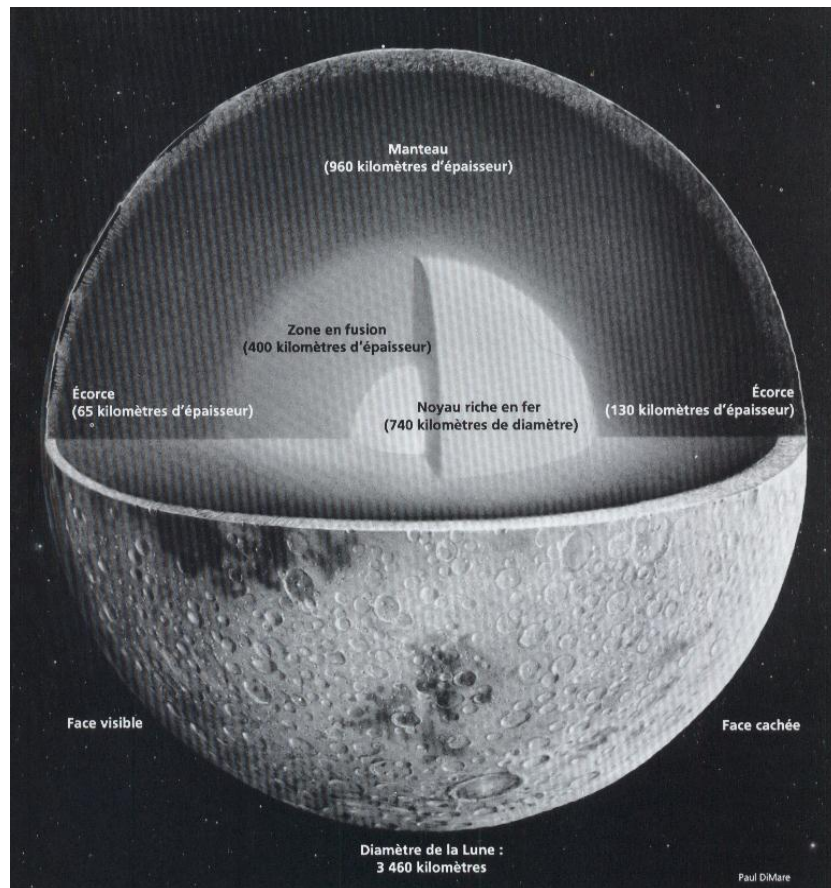
Diamètre : 3476 km (environ $\frac{1}{4}$ Terre)

Diamètre apparent dans le ciel : $\frac{1}{2}^{\circ}$

Distance Terre – Lune : 384 400 km en moyenne

Révolution autour de la Terre : 27 jrs 7 heures 43' (égale à la période de **Rotation**)

Durée d'une lunaison : 29 jours 12h 44' (une journée sur la Lune)

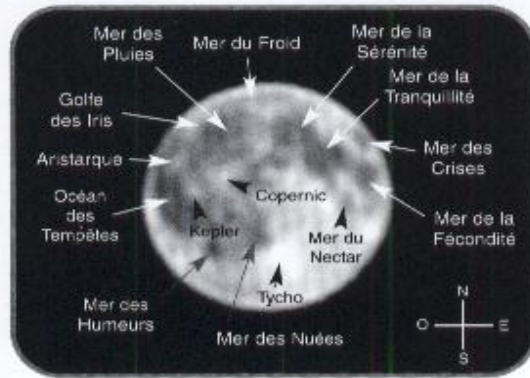
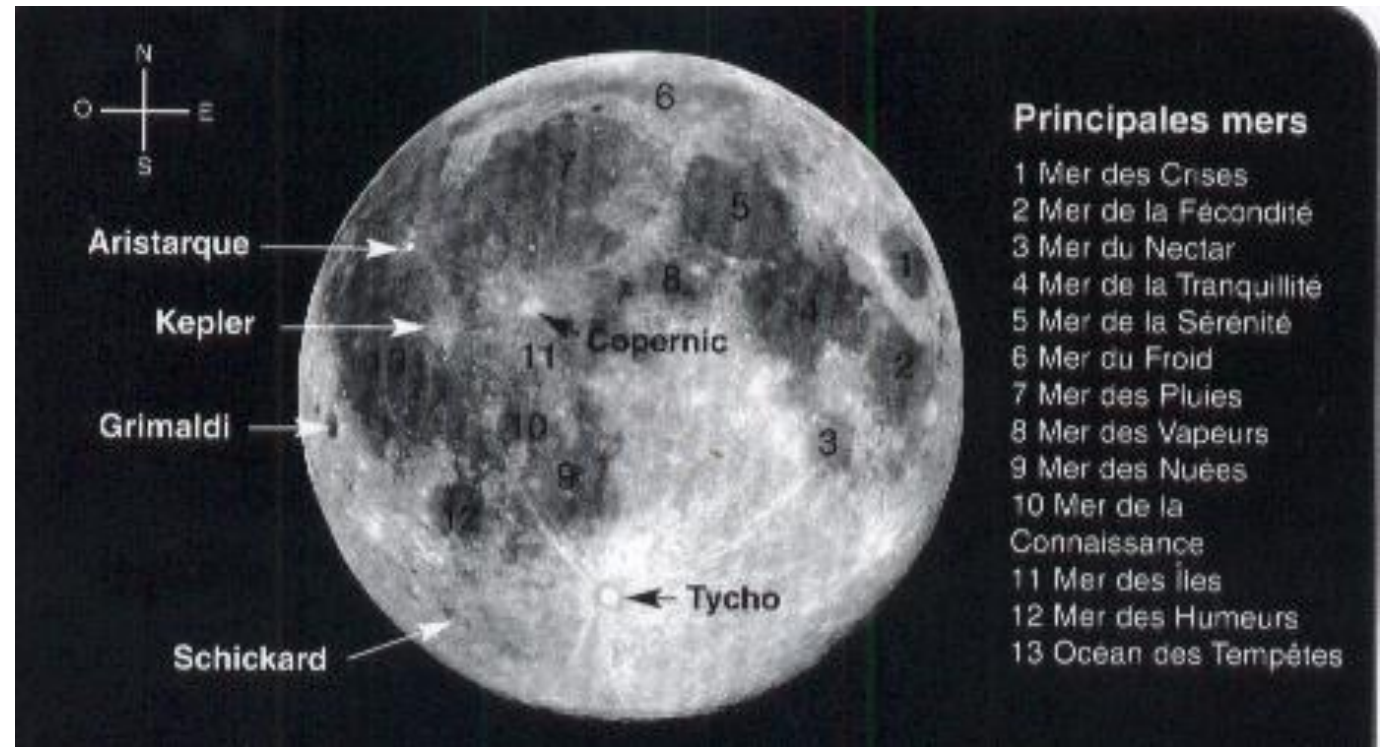


Près de l'horizon, la Lune semble plus grosse qu'au milieu du ciel. Il s'agit d'une illusion d'optique car le diamètre apparent de notre satellite ne varie pas au cours de la nuit.

Observation de la Lune

La Lune est très facile à observer et à trouver.

Elle est visible presque tout les jours matin ou soir.



Principales formations lunaires visibles à l'œil nu à la pleine lune (simulation à partir d'une photographie). Pour augmenter son contraste, on peut observer la Lune à travers un cache percé d'un petit trou de 1 à 2 mm de diamètre (sténopé).

À titre d'expérience, posez ce livre ouvert à 4 m de vous et observez la photographie de gauche les deux yeux ouverts. La taille de la Lune sur la photo correspondra alors à celle de la Lune visible dans le ciel (diamètre apparent : $1/2$ degré).

Les **éphémérides** donnent les éléments de luminosité sous nos latitudes...

- le 1er quartier est au plus haut en hiver et au printemps.

- la pleine Lune est au plus haut en automne et en hiver.

- le dernier quartier est au plus haut en été et en automne.

Observation de la Lune... suite

* A l'œil nu, on ne voit aucun détail.

* Aux jumelles de 12 x 80 : détails de 10 km au maximum.

* Avec lunettes ou télescopes : détails de quelques centaines de mètres au maximum.

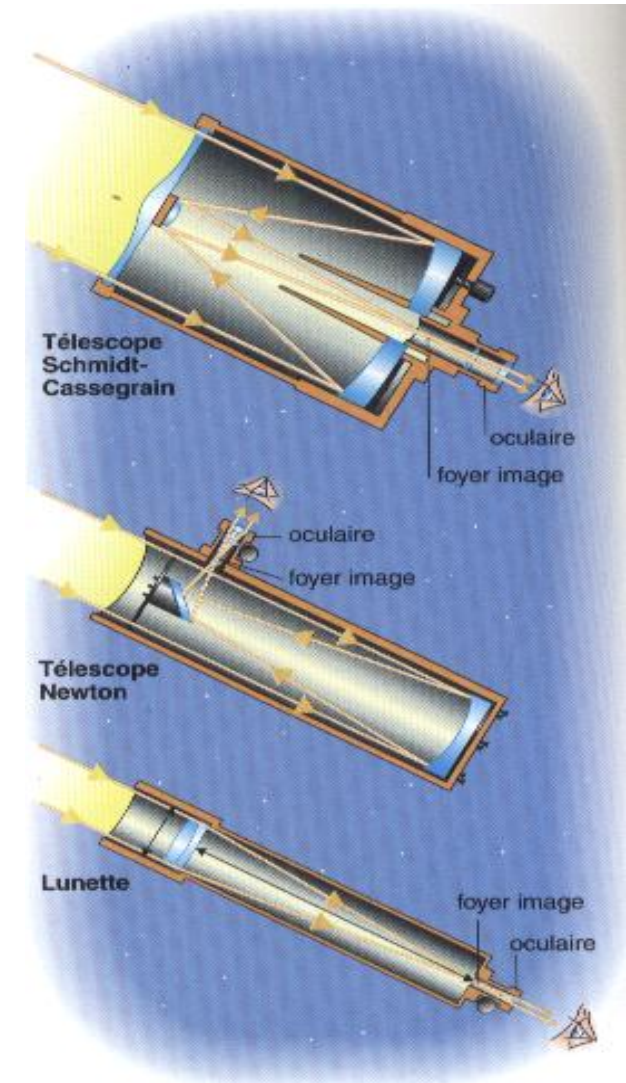
Œil nu : N
O E
S

Instrument : S
E O
N

Renvoi coudé : N
E O
S



CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES SELON L'INSTRUMENT					
Diamètre de l'objectif en mm	Grossissement pour la Lune en entier	Grossissement résolvant	Grossissement maximal pratique	Pouvoir séparateur théorique	Diamètre du plus petit objet théoriquement visible sur la Lune
50	x 30	x 50	x 100	2",4	4,8 km
60	x 40	x 60	x 120	2",0	4,0 km
70	x 50	x 70	x 140	1",7	3,4 km
80	x 60	x 80	x 160	1",5	3,0 km
90	x 70	x 90	x 180	1",3	2,6 km
100	x 80	x 100	x 200	1",2	2,4 km
120	x 80	x 120	x 240	1",0	2,0 km
150	x 80	x 150	x 300	0",8	1,6 km
180	x 80	x 180	x 300	0",7	1,4 km
200	x 80	x 200	x 400	0",6	1,2 km
250	x 80	x 250	x 400	0",5	1,0 km
300	x 80	x 300	x 400	0",4	0,8 km



Que voit-on sur la Lune...

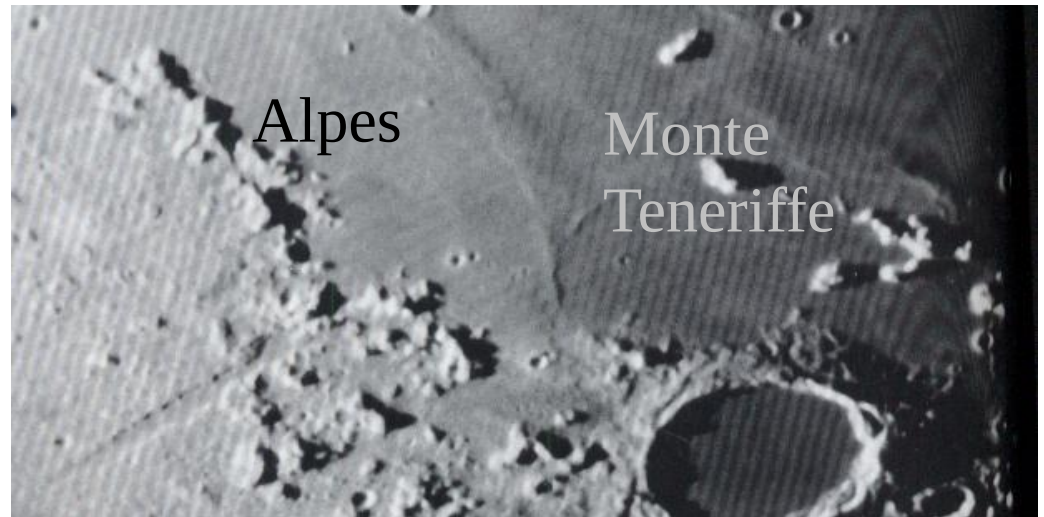
Des mers sans eau...



Des montagnes aux pentes douces...

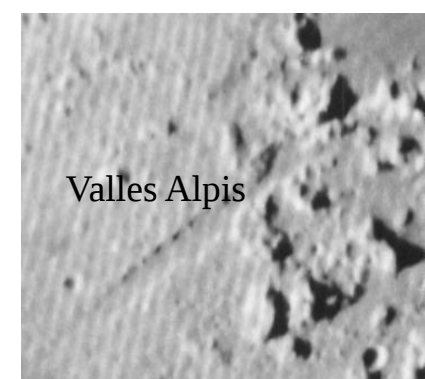
Une vingtaine ont été cataloguées (Alpes, Apennins, Carpates...), leurs pentes font de 15 à 20 % voire, exceptionnellement, 35%.

les monts isolés sont des sommets émergeant des mers de lave (ex : Monte Teneriffe, Pico...). On en compte une quinzaine.



Des vallées sans fleuves...

- Files de cratères recouvrant (Stadius)
- Fossés d'effondrement (Valles Alpis)



Des dorsales marines (rides de laves basaltiques) hautes de centaines de mètres pour des milliers de km de long. Elles sont dûes à la compression du refroidissement des laves.

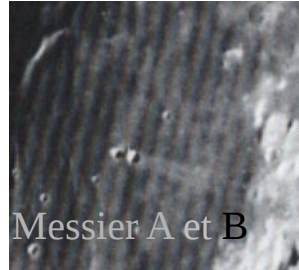


Que voit-on sur la Lune...

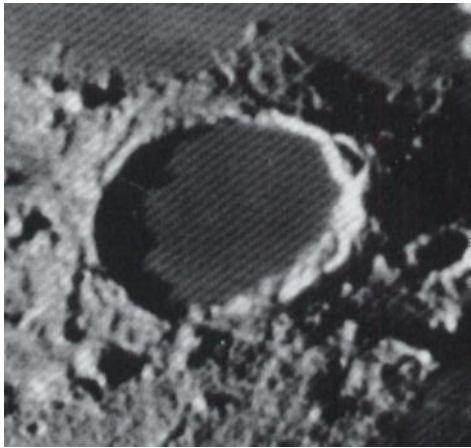
Des cratères innombrables de 300 km à quelques décimètres de diamètre...



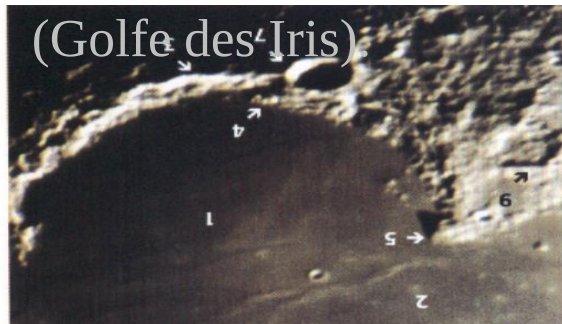
Les chaînes de cratères...



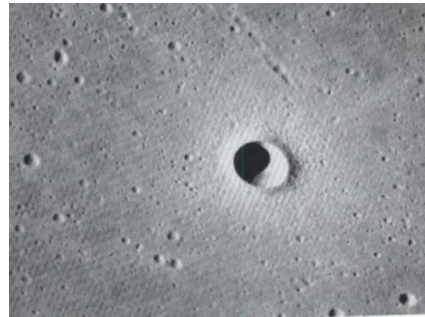
Les plaines murées (Platon).



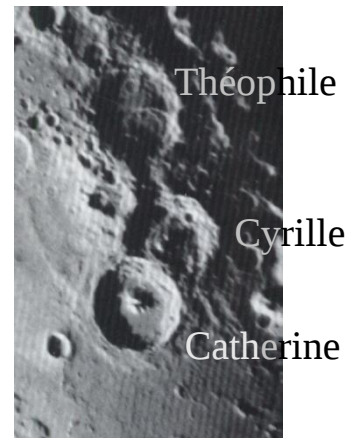
Les enceintes effondrées
(Golfe des Iris)



Les craterelets (10 à 20 km).
Ici, autour de Linné.



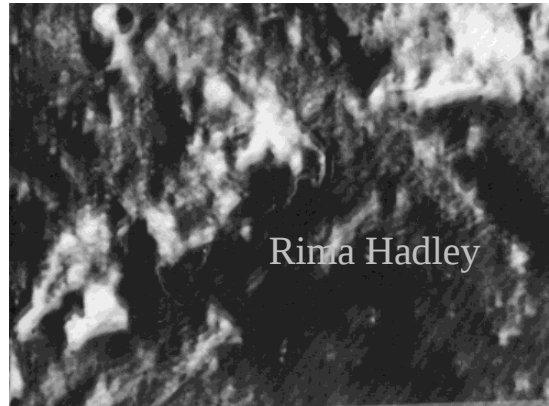
Les cratères...



Que voit-on sur la Lune...

Des rainures énigmatiques...

Ce sont des fossés sinueux et ramifiés de centaines de kms de long. Anciens tunnels de lave effondrés ou fossés d'effondrement entre deux plaques écartelées par le volcanisme pour les plus droites (Rima Hadley, Vallée de Schrötter...).



Des dômes volcaniques difficiles à observer.

Ils ressemblent à des collines rondes avec parfois un cratère au sommet. Ils font 10 km de diam. En moyenne pour une hauteur inférieure à 1.5 km.

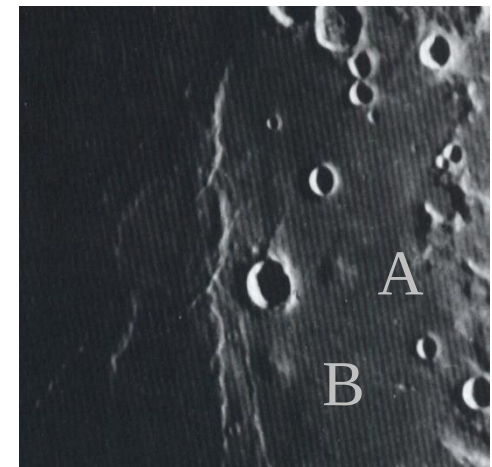
Ce sont les seuls « vrais » volcans lunaires – éteints – ou des boucliers volcaniques créés par expansion du magma (ex : Gruithuisen City).

Des escarpements spectaculaires (env. 10) :

failles tectoniques vues avec un éclairage rasant. Leur hauteur est de quelques centaines de mètres pour plus de cent km de long ! Leur pente est $< 45^\circ$.



A ; B : dômes volcaniques.



FACE VISIBLE DE LA LUNE DANS UNE LUNETTE



- 1 Langrenus
- 2 Petavius
- 3 Messier
- 4 Hercule / Atlas
- 5 Posidonius
- 6 Fracastor
- 7 Théophile / Cyrille / Catherine
- 8 Mur d'Altai
- 9 Janssen
- 10 Aristote / Eudoxe
- 11 Rainures d'Ariadaeus et d'Hyginus
- 12 Maurolycus
- 13 Alpes / Vallée des Alpes
- 14 Archimède

- 15 Appenins
- 16 Ptolémée / Alphonse / Arzachel
- 17 Tycho
- 18 Clavius
- 19 Platon
- 20 Érastothène
- 21 Mur Droit
- 22 Copernic
- 23 Boulliau
- 24 Kepler
- 25 Schiller
- 26 Aristarque / Hérodote
- 27 Grimaldi
- 28 Schickard
- 29 Bailly

- A Mer des Crises
- B Mer de la Fécondité
- C Mer de la Tranquillité
- D Mer du Nectar
- E Golfe des Aspérités
- F Mer du Froid
- G Mer de la Sérénité
- H Mer des Vapeurs
- I Mer des Pluies
- J Mer des Nuées
- K Golfe de la Rosée
- L Golfe des Iris
- M Mer de la Connaissance
- N Marais des Épidémies
- O Océan des Tempêtes
- P Mer des Humeurs

Cette carte mobile fait partie intégrante de « Découvrir la Lune », © Bordas/HER, et ne peut être vendue séparément.



- 1 Langrenus
- 2 Petavius
- 3 Messier
- 4 Hercule / Atlas
- 5 Posidonius
- 6 Fracastor
- 7 Théophile / Cyrille / Catherine
- 8 Mur d'Altai
- 9 Janssen
- 10 Aristote / Eudoxe
- 11 Rainures d'Ariadaeus et d'Hyginus
- 12 Maurolycus
- 13 Alpes / Vallée des Alpes
- 14 Archimède

- 15 Appenins
- 16 Ptolémée / Alphonse / Arzachel
- 17 Tycho
- 18 Clavius
- 19 Platon
- 20 Ératosthène
- 21 Mur Droit
- 22 Copernic
- 23 Boulliau
- 24 Kepler
- 25 Schiller
- 26 Aristarque / Hérodoté
- 27 Grimaldi
- 28 Schickard
- 29 Bailly

- A Mer des Crises
- B Mer de la Fécondité
- C Mer de la Tranquillité
- D Mer du Nectar
- E Golfe des Aspérités
- F Mer du Froid
- G Mer de la Sérénité
- H Mer des Vapeurs
- I Mer des Pluies
- J Mer des Nuées
- K Golfe de la Rosée
- L Golfe des Iris
- M Mer de la Connaissance
- N Marais des Épidémies
- O Océan des Tempêtes
- P Mer des Humeurs

Retournez cette page tête-bêche pour avoir l'image de la Lune telle qu'on la découvre avec des jumelles