



Le Lunar 100
et un peu plus.

Gérard COUTE
d'après
Charles A. WOOD
The Lunar 100

Lunar 100

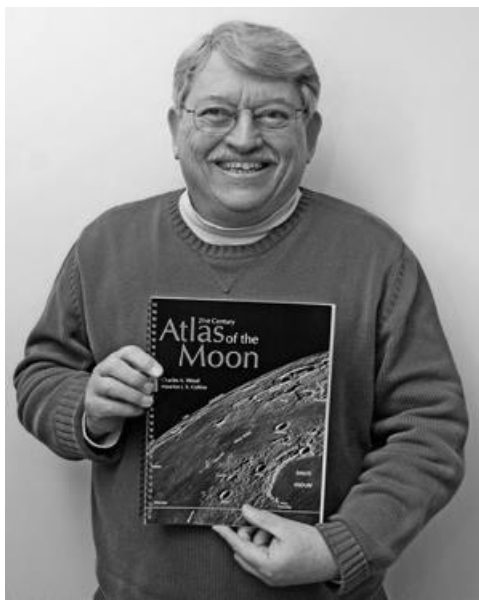
La recherche des objets de Messier est une activité commune à tous les astronomes amateurs. Le catalogue Messier est une sorte de guide à travers le ciel profond. Entre début mars et début avril, en fonction de la Lune, il est possible d'observer au cours d'une seule nuit les 110 objets. Rien de cela pour la Lune. Il existe des guides « au jour le jour » mais présentant uniquement les formations principales.

Lunar 100 est une liste établie par Charles A. Wood, publiée dans le magazine *Sky and Telescope*, qui propose une sélection de 100 sites parmi les plus intéressants.

Les objets du Lunar 100 sont, à quelques exceptions près, présentés en fonction de la difficulté croissante à les observer. Il n'est pas possible de le faire en une seule nuit ni même sur une seule lunaison. Certains sites doivent être observés sous un éclairage rasant, tandis que d'autres le seront lors de la pleine lune. D'autres, enfin, situés à proximité du limbe nécessiteront une libration favorable.

Les premiers objets répertoriés sont visibles avec des jumelles. La plupart peuvent être vus avec un télescope de 115 mm, mais quelques-uns nécessiteront un 200 voire un 300 mm.

Charles A. WOOD



Planétologue qui a collaboré avec les Smithsonian Institution, Johnson Space Center, Planetary Science Institute. Enseignant-chercheur dans plusieurs universités américaines, il a publié des centaines d'articles sur la Lune, le Soleil, Mercure, Vénus, la Terre, Mars, les astéroïdes, les comètes, les météorites et les satellites de Jupiter.

Publications :

Astronaut's Guide to Terrestrial Impact Craters, Volcanoes of North America, The Modern Moon, The Kaguya Lunar Atlas (avec Shirao), 21st Century Atlas of the Moon avec Maurice J. S. Collins.

Il a rédigé des articles consacrés à la Lune dans Sky and Telescope et, sur internet, animé pendant de nombreuses années Lunar Photo Of the Day, Chuck's Wood Moon et The Moon-Wiki.

Il est directeur du Lunar Task Group de l'International Astronomical Union Working Group for Planetary System Nomenclature.

Résumé de l'article « Lunar 100 » (*Sky and Telescope* avril 2004).

Lunar 100 permet de s'initier à l'évolution du paysage lunaire.

Mosting (L61) est le prototype des cratères simples caractérisés par une forme de bol. À mesure que leur diamètre augmente la paroi des cratères s'effondre en terrasses et il y a souvent un pic central. Copernicus (L5) présente le stade final de l'évolution d'un grand cratère avec un massif central formé de plusieurs pics.

Des débris de roches pulvérisées par l'impact peuvent être projetés sous forme de raies brillantes - Tycho (L6), Linné (L82) - ou parsemer la surface lunaire d'un essaim de petit cratères comme la zone située à l'est de Copernicus (L5).

Les plus grands cratères sont considérés comme des bassins d'impact et une partie de leurs chaînes de montagnes en forme d'arc sont tout simplement les anneaux internes ou les enceintes de ces bassins d'impacts comme Montes Apenninus (L4), Rupes Altaï (L7) et Montes Leibniz (L96).

Les contraintes énormes générées par les impacts ont formé des failles radiales et de chaînes de cratères secondaires comme Vallis Alpes (L19) et Vallis Rheita (L58).

De nombreux cratères recouvrent et détruisent une partie d'ancien cratère, par exemple les cratères ruinés Boscovich et Jules César (L63) ainsi que l'ensemble J. Herschel, Babbage et W. Bond (L76).

La formation des bassins d'impacts a fracturé la roche sous-jacente ce qui a permis au magma de s'échapper et de les remplir. Le poids des laves au centre du bassin a entraîné une inclinaison des bordures formant ainsi rainures des concentriques comme celles de la région d'Hippalus (L54). Des forces ont comprimé certaines coulées de lave produisant des crêtes marines, comme la crête Serpentine (L33).

Les laves expulsées au cours de centaines de millions d'années dans certains bassins ont des compositions chimiques variées ; cela peut être observé en étudiant les différences de teintes de certaines coulées, par exemple la lave sombre au sud-est de Mare Serenitatis (L18).

La poussée du magma peut entraîner l'inclinaison et la fracturation du plancher de certains cratères comme Gassendi (L13), Posidonius (L20) et Taruntius (L31). D'autres cratères ont été totalement submergés par laves marines, comme Archimedes (L27). Certaines laves ont coulé sur une centaine de kilomètres (L98) et celles dévalant des pentes ont produit des rainures de forme sinueuse comme Rima Hadley (L66) et Rima Prinz (L86).

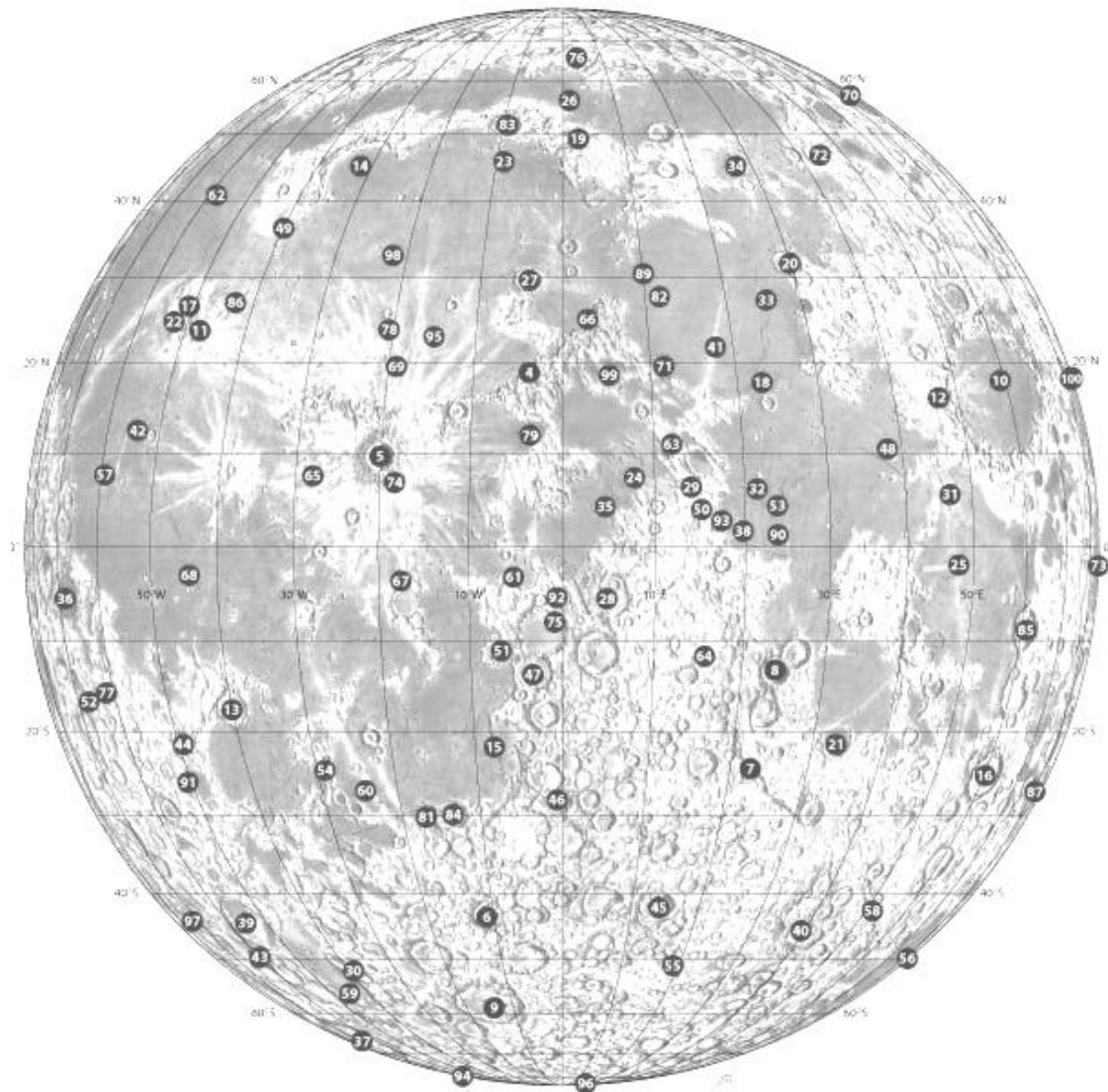
Parfois la lave n'a pu atteindre la surface et a élargi des failles existantes créant des grabens comme Rima Sirsalis (L77)

La lave s'est parfois répandue lentement sur la surface et a refroidi sans couler très loin, formant ainsi des monticules circulaires ou des dômes. Ceux-ci semblent s'être concentrés dans certaines zones, par exemple près d'Hortensius (L65), Arago (L32) et à l'ouest de Marius (L42).

Les astronautes d'Apollo 14 ont atterri dans la région de Fra Mauro (L67). Le site d'alunissage d'Apollo 15 était dans la région de Rima Hadley (L66), celui d'Apollo 16 près de Descartes (L64)

Au final, le Lunar 100 présente un large éventail de structures géologiques observées à la surface de la Lune ; beaucoup ont des équivalents sur Terre, ce qui en fait un exercice comparatif intéressant et enrichissant.

Localisation des sites Lunar 100



Les sites Lunar 100

J'ai ajouté quelques objets associés à des formations du Lunar 100 lorsque ceux-ci se trouvaient proches et présentaient un réel intérêt.

1	Lune	Un gros satellite
2	Lumière cendrée	Une double réflexion de la lumière solaire
2.1	<i>Les fins croissants</i>	<i>Pas seulement esthétiques</i>
3	Mer / continent	Deux aspects, deux compositions
4	Apennines	La bordure du Bassin Imbrium
4.1	<i>Le détroit Fresnel-Caucasus</i>	<i>Un Gibraltar lunaire</i>
5	Copernicus	L'archétype d'un cratère complexe
5.1	<i>Stadius</i>	<i>Cratère fantôme</i>
6	Tycho	Grand cratère à système rayonnant avec des roches fondues par l'impact
7	Rupes Altaï	La bordure du Bassin Nectaris
7.1	<i>Montes Pyrenaeus</i>	<i>Anneau interne du Bassin Nectaris</i>
8	Theophilus, Cyrillus, Catharina	Une séquence qui illustre des étapes de dégradation
8.1	<i>Madler</i>	<i>Des éjectas asymétriques de teintes différentes</i>
9	Clavius	Ce n'est pas un bassin malgré sa taille
10	Mare Crisium	Mer dans un large bassin circulaire
10.1	<i>L'albatros</i>	<i>Il plane au large de la cote ouest de Mare Crisium</i>
11	Aristarchus	Cratère très brillant avec des bandes sombres sur les remparts
12	Proclus	Cratère à auréole issu d'un impact oblique
13	Gassendi	Cratère à fond fracturé
14	Sinus Iridum	Très grand cratère auquel il manque une partie de l'enceinte.
15	Mur Droit	Le prototype d'une faille lunaire
15.1	<i>Deslandres</i>	<i>Un géant oublié</i>
16	Petavius	Cratère à fond bombé et sol fracturé
17	Vallée de Schröter	Très longue fissure sinueuse
18	Mare Serenitatis (bordure sombres)	Zones marines de différentes compositions
18.1	<i>Même phénomène sur Imbrium</i>	
19	Vallée des Alpes	Graben lunaire
20	Posidonius	Cratère à fond fracture
21	Fracastorius	Cratère à plancher surélevé et fracturé
22	Plateau d'Aristarchus	Région surélevée du manteau avec des zones pyroclastiques.
22.1	<i>Montes Agricola</i>	
23	Pico	Un fragment isolé du rempart du Bassin Imbrium
23.1	<i>Pico and C^o: sommets d'un anneau englouti</i>	
24	Rainure Hyginus	Rainure composée de cratères puits
24.1	<i>Zone pyroclastique de Vaporum.</i>	<i>Sculptures d'Imbrium sous des cendres volcaniques</i>
25	Messier et Messier A	Double cratère issu d'un ricoché oblique
26	Mare Frigoris	Mer en forme d'arc, d'origine mal définie

27	Archimedes	Grand cratère sans pic central
27.1	<i>Le Banc des Apennins</i>	<i>Une formation énigmatique</i>
28	Hipparchus	Le premier cratère à être dessiné.
28.1	<i>Ptolemaeus, Alphonsus, Arzachel</i>	<i>Sur le chemin de la grotte de glace</i>
29	Rima Ariadaeus	Long graben linéaire
30	Schiller	Possible impact oblique
31	Taruntius	Jeune cratère à fond fracturé
32	Arago Alpha and Beta	Dômes volcaniques
33	Crête Serpentine	Eléments de l'anneau intérieur d'un bassin
34	Lacus Mortis	Cratère particulier avec des rainures et des crêtes marines
35	Rima Triesnecker	Groupe de rainures et crêtes
36	Bassin Grimaldi	Petit bassin avec deux anneaux
37	Bailly	Bassin à peine visible
38	Sabine et Ritter	Possible impact simultané
39	Schickard	Cratère dont le sol présente des bandes d'éjectas du Bassin Orientale
39.1	<i>Les grandes chaînes de l'est et de l'ouest</i>	
39.2	<i>Rumker, plateau d'Aristarque, collines de Marius, un alignement particulier</i>	
40	Rima Janssen	Exemple très rare d'une rainure continentale
40.1	<i>Fabricius : de curieuses terrasses</i>	
41	Raie de Bessel	Raie brillante d'origine incertaine
42	Collines de Marius	Complexe de collines et dômes volcaniques
43	Wargentín	Cratère totalement rempli de lave ou d'éjecta
44	Mersenius	Plancher bombé parsemé de cratères secondaires
45	Maurolycus	Région saturée de cratères
46	Pic central de Regiomontanus	Pic pouvant être d'origine volcanique
47	Points sombres d'Alphonsus	Zones sombres d'origine volcanique sur le plancher
48	Zone de Cauchy	Zone de failles, rainures et dômes.
49	Gruithuisen Delta et Gamma	Dômes volcaniques formés par des laves visqueuses
49.1	<i>Le casque, la pointe de flèche et Darney Chi</i>	
50	Plaine de Cayley	Plaine plate et claire d'origine incertaine
51	Davy	Chaîne de cratères résultant de l'impact d'une comète fracturée
52	Crüger	Possible caldeira volcanique
53	Lamont	Possible bassin recouvert par les laves
54	Rima Hippalus	Rainures concentriques par rapport au Bassin Humorum
55	Baco	Cratère à plancher lisse particulier
56	Mare Australe	Ancien bassin d'impact partiellement comblé
57	Reiner Gamma	Forme tourbillonnaire claire associée à une anomalie magnétique
58	Vallis Rheita	Chaîne de cratères secondaires
59	Bassin Schiller-Zucchius	Bassin fortement dégradé
60	Kies Pi	Dôme volcanique
61	Mosting A	Cratère simple proche du centre de la face visible
62	Mons Rümker	Grand dôme volcanique
63	Sculpture d'Imbrium	Découpes provoquées par les éjectas d'Imbrium dans les zones de Bosovich et Julius Caesar
64	Descartes	Zone d'alunissage d'Apollo 16 ; possible zone de volcanisme continental

65	Dômes d'Hortensius	Zone de dômes au nord d'Hortensius
66	Rima Hadley	Chenal de lave près de la zone d'alunissage d'Apollo 15
67	Fra Mauro	Zone d'alunissage d'Apollo 14 composée par les éjectas d'Imbrium
68	Flamsteed P	Considéré comme un cratère récent d'origine volcanique. Zone d'alunissage de Surveyor 1
69	Secondaires de Copernicus	Raies brillantes et craterlets près de Pythéas
70	Bassin Humboldtianum	Bassin d'impact à anneaux multiples
71	Zone sombre de Sulpicius Gallus	Eruption de cendres au nord-ouest du cratère
72	Cratères à halo sombre d'Atlas	Puits éruptifs sur le plancher d'Atlas
73	Bassin Smythii	Bordures et mer difficiles à observer
74	Copernicus H	Cratère d'impact à halo sombre
75	Ptolemaeus B	Dépression en forme de soucoupe sur le plancher de Ptolemaeus
76	W. Bond	Grand cratère dégradé par les éjectas d'Imbrium
77	Rima Sirsalis	Rainures radiales au bassin
78	Lambert R	Cratère fantôme recouvert
79	Sinus Aestuum	Dépôt sombre d'origine volcanique
80	Bassin Orientale	Le plus jeune des bassins d'impacts
81	Hesiodus A	Cratère concentrique
82	Linné	Petit cratère que certains ont cru voir disparaître
83	Craterlets de Plato	Craterlets à la limite de la perception
84	Pitatus	Cratère à rainures concentriques
85	Raies de Langrenus	Ancien système de raies
86	Rima Prinz	Système de rainure proche de ce cratère
87	Humboldt	Cratère avec pic central et zones sombres
88	Peary	Cratère de la zone polaire nord difficile à voir
89	Dômes de Valentine	Dômes Volcaniques
90	Armstrong, Aldrin and Collins	Petits cratères proches du site d'Apollo 11
91	Rima De Gasparis	Zone présentant de nombreuses rainures
92	Vallis Gylden	Partie des sculptures radiales d'Imbrium
93	Dionysius	Cratère à raies sombres inhabituelles
94	Drygalski	Grand cratère du pôle sud
95	Bassin Procellarum	Le plus grand, mais hypothétique, bassin de la Lune
96	Montes Leibnitz	Bordure du Bassin South Pole-Aitken
97	Vallis Inghirami	Vallée créée par les éjectas d'Orientale
98	Coulées de lave d'Imbrium	Teintes différentes marquant les limites des coulées
99	Ina	Caldeira récente en forme de D d'origine volcanique
100	Tourbillons de Mare Marginis	Possibles dépôts résultant d'un champ magnétique

Sauf mention contraire, les images sont de Gérard COUTE

Repères chronologiques

Les ères géologiques lunaires

L'échelle des temps géologiques lunaires est l'équivalent sur la Lune de l'échelle des temps géologiques terrestres. Elle est divisée, depuis sa formation, en 6 périodes principales : Pré-Nectarien, Nectarien, Imbrien inférieur et supérieur, Eratosthénien, Copernicien. Les âges sont exprimés en milliard d'années et sont des valeurs moyennes.

Correspondance terrestre

Hadéen : 4,54 à 3,80 milliards d'années. Il recouvre le Pré-Nectarien et le Nectarien.

Il commence avec la formation de la Terre et se termine au moment de l'apparition de la vie.

Archéen : 3,80 à 2,50 milliards d'années. Il correspond à l'Imbrien et une partie de l'Eratosthénien

Paléoprotérozoïque : 2,50 à 1,60 milliards d'années. Il correspond à l'Eratosthénien.

Il se caractérise par la production d'oxygène par des cyanobactéries.

Mésoprotérozoïque : 1,60 à 1 milliard d'années. Il correspond à la deuxième partie de l'Eratosthénien. Formation du premier supercontinent terrestre Rodinia. Apparition de la reproduction sexuée, des premiers Acritarches (microfossiles) et des premiers eucaryotes (cellules à noyau) modernes.

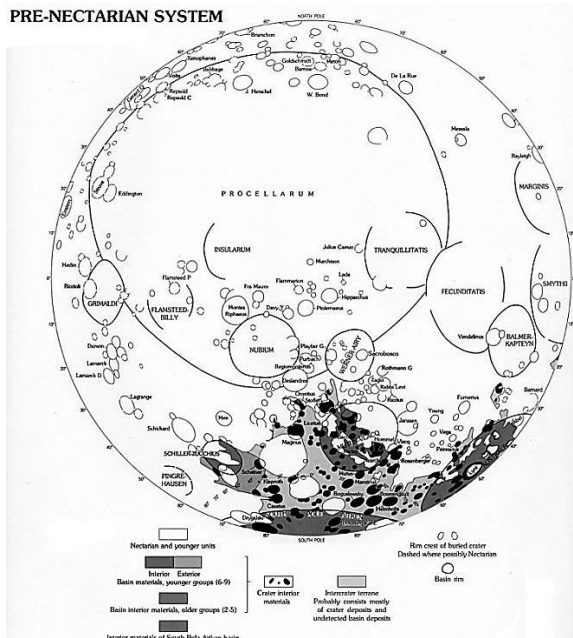
Néoprotérozoïque : 1 milliard à 542 millions d'années. Il couvre l'ensemble du Copernicien. Paléozoïque (Cambrien au Permien 542 à 252), Mésozoïque (252 à 65) Cénozoïque (65 à nos jours).

Les cartes du *Space Exploration Resources d'Arizona State University*

Les zones sombres sont celles encore visibles de nos jours. Datation d'après *The Geologic Time Scale*

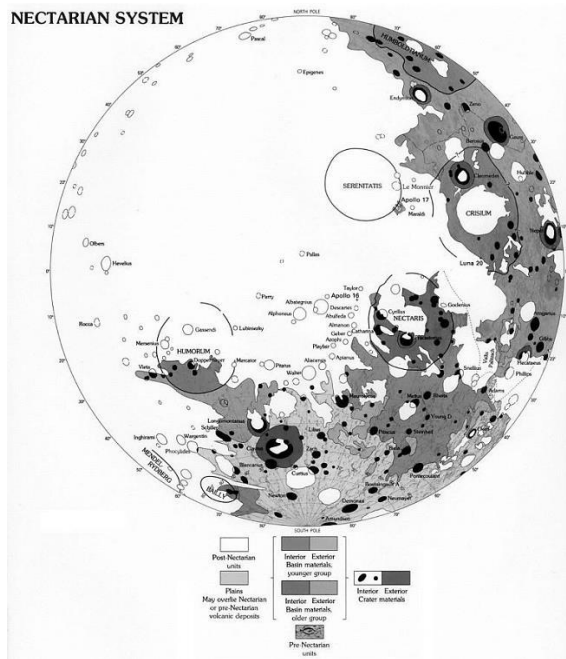
Pré-Nectarien 4,53 à 3,92 milliards d'années

PRE-NECTARIAN SYSTEM



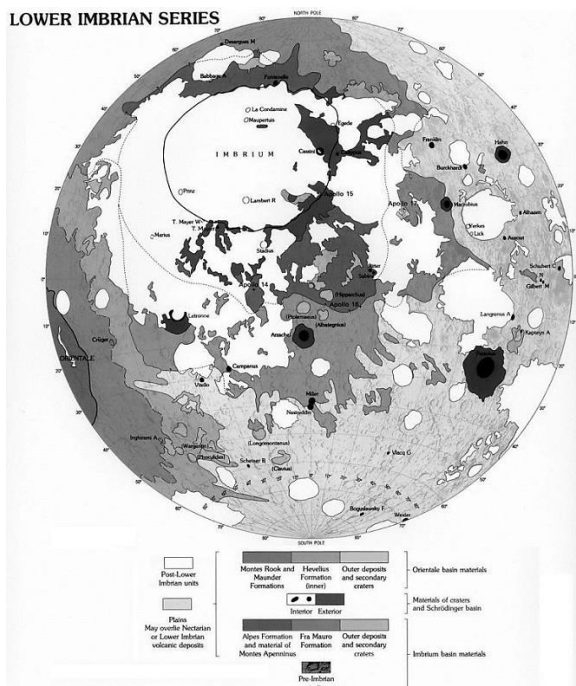
Il commence vers 4,53 milliards d'années, lorsque la croûte lunaire est définitivement formée. Il s'achève avec la formation du Bassin Nectaris (3,92). Quinze bassins sont formés au cours de cette ère dont quatre importants : Pôle Sud-Aitken, le plus ancien mais sur la face cachée, Fecunditatis, Tranquillitatis, Procellarum (si toutefois il s'agit d'un bassin d'impact). Au cours de cette période se produit un intense bombardement par des météorites de quelques mètres à plusieurs dizaines de kilomètres. Les cratères formés alors sont détruits au fur et à mesure. Seuls les plus importants subsistent comme Hipparchus, Maginus, Jansen, Deslandres, Ptolemaeus, Grimaldi. Un volcanisme est déjà présent, comme le prouve des inclusions de basalte dans des brèches.

Nectarien 3,92 à 3,85 milliards d'années



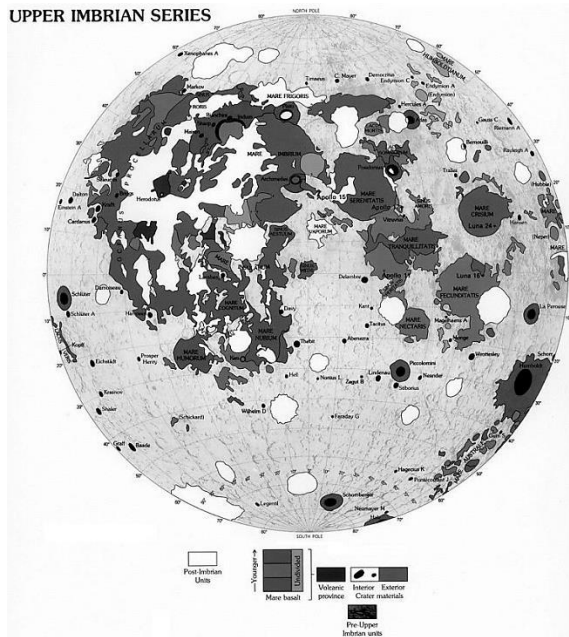
Il débute avec la formation du Bassin Nectaris (3,92) et s'achève avec le Bassin Imbrium (3,85). C'est la période du Grand Bombardement Tardif. Douze bassins à plusieurs anneaux sont reconnus dans la période Nectarienne y compris les bassins Serenitatis, Humorum et Crisium. L'estimation de l'âge de Nectaris varie actuellement entre 4,10 et 3,92 milliards d'années. Les cratères nectariniens ont des remparts bien visibles mais très érodés : Bailly, Clavius, Gauss, Longomontanus, Maurolycus, Fracastorius, Cleomedes...

Imbrien inférieur 3,85 à 3,75 milliards d'années



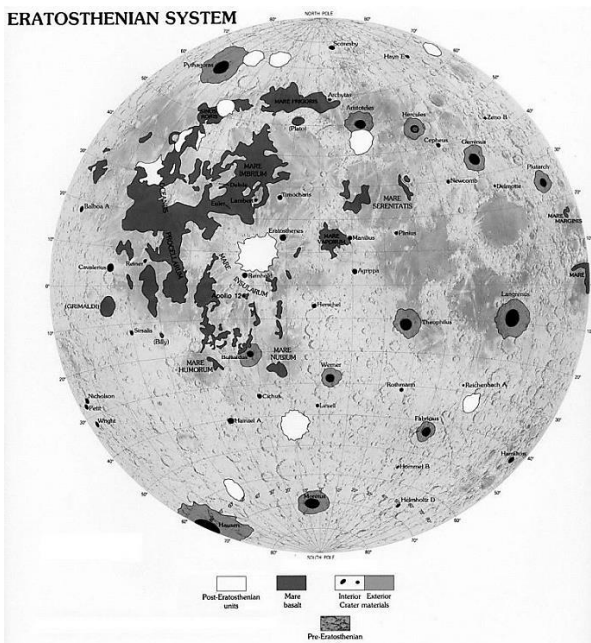
L'Imbrien inférieur commence avec la formation du Bassin Imbrium (3,85) et s'achève après seulement 100 millions d'années avec les retombées du bassin Orientale. Il correspond à la fin du Grand Bombardement Tardif. Tous les grands bassins sont en place. Les cratères imbriens sont bien visibles, avec des remparts émoussés : Petavius, Arzachel, Cassini, Plato, Posidonius, Sinus Iridum, Atlas, Archimedes...

Imbrien supérieur 3,75 à 3,20 milliards d'années



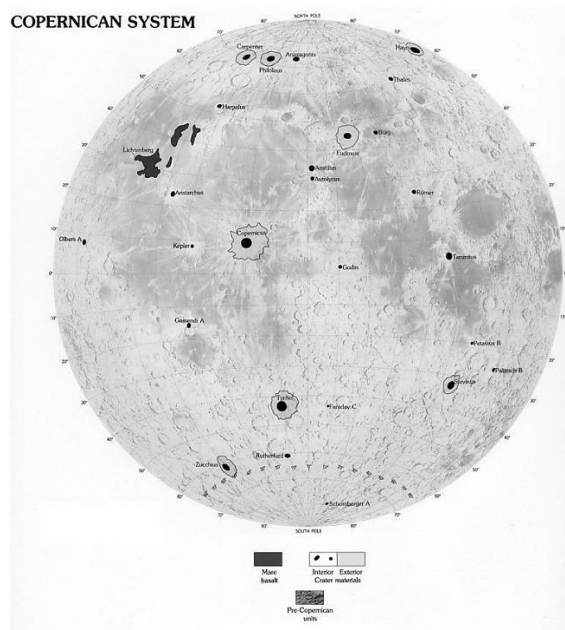
L'Imbrien supérieur commence après la formation de Mare Orientale (3,75 ou 3,72) et s'achève à 3,20. Les impacts survenus pendant l'Imbrien inférieur ont rendu la croûte lunaire moins épaisse ce qui a permis au manteau supérieur partiellement fondu de remonter du fait d'une pression plus faible et de se répandre dans les anciens bassins d'impact. C'est au cours de cette période que le manteau a généré les deux tiers des basaltes qui forment les mers lunaires. Les cratères situés près du littoral des mers sont soit envahis (Sinus Iridum), soit remplis de lave marine par leur base. (Plato)

Eratosthénien 3,20 à 1,10



Il commence vers 3,20 milliards d'années et s'achève il y a 1,10 milliard d'années. La fin de cette période correspond à celle où, sur les mers, les matériaux brillants arrachés par les impacts deviennent foncés sous l'influence de l'érosion spatiale. Ce phénomène nécessite donc environ 1 milliard d'années. Les cratères ératosthénien ont une apparence jeune mais ne présentent pas de système rayonnant : Langrenus, Pythagoras, Theophilus...

Copernicien 3,10 à nos jours



C'est la période géologique la plus récente de la Lune. Malgré son nom, le début du Copernicien ne correspond pas à la formation du cratère Copernicus. L'âge de début de cette période n'est pas précis, mais on retient généralement la date de 1,10 milliard d'années. La présence de systèmes rayonnants brillants est la caractéristique qui permet de dater un cratère situé sur une mer comme appartenant au Copernicien. Une trentaine de cratères de plus de 30 km datent de cette période.

Les cratères coperniciens sont jeunes, avec système rayonnant : Copernicus, Tycho, Kepler, Aristarchus, Proclus...

Lunar 100 et +

1 La Lune : un gros satellite



Rayon équatorial : 1 737,4 km
Rayon polaire : 1 735,97 km
Périmètre équatorial : 10 921 km

Distance moyenne à la Terre : 384 399 km
Apogée 406 700 km
Périgée 356 400 km

Période de révolution 27,321582 j
Période synodique 29,530852 j
Vitesse orbitale : 1,022 km/s

Masse : $7,3477 \times 10^{22}$ kg (0,0123 Terre)
Masse volumique : $3,3464 \times 10^3$ kg/m³
Gravité : 0,1654 g
Vitesse de libération : 2,38 km/s

Température de surface : +123°C, -77°, -233°

Inclinaison de l'orbite sur l'écliptique : 5,545°
Inclinaison de l'axe sur l'orbite : 6,687°

C'est le deuxième objet le plus brillant dans le ciel après le Soleil.

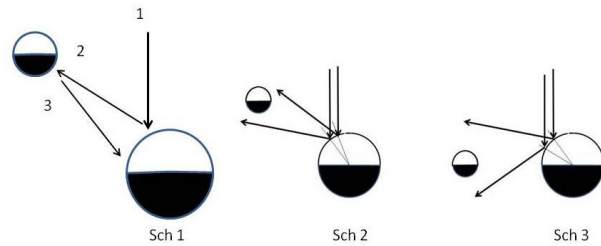
La Lune est le seul satellite naturel de la Terre. Excepté Mercure et Vénus, de nombreuses planètes ont des satellites, surtout les grandes planètes gazeuses qui en comptent plusieurs dizaines.

Le rapport des diamètres équatoriaux Lune / Terre = 0,27 est beaucoup plus élevé que celui de satellites de taille comparable à la Lune par rapport à leur planète (0,03 à 0,05).

Nous ne disposons pas d'information concernant l'existence de satellites autour de planètes naines transneptuniennes hormis Pluton. Ceci pose le problème de l'origine de la Lune ; la théorie admise est celle de la collision, proposée pour la première fois en 1946 par Reginald Aldworth Daly, reprise en 1974 et, pour l'instant, acceptée par la majorité des planétologues :

- Un astéroïde différencié de la taille de Mars heurte la Terre.
- Le noyau de fer de l'objet pénètre le manteau terrestre.
- Une très importante quantité de matériaux silicatés est éjectée dans l'espace.
- Une fraction de ces matériaux est capturée en orbite terrestre. Un disque d'accrétion se forme et les fragments voisins s'agglomèrent formant un noyau d'accrétion. En peu de temps (on a parlé de quelques années seulement), l'ensemble des fragments disponibles se sont regroupés ; la Lune est formée.

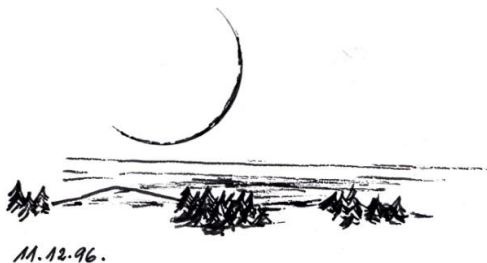
2 Lumière cendrée : une double réflexion de la lumière solaire



Quelques jours avant la nouvelle lune (le matin) ou après (le soir), la Lune se présente sous la forme d'un croissant lumineux mais la partie restée dans l'ombre est faiblement visible, d'un gris légèrement bleuté. On peut distinguer des nuances au sein de ce gris, nuances qui apparaissent immédiatement lorsqu'on utilise de simples jumelles. Certains reliefs ou cratères importants sont identifiables. Si, bien que situés dans l'ombre, ces paysages apparaissent, c'est qu'ils sont faiblement éclairés. Les astronomes appellent ce phénomène, très esthétique, la « lumière cendrée ». Expliquée pour la première fois par Léonard de Vinci, elle correspond à la portion de lumière du Soleil réfléchi par la Terre et que nous renvoie la Lune.

Des recherches sont en cours pour déceler dans la lumière cendrée des radiations correspondant à la chlorophylle ; cette méthode pourrait être utilisée pour détecter la présence de végétation sur des exo planètes.

2.1 Les fins croissants : pas seulement esthétiques

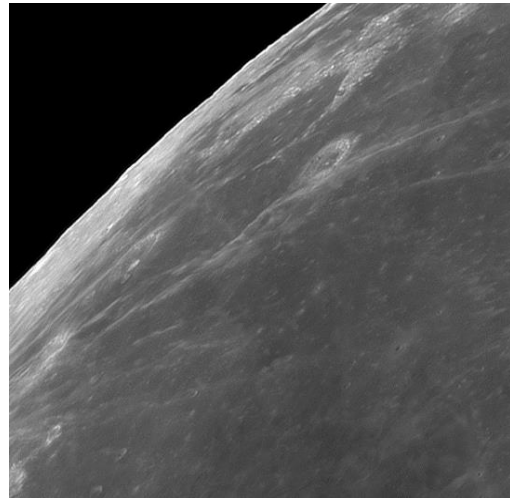
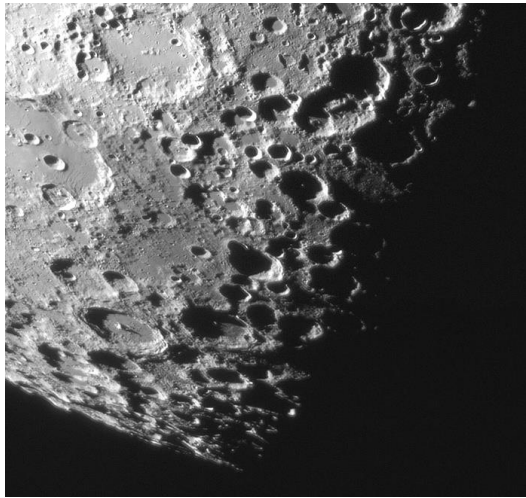


Ce phénomène se déroule au tout début ou en toute fin de lunaison, alors que la Lune est seulement âgée de quelques heures à une journée. Plusieurs facteurs doivent être réunis :

- proximité du passage de la Lune au périgée : Lune plus grosse, plus lumineuse et s'écartant rapidement du Soleil.
- séparation angulaire avec le Soleil supérieure à 7° . En dessous de cette valeur la luminosité du fond du ciel est trop forte.
- forte latitude de la Lune au nord de l'écliptique
- inclinaison maximale de l'écliptique par rapport à l'horizon. Ces deux conditions rallongent la durée entre le coucher du Soleil et celui de la Lune.

Les meilleures périodes pour observer les fins croissants sont le printemps pour les croissants du matin et l'automne pour les croissants du soir.

3 Mer / continent : deux aspects, deux compositions



En première approche la face visible depuis la Terre présente une symétrie diagonale. A droite des zones à dominante claire, à gauche des zones à dominante foncée.

Par analogie avec ce qui existait sur Terre, les astronomes ont dénommé les zones claires « continents » ou « hautes terres » et les zones sombres « mers ».

Globalement la Lune est plus continentale (83 %) que marine (17 %)

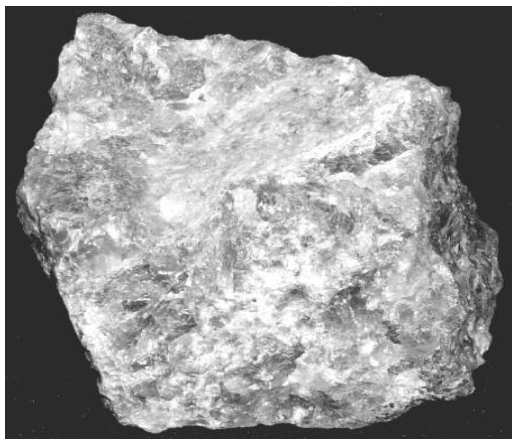
Les mers sont concentrées sur la face visible :

- superficie globale des mers lunaires sur la face visible : 31,2 %
- superficie globale des mers lunaires sur la face cachée : 2,6 %

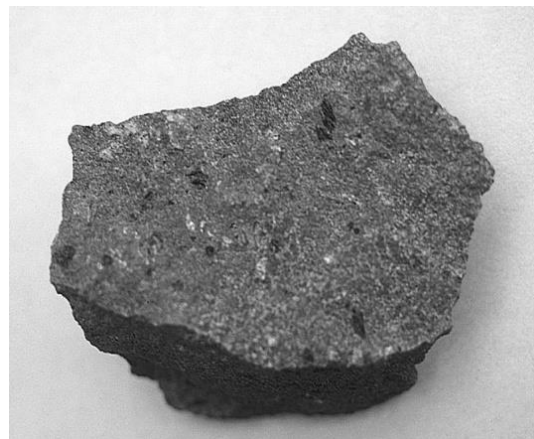
La surface des continents est constellée de cratères dont l'origine essentiellement météoritique n'a été prouvée que dans les années 1960 par Kuiper et Hurey, suite aux travaux de Baldwin en 1949.

La composition des continents et des mers est totalement différente :

- continents : anorthosite, roche plutôt claire, à texture grenue, composée de 80 à 90 % de feldspaths plagioclases (andésine, labrador, bytownite) et d'un peu de minéraux sombres, pyroxène (augite, hypersthène), hornblende, biotite, parfois grenat, spinelle et corindon. Une autre roche est très présente, la norite, composée de feldspaths plagioclases clairs et d'hypersthène (groupe des pyroxènes) et d'olivine plutôt foncés.
- mers : basalte, roche sombre provenant du manteau.

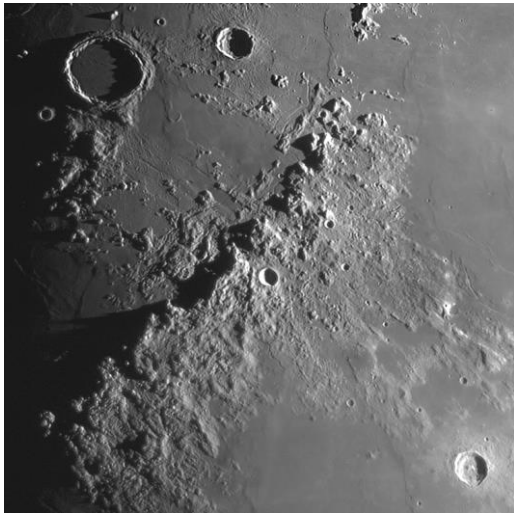


Anorthosite



Basalte

4 Montes Apenninus : la bordure du Bassin Imbrium



Considérés comme la chaîne de montagne la plus spectaculaire de la Lune, Montes Apenninus s'étendent sur près de 700 km avec des sommets comme Mons Hadley, Huygens, Ampère, Wolff qui culminent entre 3 600 et 5 500 m.

Ils sont datés à 3,85 milliards d'années et ont pour origine l'impact qui a créé le Bassin Imbrium. Ils constituent le rempart sud-est du Bassin. Les autres sections visibles sont Carpatius au sud, Caucasus et Alpes à l'est, Jura au nord.

Montes Apenninus ont une largeur moyenne 300 km et descendent en pente douce vers l'est, en direction de Mare Vaporum.

Le pied et les flancs sont parcourus par des vallées complexes comme rima Hadley, Vladimir, Conon, Bradley, Fresnel.

Ils sont particulièrement bien visibles autour du premier et dernier quartier.

4.1 Le détroit Fresnel - Caucasus : un Gibraltar lunaire



Il serait dommage de quitter Montes Apenninus sans s'attarder un instant sur la partie nord du massif, Promontorium Fresnel (28,8 N 4,3 E) qui fait face à Montes Caucasus. Cela doit beaucoup ressembler au détroit de Gibraltar, Méditerranée en moins.

Le détroit s'étend entre deux sommets à l'extrémité de chaque massif, 1 800 m au nord et 2 370 m au sud. Il fait 70 km de large et sa surface est relativement plate. Une coupe perpendiculaire au détroit montre que Mare Serenitatis s'élève très faiblement d'est en ouest de 320 m en 100 km (0,3%).

A environ 60 km à l'est de l'isthme un accident de terrain de 120 m correspond à une ride marine large d'environ 3,5 km qui s'étend entre deux crêtes parallèles distantes de 66 km. A l'ouest, Autolycus (39 km) est semblable à un fortin qui défendrait l'accès du détroit.

5 Copernicus : l'archétype d'un cratère complexe



9,6 N 20,1 O

Avec sa position de solitaire près du centre de la face visible, la fraîcheur de ses remparts, l'extension de son système rayonnant, c'est, sans conteste, l'un des cratères les plus spectaculaire de la Lune.

De forme pratiquement circulaire, son diamètre varie de 85 à 87 km pour une profondeur de 3 500 m. Toutefois une observation attentive montre une forme plutôt hexagonale.

Cinq niveaux de terrasses sont visibles mais on peut en compter jusqu'à sept, étagés sur 15 km. Les pentes sont très fortes, 50% pour la terrasse supérieure (1 500 m en 3 km). Pour la partie inférieure, la pente est plus modeste (1 200 m en 6 km).

Le massif central est composé de cinq montagnes de 1 100 m d'altitude. L'arène est blocailleuse; des étangs lisses de roches fondues par impact sont présents, surtout dans la moitié nord.

La zone alentour est très intéressante : raies brillantes, éjectas, cratères secondaires, cratères à halo sombres...

La présence de raies brillantes permet de dater Copernicus à moins de 1,1 milliard d'année, durée nécessaire pour que le système rayonnant disparaissent sous l'effet de la météo spatiale (micro météorites, vents solaires). Plus précisément, Copernicus est daté à 800 millions d'années et sert de référence pour la plus récente ère géologique de la Lune, le Copernicien (1,1 milliard d'années à nos jours)

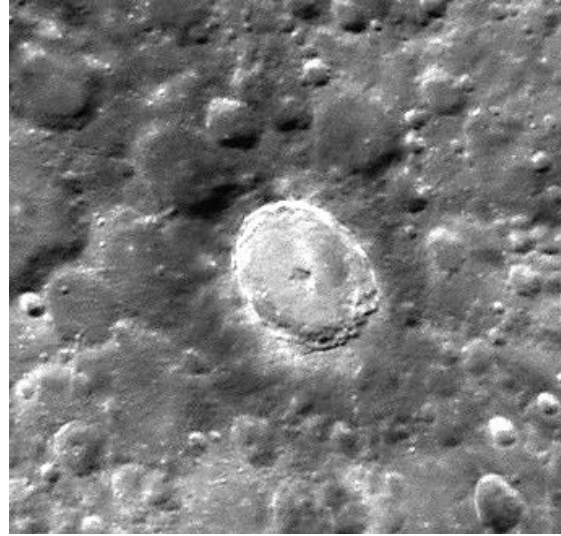
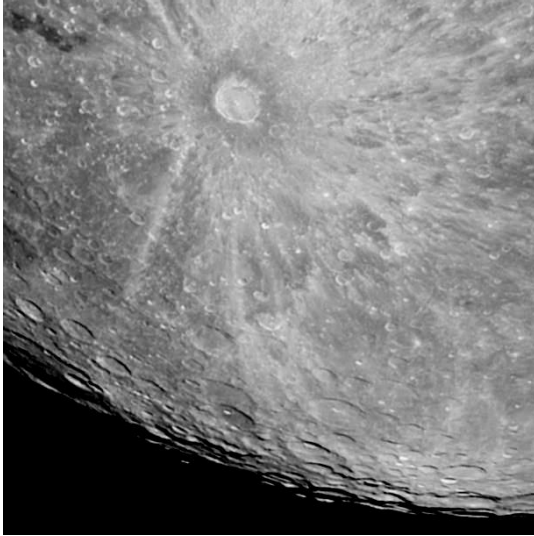
5.1 Stadius : cratère fantôme



10,5 N 13,8 O.

A l'est de Copernicus et au sud d'Eratosthenes, Stadius est un cratère fantôme de 70 km seulement visible lorsque le terminateur le parcourt. Son arène est criblée par les impacts de cratères secondaires de Copernicus. Une chaîne de plus de quarante secondaires est bien visible au nord-ouest de Stadius.

6 Tycho : grand cratère à système rayonnant avec des roches fondues par l'impact



43,3 S 11,3 O.

Tycho est un cratère de 85 km de diamètre, 4 600 m de profondeur avec un pic central de 2 000 m au-dessus de l'arène situé sur les hautes terres du sud (relevé LRO). C'est certainement l'un des plus récents cratères importants formés sur la Lune.

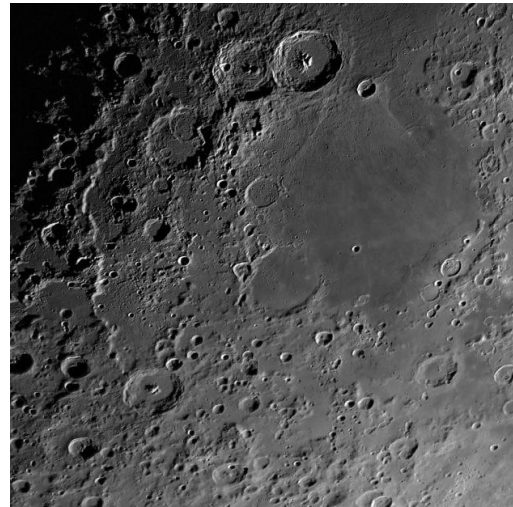
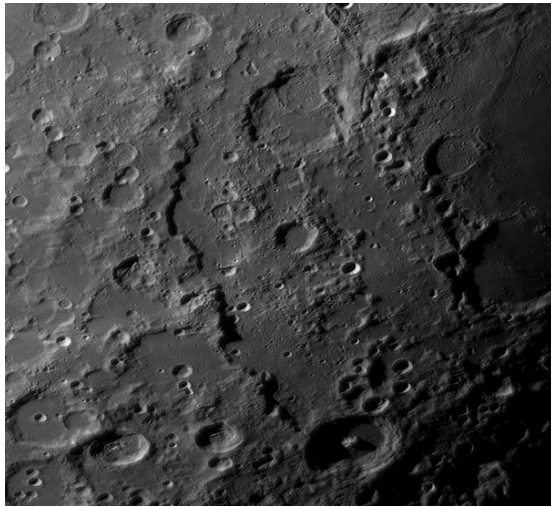
Il est daté à 109 millions d'années (échantillons Apollo 17) parfois à seulement 80 millions. Son environnement est constitué d'une multitude de cratères anciens se chevauchant. Certains petits cratères sont des cratères secondaires formés par l'éjection et l'impact d'énormes blocs de roches arrachés lors de la formation de Tycho. Sa forme circulaire et la fraîcheur de ses remparts méritent une observation attentive ; toutefois d'autres cratères sont tout aussi spectaculaires (Copernicus, Moretus, Kepler, Aristarchus, Proclus, Anaxagoras par exemple). Ce qui fait la spécificité de Tycho, c'est son système rayonnant. Bien visibles lors de la pleine lune, ses raies brillantes s'étendent sur 1 400 km vers le nord-est en direction de Mare Nectaris et 800 km vers Kies, König, Bullialdus au sud-ouest de Mare Nubium. Une particularité : deux des raies, parallèles et orientées vers le sud-ouest, ne sont pas centrées sur le cratère, mais sont tangentés.

Tycho présente une auréole sombre constituée par les retombées de roches fondues par impact (image de droite). Elle s'étend jusqu'à 110 km du centre du cratère.

Des images à haute résolution de LRO montrent de véritables fleuves de roches fondues, long de plusieurs kilomètres, dévalant les pentes du pic central.

Le système rayonnant de Tycho est asymétrique, les raies forment un large éventail moins dense dans la zone sud-ouest / nord-ouest. Ce phénomène est encore plus visible pour le cratère Proclus, près de Mare Crisium. C'est le témoignage d'un impact oblique sous un angle inférieur à 45°.

7 Rupes Altaï : la bordure du Bassin Nectaris



Rupes Altaï est une falaise de 247 km de longueur et de hauteur variable pouvant atteindre 1 000 m. C'est un segment de la bordure ouest du bassin d'impact Nectaris, (image de droite) formation issue d'un impact géant il y a 3,85 milliards d'années.

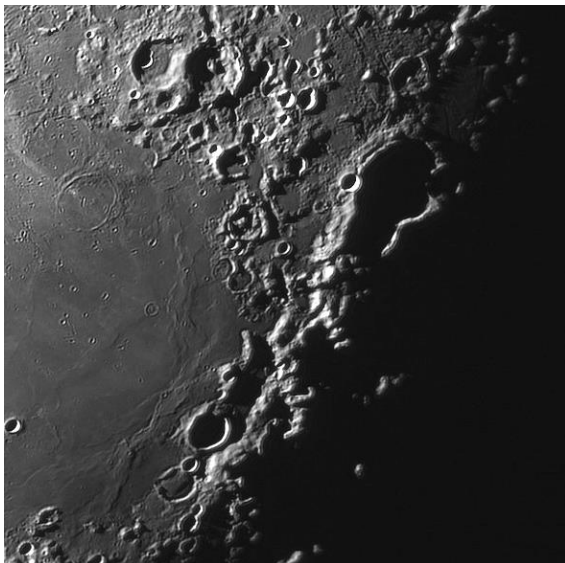
Le Bassin Nectaris a un diamètre de 860 km de diamètre à l'intérieur duquel on peut repérer trois anneaux :

- à l'extérieur, l'anneau Altaï,
- le plus interne est l'anneau Pyrenaeus, de 400 km de diamètre ; il passe par Fracastorius au sud, Beaumont et Cyrillus. Il marque la limite des laves marines de Mare Nectaris et correspond au mascon associé au bassin.
- entre les deux, une zone intermédiaire correspond à un anneau de 620 km de diamètre passant par Catharina à l'ouest et Santbech à l'est.

Des rides marines à la surface de Mare Nectaris suggèrent la présence d'un quatrième anneau interne de 240 km de diamètre, désormais enfouit sous les laves marines

Des zones sombres peu cratérisées apparaissent entre les anneaux les plus externes. Elles sont donc plus récentes et peuvent provenir d'éruption de magma par des fissures concentriques au bassin. Au sud, deux vallées sont radiales au Bassin Nectaris : Vallis Rheita (445 kilomètres de long) et Vallis Snellius (592 kilomètres de long).

7.1 Montes Pyrenaeus : anneau interne de Nectaris

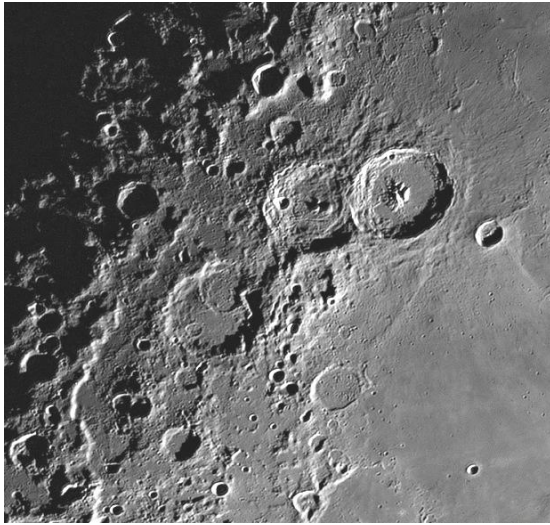


Face à Rupes Altaï, à 600 km à l'est, Montes Pyrenaeus est une chaîne de montagnes de 250 x 50 km, haute de 3 000 m entre les cratères Gutenberg au nord et Bohnenberger au sud.

Elle marque la position de l'anneau le plus interne du Bassin Nectaris.

Cette formation est surtout intéressante après la pleine lune, ses sommets sont alors bien visibles.

8 Theophilus, Cyrillus, Catharina : une séquence qui illustre des étapes de dégradation



Situé en bordure de Mare Nectaris, au nord de rupes Altaï, le trio des saints de l'Eglise orthodoxe Theophilus, Cyrillus et Catharina montre l'évolution de la structure générale d'un cratère au cours du temps. Theophilus ($11^{\circ}4\text{ S } 23^{\circ}4\text{ E}$) est un cratère de 100 km de diamètre relativement récent ; l'absence de raies brillantes le situe à Eratosthénien (3,2 à 1 milliards d'années). Une coupe nord sud montre une profondeur variant de 4 000 à 4 700 m, ce qui en fait l'un des cratères visibles les plus profonds. Le plancher est plutôt lisse à l'est et rugueux à l'ouest.

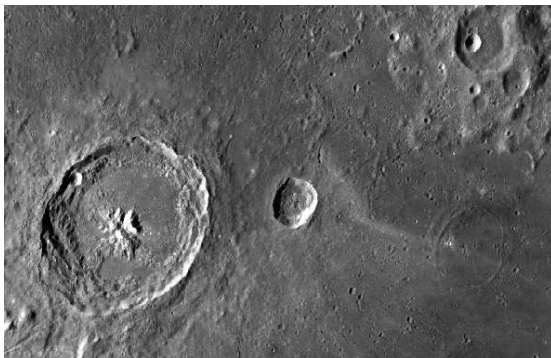
De nombreux étangs de roches fondues par impact occupent les zones les plus basses

ainsi que certains niveaux des terrasses. Le massif central, composé de trois pics (psi à l'ouest, phi à l'est et alpha au nord) s'élève à environ 2 000 m. Theophilus recouvre une partie des remparts nord – est de Cyrillus.

Cyrillus est plus complexe et sa forme est irrégulière. Son plancher rugueux présente des rainures discrètes. Le rempart ouest semble un peu mieux conservé que son vis-à-vis mais l'ensemble montre l'usure provoquée par l'érosion spatiale. Un cratère récent, asymétrique (11 x 17 km et 1 500 m de profondeur) s'est formé sur les terrasses ouest. Le rempart sud présente une dépression de 1 700 m qui forme un col en direction de Catharina.

Catharina avec un diamètre de 110 km et une profondeur de 2 800 m, est le plus grand des trois cratères mais aussi le plus dégradé. Il a été formé au Nectarien (3,92 à 3,85). Aucun pic central n'est visible. Deux cratères, P (50 km) au nord et S (17 km) au sud, sont visibles mais très dégradés.

8.1 Madler : des éjectas asymétriques de teintes différentes



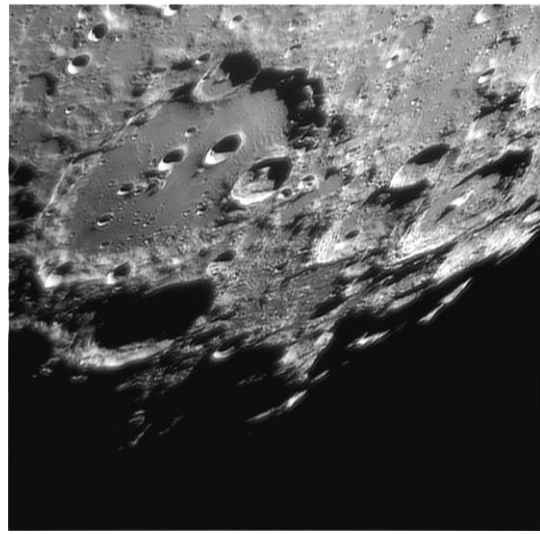
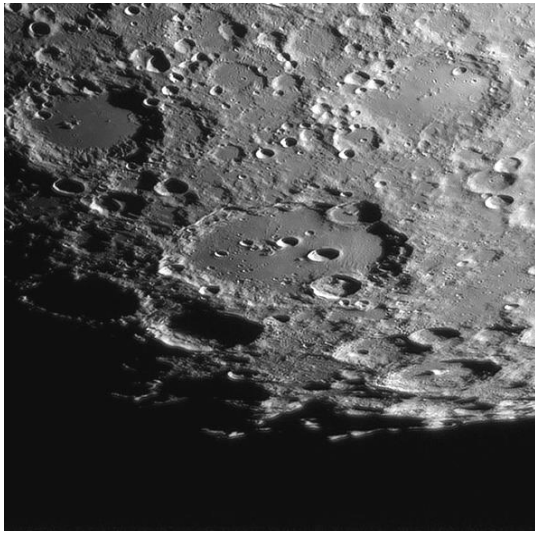
11 N 27,6 S

Cratère irrégulier de 27 km au nord de Nectaris et à l'est de Theophilus, Madler est le plus récent des deux cratères, certains de ses secondaires ayant impacté les lacs de lave de Theophilus. Ses éjectas forment un éventail s'étendant à l'est jusqu'à une distance de six rayons du cratère en direction du cratère fantôme Daguerre. L'éjecta est plus important en direction du sud-est, preuve d'un impact oblique.

Les éjectas présentent deux teintes différentes, claire au sud-est et plus sombre au nord-ouest. Cette différence résulterait d'un impact sur deux couches de compositions différentes, croûte pour les éjectas clairs et basalte pour les éjectas plus foncés.

Ce phénomène est caractéristique des « DHC, Dark Halo Crater » dont un très bel exemple est Copernicus H.

9 Clavius : ce n'est pas un bassin malgré sa taille



58,5 S 14,8 O

Clavius, 225 km de diamètre, 4200 m de profondeur est le troisième cratère par la taille de la face visible.

Il se situe dans la partie des hautes terres très cratérisée de la zone sud. Sa forte latitude le fait apparaître sous une forme ovale bien visible 1 à 2 jours après le premier quartier.

Sa forme globale est plus proche de l'hexagone que du cercle.

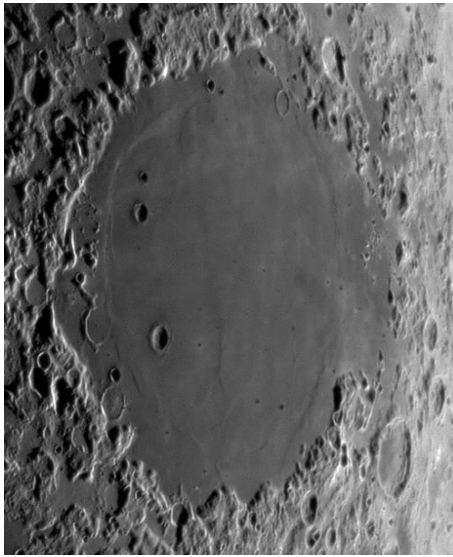
Sa structure délabrée permet de le dater au Nectarien (3,92 à 3,85). Son arène, convexe, plutôt lisse est parsemée de cratèrets. Sept cratères semblent alignés sur une courbe allant de Rutherford à Clavius J. Ils permettent de tester le pouvoir séparateur d'un instrument.

Les deux plus importants cratères situés dans l'enceinte de Clavius sont Rutherford (Copernicien) au sud et Porter (pré Imbrien), chevauchant le rempart nord-est. Rutherford présente sur son flanc nord-est une série de glissements de terrain en forme de doigts.

La partie supérieure d'un ancien massif central, dominant la plaine de 1400 m, est visible près de Clavius C.

Le sol relativement plat de Clavius est de couleur claire ; il ne s'agit donc pas de basalte marin monté en surface par des fissures. Comme cette texture se retrouve sur Maginus et Longomontanus (en haut de l'image, respectivement à droite et à gauche) et, en dehors de l'image, sur Blancanus et Klaproth, elle a donc affecté l'ensemble de la région. Il s'agirait des éjectas d'un bassin tout proche, plus récent que Clavius, le Bassin Orientale.

10 Mare Crisium : une mer dans un large bassin circulaire



Contrairement à ce que l'on pense, Mare Crisium n'est pas plus allongée du nord au sud que d'ouest en est, c'est le contraire : 420 km du nord au sud et 620 d'ouest en est. Elle occupe le centre du Bassin Crisium, de 740 km de diamètre, créé par un impact il y a 3,85 milliards d'années, durant le Nectarien.

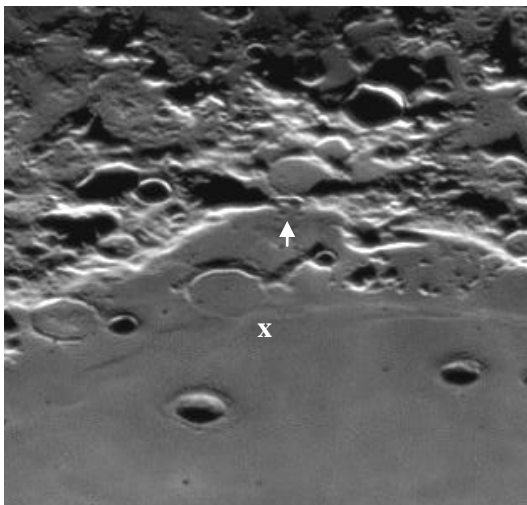
Cette forme asymétrique en queue de poisson ou pointe de flèche ou en « tomawak » semblent avoir pour origine un impact oblique.

Plusieurs enceintes concentriques forment des crêtes annulaires dont les limites sont très difficiles à définir. La première se trouve à 160 km du centre de la mer ; les suivantes à 270, 370, 540 et 800 km. Il existerait même un anneau à 1 075 km.

La surface de Mare Crisium, constituée de basalte, est plate et lisse avec quatre crêtes marines : Opel, Tetyaev, Harker, Termier ; quelques cratères en grande partie enfouis sous des dépôts d'autres matériaux sont situés au Sud.

Pas de cratères importants : Yerkes (36 km), Picard (23 km) et Peirce (18 km). Juste à l'ouest, deux promontoires se font face : Lavinium au nord, Olivium au sud.

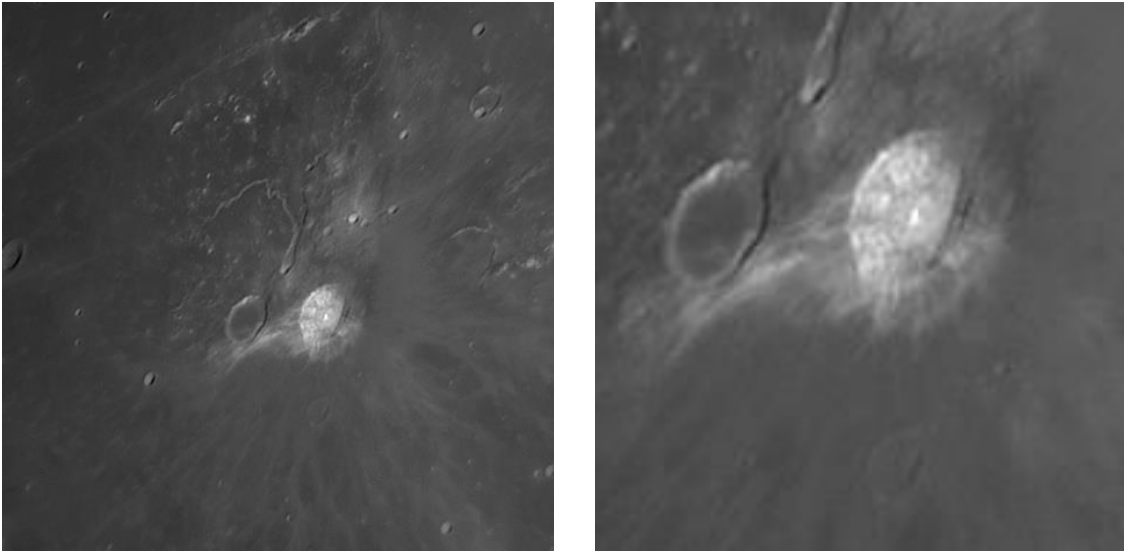
10.1 L'albatros (x) : il plane au large de la cote ouest de Mare Crisium



L'ensemble constitué par Yerkes (14,6 N 51,7 E), Yerkes B et le relief qui joint ces deux cratères forment « l'albatros »
Le nord est à droite.

Entre les promontoires Lavinium et Olivium une zone qui a été d'actualité en 1953 lorsque John O'Neil a cru y déceler la présence d'une arche. (flèche)

11 Aristarchus : cratère très brillant avec des bandes sombres sur les remparts



23,6 N 47,5 O

Aristarchus, diamètre 40 km, profondeur 2 300 m est un cratère de tout premier plan qui se trouve dans la partie nord-ouest de la face visible. Il est considéré comme la plus brillante des grandes formations lunaires, avec un albédo près du double de celui de la plupart des autres formations. Certains prétendent voir ce cratère à l'œil nu et il est très lumineux dans un télescope de 200 mm. Il est également facilement identifié dans la lumière cendrée.

Le cratère est situé à l'extrémité sud-est du plateau d'Aristarchus, une zone surélevée qui contient un certain nombre de formations volcaniques et de rainures sinueuses.

Le pic central, très escarpé, est la partie la plus brillante du cratère. Le plancher est relativement plat ; toutefois les photos de Lunar Orbiter révèlent que la surface est couverte de nombreuses petites collines, des dépressions en forme de coups de gouge et de petites fractures. La partie interne des remparts présente des bandes sombres, évidente sur des clichés même modestes. Ce sont certainement des retombées de roches fondues par impact. Le cratère a une enceinte extérieure en terrasse recouverte d'éjectas lumineux dont les raies s'étalent vers le sud et le sud-est. Ceci suggère qu'Aristarchus a probablement été formé par un impact oblique venant du nord-est. Une des raies semble avoir été déviée par le rempart sud-est du cratère tout proche, Herodotus. Aristarchus a une forme à peu près circulaire mais, à fort grossissement, il apparaît comme légèrement polygonal.

La principale raison de sa luminosité est sa jeunesse ; il est daté à environ 450 millions d'années et l'érosion spatiale n'a pas encore eu le temps d'assombrir ses éjectas. L'impact a eu lieu après la création du cratère Copernicus mais avant celle de Tycho.

Des Phénomènes Lunaires Transitoires (PLT) ont été observés dans la région d'Aristarchus sans pour autant en définir l'origine : dégazage, impacts ou tout simplement reflet de la lumière solaire sur des zones claires.

Des analyses spectrales réalisées par Apollo 15 ont montré la présence de radon pouvant provenir de la désintégration d'uranium et de thorium. Ces gaz seraient émis en plus grandes quantités lors de fortes marées lunaires.

12 Proclus : cratère à auréole issu d'un impact oblique



46,8 E 16,1 N

Sur la rive ouest de Mare Crisium, Proclus a un diamètre de 28 km, une profondeur moyenne de 2400 m et ne présente pas de pic central. Il est daté du Copernicien (1,1 à nos jours). Sa forme est loin d'être circulaire ; elle présente des sections qui forment un polygone. Certaines terrasses semblent avoir glissé vers l'intérieur du cratère, au sud-ouest en particulier. C'est l'un des cratères les plus brillants de la Lune. Il présente une auréole de raies excepté en direction de l'ouest sud-ouest, ce qui tend à confirmer qu'il est récent et qu'il a été créé par un impact oblique, sous un angle inférieur à 45° , provenant de cette direction.

Les raies s'étendent sur 440 km vers le nord-est, 230 km vers le nord-ouest.

Certaines raies assez ténues sont visibles pendant 460 kilomètres à la surface de Crisium.

A l'ouest, la zone où les raies sont absentes (zone d'évitement) délimite artificiellement une formation plus sombre, car non recouverte d'éjectas, appelée Palus Somni (le marais du sommeil)

La forme des éjectas

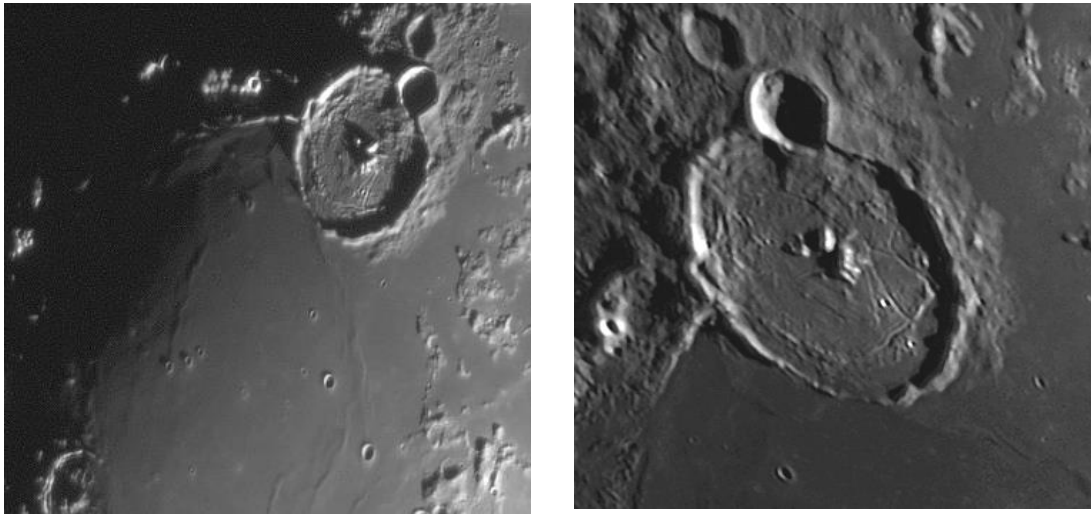
Quant un impacteur percute une surface solide d'une planète, une onde de choc se propage tout autour du site d'impact. Cette onde de choc fracture les roches environnantes. Des études en laboratoire permettent de dégager certaines constantes :

- le choc crée une cavité qui peut représenter 20 fois le diamètre de l'objet impacteur.
- le cratère a une forme circulaire tant que l'angle d'impact reste supérieur à 45° . Sous ce seuil le cratère s'ovalise et le ratio longueur/largeur passe très vite de 1 à 3 lorsque l'angle est de 15° et moins.

- l'impact disperse dans toutes les directions des fragments de sols broyés ou fondus, les éjectas. Dans certains cas les éjectas ne sont pas répartis symétriquement. Cette forme particulière peut avoir pour origine le lieu de l'impact (bordure de cratère, zone située entre deux obstacles jouant le rôle de déflecteur) ou l'angle sous lequel l'impact a eu lieu.

Lorsque l'angle d'impact est compris entre 90° et 60° , la forme des éjectas est plutôt symétrique. De 60° à 45° les éjectas sont répartis de manière privilégiée latéralement et vers l'avant. Ce sont des éjectas asymétriques en forme d'éventail ou de cœur. A l'arrière se produit une zone d'évitement où les raies brillantes sont absentes. La position de la zone d'évitement permet de définir l'angle mais aussi la direction d'où provenait l'impacteur. Sous un angle de 20° les éjectas se répartissent selon une forme en aile de papillon. Selon l'importance de l'impacteur, les éjectas peuvent combler une partie des cratères proches et, s'ils ont une masse importante et une vitesse suffisante, créer, comme c'est le cas pour Copernicus, des chaînes de cratères secondaires.

13 Gassendi : cratère à fond fracturé



17,6 S 39,8 O

Gassendi, 111 km de diamètre, 2 000 m de profondeur est situé sur la rive nord de Mare Humorum. Il est daté du Nectarien (3,92 à 3,85). C'est un très beau cratère et l'un des plus intéressants sur le plan structurel. Il est riche d'un grand nombre de rainures et de terrains divers, ce qui en fait l'exemple d'un cratère à fond fracturé (CFF). Le plancher de Gassendi est globalement horizontal, à une altitude à peu près constante de $-2\,400$ m ; les remparts ont une altitude de -500 m par rapport à l'altitude 0.

Pourquoi toutes ces fractures ?

Elles ont été créées par le magma qui, sous la pression, a cherché à regagner la surface à travers des zones de faiblesse et des failles sous le plancher de Gassendi. Lorsque le magma envahit ses failles il repousse le sol du plancher et forme des fissures qui peuvent laisser passer la lave.

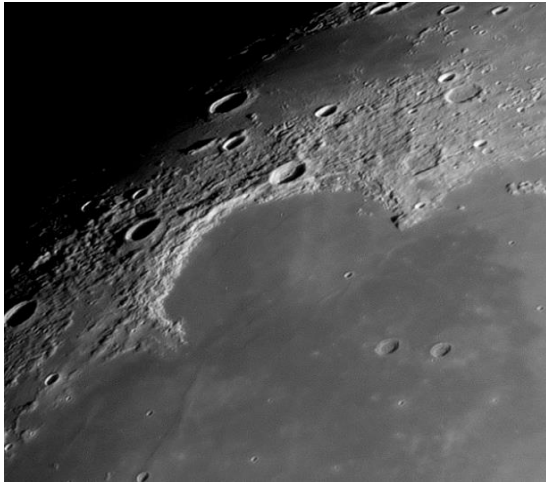
Chose étonnante, en particulier dans le quart sud-est, un nombre important de fissures se coupent à angle droit alors que d'autres sont parallèles aux remparts.

La forte présence de fractures se retrouve dans la plupart des cratères situés en bordure de mer - Gassendi, Doppelmayer, Vitello pour Mare Humorum, Langrenus, Taruntius pour Fecunditatis, Posidonius pour Serenitatis. Bien qu'ils n'apparaissent pas formellement comme des CFC, Platon, Cassini, Archimedes ont certainement cette structure aujourd'hui dissimulée par les remontées de magma.

Au sud, le rempart semble disparaître dans la mer. Il est difficile de savoir si la lave marine a envahi le cratère en passant par ce détroit ou si elle est parvenue en surface à l'intérieur du cratère.

Au nord, Gassendi A est un cratère Copernicien de 31 km. Sa taille aurait dû lui permettre de recevoir une dénomination officielle, des cratères plus petits portant le nom de personnages plus ou moins illustres. Au nord de A, Gassendi B (25 km) est beaucoup plus ancien ; il présente un glissement de terrain du rempart sud-est. Au nord-est de A, une forme circulaire délabrée de 30 km de longueur et 600 m de hauteur avec une dépression centrale pourrait être un très ancien cratère entièrement recouvert d'éjectas.

14 Sinus Iridum : très grand cratère auquel il manque une partie de l'enceinte.



La topographie de Sinus Iridum est particulière. C'est, à l'origine, un très beau cratère situé sur le flanc des Montes Jura. Formé très peu de temps après l'impact à l'origine du Bassin Imbrium (3.85 milliards d'années) il a été envahi par les laves de Mare Imbrium entre 3,75 et 3,2 milliards d'années (période de mise en place de la majorité des laves marines). Certaines coulées de Mare Imbrium sont beaucoup plus récentes (2 milliards d'années). La distance entre les deux promontoires, Héraclides à gauche sur l'image et Laplace qui lui fait face, est de 280 km, avec un dénivelé négatif sud-ouest/nord-est de 100m.

La ligne qui joint les deux promontoires correspond certainement à une faille souterraine qui a entraîné un affaissement brutal de la partie du cratère initial désormais invisible. Cette hypothèse s'appuie sur le fait que Montes Jura disparaissent brutalement au niveau des deux promontoires et non progressivement, ce qui aurait été le cas suite à une invasion des laves sur une pente régulière.

Plus on avance vers l'intérieur du golfe en direction de la base de Montes Jura, plus Sinus Iridum présente une pente négative (sud-est vers nord-ouest). La surface d'Iridum est à $-2\,400$ m et le pied de Jura est à $-3\,028$ m soit un peu plus de 600 m de dénivelé négatif en 300 km. A la rupture de pente il subsiste un décrochement de 10 m pratiquement invisible.

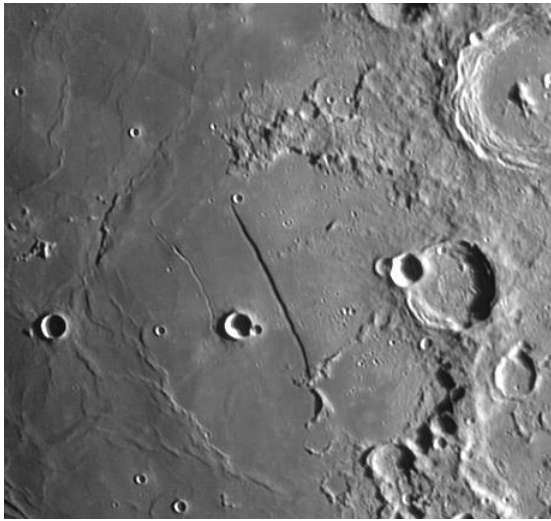
Les laves sont de composition différente (plus ou moins de titane) entraînant des nuances de gris différentes ; les laves sombres sont plus riches en titane.

La partie interne d'Iridum est plus cratérisée que la partie externe; elle est donc plus ancienne. Comment expliquer que la coulée de lave plus récente (2 milliards d'années) n'ait pas pu progresser jusqu'au fond du golfe alors qu'elle était extrêmement fluide et n'avait qu'à dévaler une pente, certes modeste, de 0,2% ?

Les crêtes marines, bien mises en valeur sur des images à éclairage rasant, ont pour origine des réajustements des couches de lave sous le poids de celles-ci.

Au large d'Iridum, deux cratères jumeaux, Helicon 22 km et Le Verrier 19 km.

15 Mur Droit : le prototype d'une faille lunaire

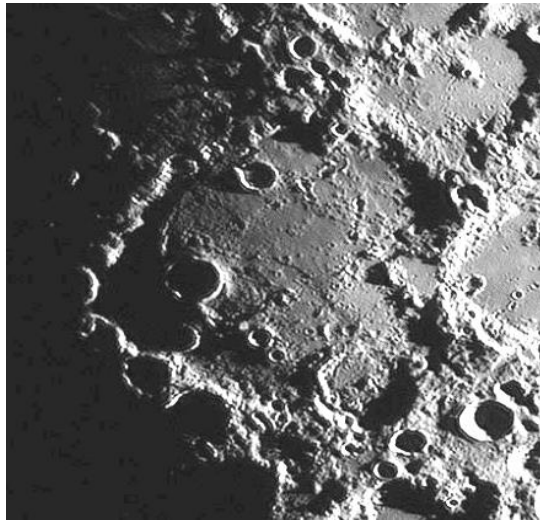


Rupes Recta (le Mur Droit) est une faille linéaire de 110 km au sud-est de Mare Nubium. Lorsqu'au huitième jour de lunaison le Soleil illumine le mur en oblique, il projette une ombre très longue qui laisse penser que la faille est très pentue. En fait sa largeur est de 2 à 3 km et sa hauteur de 240 à 300 m soit une pente de 10 à 20°. Rupes Recta est également connu comme « l'épée » et « la voie ferrée ». Au sud du mur un ensemble montagneux porte le nom de « montagnes de la corne de cerf ».

A l'est, Thébit 22,0 S 4,0 O (58 km) est daté de l'Imbrien supérieur (3,75 à 3,2 milliards d'années).

A l'ouest Birt (17 km) marque le point d'arrivée de Rima Birt, qui a pris naissance dans un événement bien visible à environ 50 km au nord. Rupes Recta est situé au centre d'un cratère fantôme de 210 km, « Ancient Thébit », formé sur les rives du Bassin Nubium. La subsidence a entraîné la partie ouest qui a, par la suite, été submergée par les laves. Cette formation se rapproche de Sinus Iridum et Fracastorius.

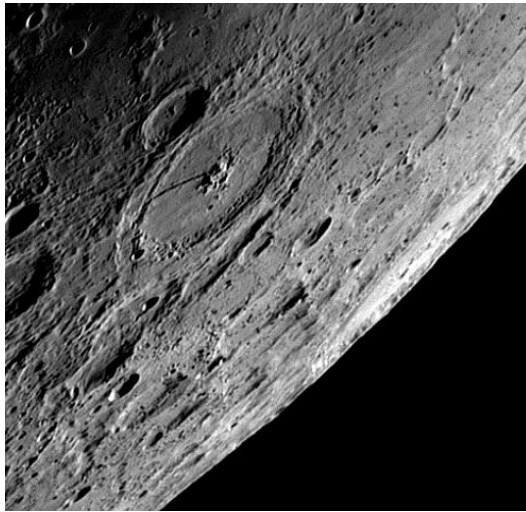
15.1 Deslandres : un géant oublié



Au sud-est de Rupes Recta, Deslandres est un cratère Pré-Nectarien typique (de 4,53 milliards d'années à 3,92 milliards d'années), totalement dégradé de 210 km. C'est une ancienne plaine murée rendue non circulaire par des impacts multiples : Regiomontanus, Walther, Lexell, Ball. Le cratère Hell 32,4 S 7,8 O (33 km), daté à l'Imbrien supérieur ainsi que sa forme originale avaient conduit les cartographes à lui donner l'appellation « Quadrilatère de Hell », appellation aujourd'hui abandonnée.

Deux objets de petite taille peuvent être observés : une chaîne de 5, voire 7 cratères secondaires ayant peut-être Arzachel comme origine et, au sud de cette chaîne, un des cratères les plus brillant à la surface de la lune : le « point brillant de Cassini », le cratère Hell Q (3,7 km) légèrement asymétrique dans sa forme et celle de ses éjectas.

16 Petavius: cratère à fond bombé et sol fracturé



25,39 S 60,8 E

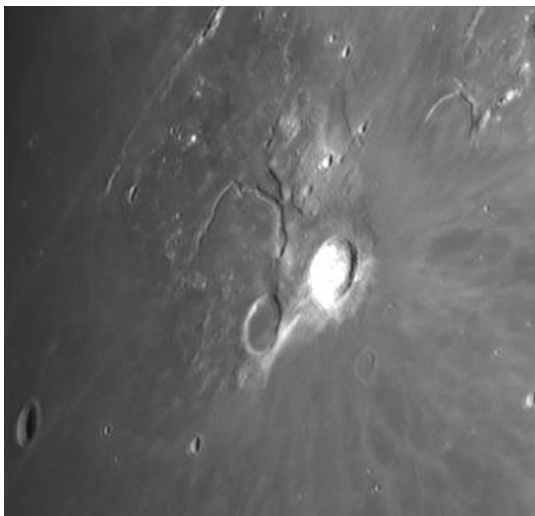
Petavius (184 km) est un cratère parmi les plus spectaculaires. Sa structure, avec deux failles radiales, est unique. L'origine de ces failles est incertaine. Elles prennent naissance au pied des pics centraux. La première faille radiale de 50 km est orientée sud-nord. La deuxième, exceptionnelle, est une fissure double, une « voie ferrée » qui traverse la partie plate sur 60 km en direction du sud-ouest puis recoupe une rainure concentrique qui longe la bordure sud-ouest des remparts sur 140 km. Elle forme Rima Petavius.

L'altitude au nord-est est de

-1 400 m, le fond de la rainure est à -2 300 m et la zone sud-ouest à -1 400 m.

La différence d'altitude entre la partie nord et sud de la rainure est nulle mais la partie médiane forme une dépression de 900 m. La masse des pics centraux est relativement standard. Le sol de Petavius est convexe, bombé, certainement sous l'effet de la poussée du magma situé sous le cratère. La flèche est d'environ 500 m, l'altitude variant de -2 500 à -2 000 et -2400m. Enfin, au nord et au sud de Petavius, deux zones pyroclastiques sombres sont associées à des événements bien visibles, surtout au nord.

17 Vallis Schroteri: très longue rainure sinueuse



Vallis Schroteri est une vallée sinueuse située sur une portion de terrain continental porté en hauteur et formant le plateau d'Aristarchus (nomenclature non officielle). Avec 130 km, c'est la plus longue vallée sinueuse à la surface de la Lune.

Il existe 53 systèmes de rainures linéaires ou sinueuses et 52 rainures individuelles officiellement reconnues par l'UAI.

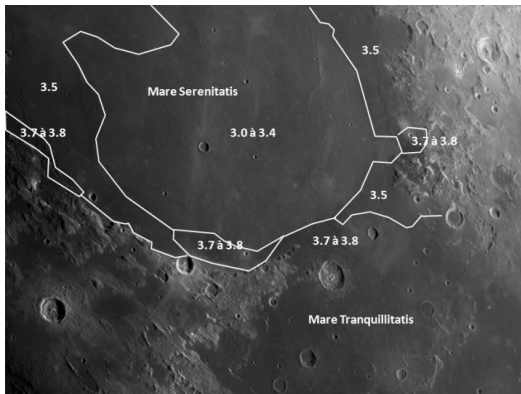
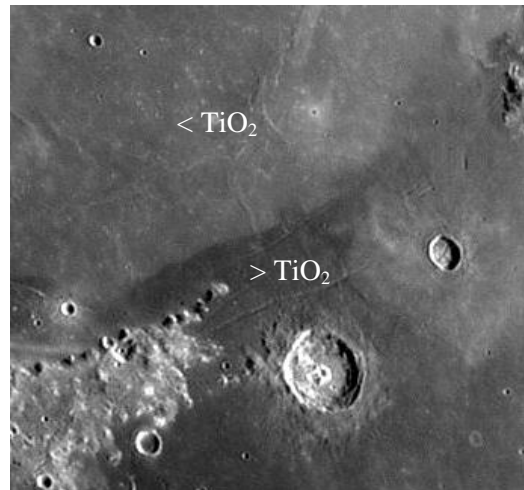
Elle a pour origine un cratère de 6 km situé à 25 km au nord d'Herodotus. Ce cratère, probablement un événement, est appelé « la Tête de Cobra »

24,6 N 49,3 O en raison de sa ressemblance avec un serpent. Depuis le cratère, la vallée suit un chemin sinueux vers le nord puis le

nord-ouest avant de se diriger vers le sud-ouest et atteindre Oceanus Procellarum. Le plancher intérieur est plat et une rainure seulement visible dans un instrument important le parcourt. Elle a une largeur maximale d'environ 10 km puis se rétrécit progressivement à moins d'un kilomètre, près de son extrémité.

Les relevés en orbite montrent que le plateau est une région recouverte par des retombées volcaniques (cendres, scories, verre volcanique). On peut alors en déduire que Vallis Schroteri est également d'origine volcanique. Des Phénomènes Lunaires Transitoires auraient été observés dans la vallée.

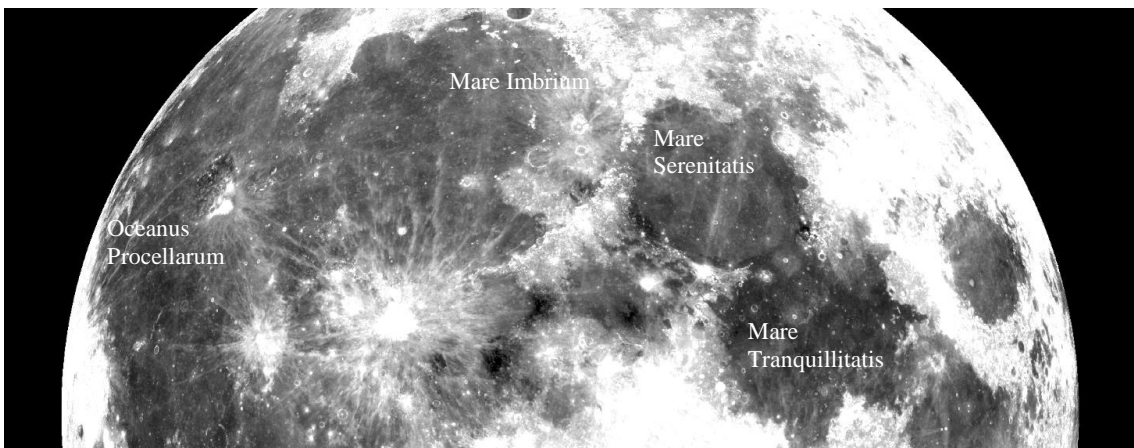
18 Mare Serenitatis : zones marines de différentes compositions



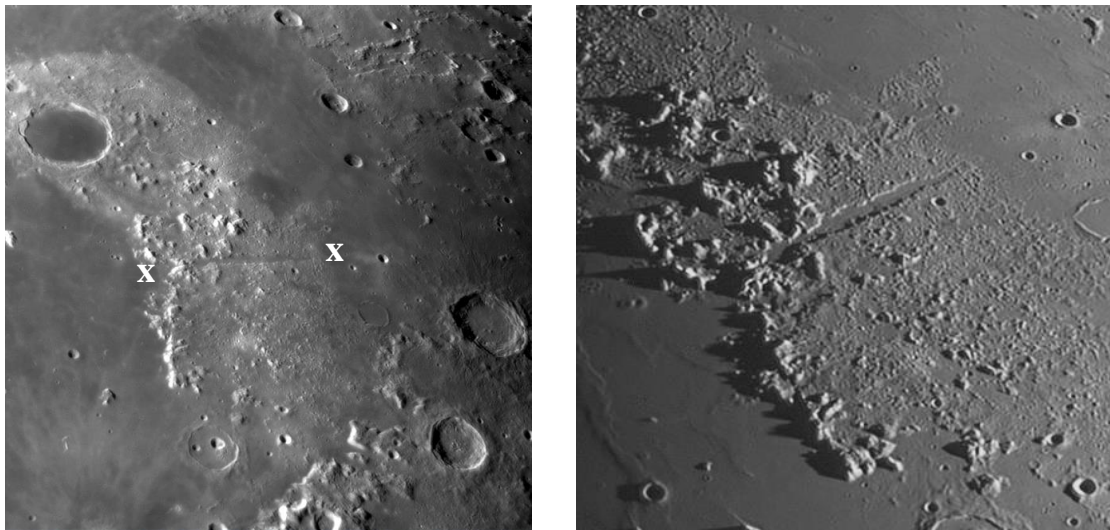
Les laves les plus anciennes, sombres, riches en titane, apparaissent à la périphérie et sont datées à 3,8 - 3,7 puis 3,5 milliards d'années ; Les laves plus jeunes, plus claires, occupent la partie centrale du bassin et sont datées à la deuxième partie de l'Imbrien supérieur et au début de l'Eratosthénien (3,4 à 3 milliards d'années). L'épisode éruptif le plus récent s'est produit au centre de Mare Serenitatis.

Deux zones pyroclastiques, au sud dans la région de Sulpicius Gallus (19,6 N 11,7 E) et à l'est près de Littrow (21,5 N 31,4 E), sont associées aux laves sombres sans pour autant être contemporaines. Elles auraient pour origine des fissures provoquées par l'enfoncement du centre de la mer sous le poids des coulées de basalte.

Sur cette image LRO, dont les contrastes ont été renforcés, les différences de teintes à la surface des mers apparaissent nettement. L'ouest d'Oceanus Procellarum et de Mare Imbrium sont plus sombres. La partie centrale de Mare Serenitatis est plus claire que l'ensemble de Mare Tranquillitatis, comme constaté ci-dessus.



19 : Vallis Alpes : graben lunaire

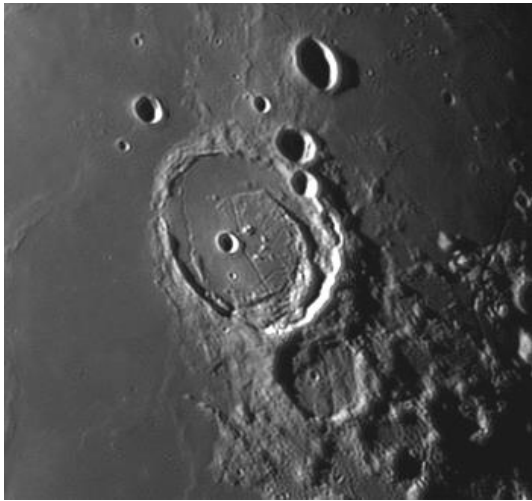


Vallis Alpes, la vallée des Alpes (4,2 N 3,6 E) a été mentionnée pour la première fois par Francesco Bianchini en 1727. Cette vallée coupe Montes Alpes sur une longueur de 165 km de Mare Imbrium à Mare Frigoris. Elle a une forme très effilée ; très resserrée aux extrémités, elle a une largeur maximum de 10 km.

Son origine est certainement un graben, effondrement d'un bloc entre deux failles, à la fin de la phase de réajustement du Bassin Imbrium. Cette vallée a par la suite été soit envahie par la lave marine de Mare Imbrium ou comblée par une éruption fissurale au fond de la vallée. En effet le fond est relativement plat et une rainure sinueuse, qui ne semble pas d'origine tectonique mais plutôt volcanique, parcourt le sol. Dans la partie médiane les bordures de la vallée s'élèvent à environ 800 m (LRO). Les terrains avoisinant sont irréguliers, composés par les éjectas du Bassin Imbrium.

Le profil longitudinal de Vallis Alpes n'est pas régulier. Sa pente n'est pas uniforme. L'extrémité ouest est à -2 550 m puis la vallée s'abaisse à -2 800 m en 60 km, remonte jusqu'à -2 550 m en 20 km puis s'abaisse à -3 000 m au cours des 40 derniers kilomètres.

20 Posidonius : cratère à fond fracturé



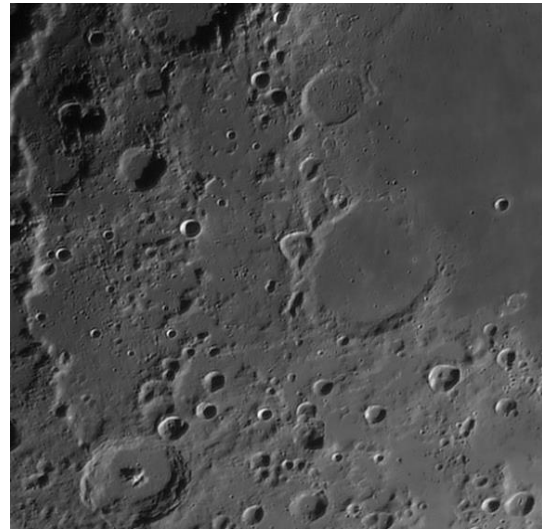
29,9 E 31,8 N.

Posidonius est un cratère de 96 km situé sur la rive est de Mare Serenitatis. Il est daté à l'Imbrien supérieur (3,8 à 3,2 milliards d'années).

Son plancher présente de nombreux réajustements provoqués par la remontée de magma, des plaques entières ont été soulevées avec un pendage plus important à l'est. Le magma s'est introduit dans des fissures et a envahi une partie du plancher dans la moitié nord-est sud-ouest. Une rima particulièrement longue (140 km) et tortueuse court le long des remparts nord, ouest et sud, part à 90° vers l'ouest à la hauteur d'un petit massif

montagneux et remonte le long du rempart ouest. Au sud, Chacornac est un cratère de 51 km très dégradé parcouru par un graben. Ce graben fait certainement partie du système à l'origine des bouleversements du sol de Posidonius. Un graben identique longe la rive de Mare Serenitatis 35 km plus à l'ouest et pénètre l'enceinte de Posidonius. A l'ouest de Posidonius, Dorsa Smirnov, anciennement la crête Serpentine. Juste sur la crête un craterlet de 2 km est entouré d'un système rayonnant brillant : Posidonius Y ou Posidonius Gamma.

21 Fracastorius : cratère à plancher surélevé et fracturé



21,36 S 33,07 E.

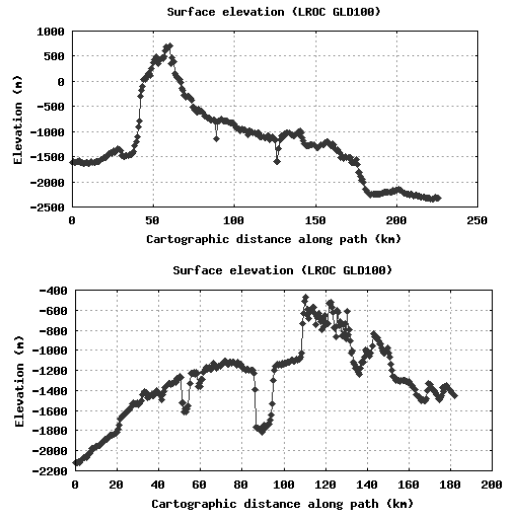
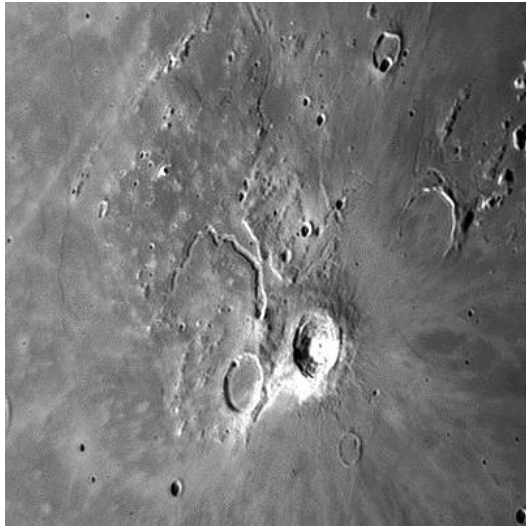
Fracastorius est un cratère incomplet de 124 km. Le rempart nord est totalement absent; les parties les plus hautes de ce rempart submergé forment de petits reliefs.

Fracastorius s'est, à l'origine, formé sur les pentes externes du Bassin Nectaris, postérieurement à la formation du bassin. Il a par la suite été totalement envahi par des coulées de lave successives de Mare Nectaris. Les plus récentes n'ont pas atteint les remparts sud-ouest comme le prouve la différence de texture et l'intensité plus forte de cratérisation de cette zone.

L'ensemble du rempart visible est martelé par de petits cratères dont le plus important est Fracastorius D (22 km) lui-même poinçonné par un craterlet de 10 km.

Au nord-ouest, Beaumont (42 km) présente, pour les mêmes raisons, la même morphologie que Fracastorius. Un relief de 600 m situé au nord-est l'a protégé de l'invasion par les laves marines.

22 Plateau d'Aristarchus : région surélevée du manteau avec des zones pyroclastiques.



Le plateau d'Aristarchus (170 x 100 km) est une zone surélevée et basculée qui s'étend au nord du groupe Aristarchus - Herodotus. Herodotus, daté à l'Imbrien supérieur, est un cratère à fond sombre envahi par des laves marines. Aristarchus, le plus brillant des grands cratères lunaires, aurait été créé lors d'un impact il y a 450 millions d'années. Quant au plateau il est antérieur à 3,8 milliards d'années. C'est une zone géologique très variée : terrains montagneux qui seraient une partie du manteau portée en surface, cratères primaires et secondaires, la plus forte concentration de rainures sinueuses sur la Lune. Les flux de lave sont datés de 3,4 à 1,2 milliards d'années. C'est également le plus vaste dépôt pyroclastique connu, des cendres dont l'origine principale est l'événement volcanique « la Tête de Cobra » au nord des deux cratères principaux. Les laves issues de cet événement creuseront Vallis Schroteri et alimenteront le sud de Procellarum. Cette immense zone pyroclastique fait varier la couleur du plateau entre de subtiles nuances de marron et de vert.

La frontière particulièrement nette entre le plateau d'Aristarchus et les laves d'Oceanus Procellarum montre que les cendres du plateau sont plus anciennes que les laves de l'océan. Cette couche de dépôts est parsemée de zones plus grises qui correspondent aux éjectas d'Aristarchus.

Cette région est également connue pour avoir présenté des phénomènes lunaires transitoires. Des émissions de gaz radon ont été mesurées par la sonde Lunar Prospector.

Un plateau asymétrique

- Coupe sud – nord (sud à gauche), passant à l'ouest d'Aristarchus

Au sud l'altitude moyenne de Procellarum est de – 1 500 m. La marge sud est portée à 710 m soit un gain de 2 210 m en 30 km.

Le plateau descend ensuite de 3 200 m en 150 km vers la rive nord de Procellarum

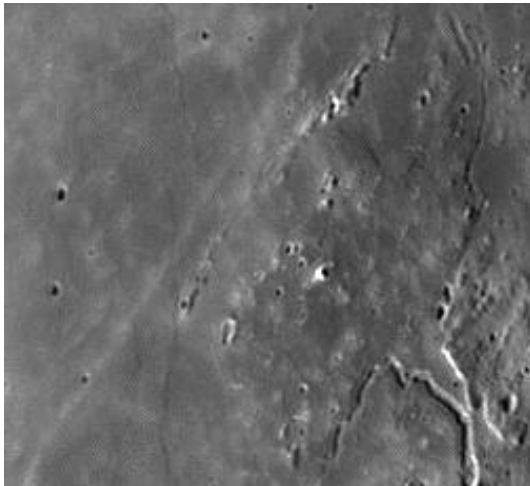
- Coupe ouest-est (ouest à gauche).

Le plateau d'Aristarchus présente également une asymétrie est-ouest, la partie est s'élevant de 1 000 m en 40 km puis d'abaissant de 1 400 m vers l'ouest en 120 km.

Globalement le plateau est donc incliné sud-est nord-ouest.

Plusieurs rimae – Prinz, Aristarchus – prennent naissance sur ou en bordure du plateau.

22.1 Montes Agricola



L'origine de Montes Agricola demeure inexpliquée. Cette formation montagneuse, étroite et légèrement incurvée, est longue de 160 km, de sorte que son extrémité ouest est plus proche du Plateau d'Aristarchus que ne l'est son extrémité orientale. Cette dernière est plus large et semble être constituée d'une suite de pics. Un petit plateau cratérisé longe la ligne de crêtes, ce qui suggère que les sommets ont peut-être autrefois fait partie d'une surface plus étendue ; toutefois il ne ressemble pas au Plateau d'Aristarchus tout proche et il doit donc être géologiquement indépendant. La partie médiane de Montes Agricola est très étroite (10 km).

Un dôme large mais de faible altitude vient s'appuyer contre la partie centrale nord de la chaîne; un éclairage rasant montre qu'il est plus cratérisé que la mer environnante et, par conséquent, plus ancien. Les images multi-spectrales et d'analyse du sol par Clémentine montrent que le dôme et, ce qui est plus surprenant, le détroit Agricola - la partie plate entre les montagnes et le plateau d'Aristarchus - ont des couleurs qui correspondent à celles du Plateau. Cela implique que le dôme et les laves du détroit sont recouverts par les roches pyroclastiques qui ont été éjectées à partir de la Vallis Schröteri. Mais les mers alentour ne le sont pas ; elles sont donc plus récentes que les dépôts.

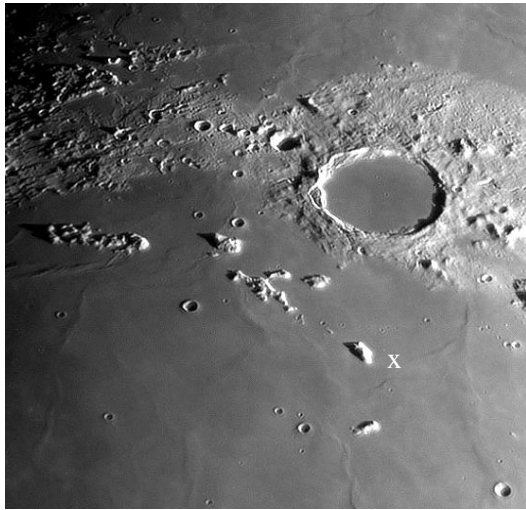
22.2 Montes Harbinger



Harbinger : « la vigie, le messager, le présage, celui qui annonce l'arrivée de quelqu'un » ici, en l'occurrence, l'arrivée du Soleil sur le plateau Aristarchus.

Montes Harbinger comprennent un ensemble de vestiges de reliefs dont l'altitude varie de 500 m à 2 000 m. La zone correspond à un plateau légèrement surélevé de 50 à 100 m par rapport à la plaine environnante et semble recouverte par des dépôts pyroclastiques. Le cratère Prinz a très largement modifié la partie sud du plateau. De très nombreuses rainures sinueuses et événements sont visibles dans la partie nord.

23 Pico : un fragment isolé du rempart du Bassin Imbrium



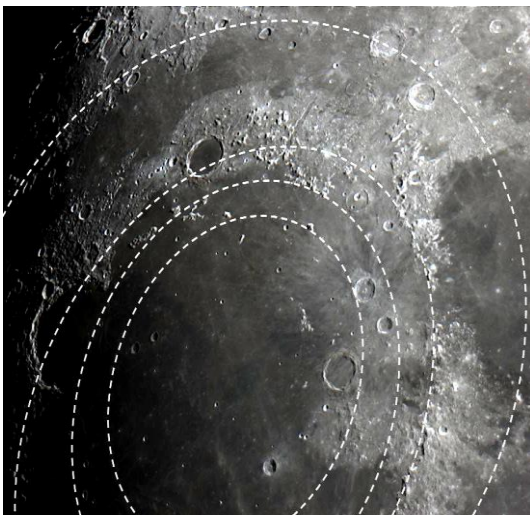
45,8 N, 8,8 O

Mons Pico est une montagne de la région nord-est de Mare Imbrium. Elle fait 15x25 km à sa base et est haute de 2 400 mètres.

Mons Pico a servi de référence pour calculer les altitudes sur la Lune.

Mons Pico est un élément d'un anneau interne du Bassin Imbrium comme Mons Piton, Montes Tenerife et Montes Recta.

23.1 Pico and C^o: sommets d'un anneau englouti



Voici une hypothèse de reconstitution des anneaux internes et externes de Bassin Imbrium

Le premier anneau interne laisse apparaître Montes Recti, Ténériffe, Mons Pico et Piton, Vinogradov, Delisle. Le deuxième anneau a pour unique témoin Montes Spitzbergen.

La partie la plus élevée de l'anneau externe est constituée des Montes Apenninus, Carpatu, Alpes, Jura.

Au nord, les laves ont comblé la base externe de l'enceinte en formant Mare Frigoris.

24 Rainure Hyginus : rainure composée de cratères en forme de puits sans rebord



Rima Hyginus est une grande fissure qui traverse le cratère Hyginus (7,7 N 6,3 E). Les parties principales sont visibles avec un petit télescope.

La rainure commence au nord d'Agrippa sous la forme d'un graben et traverse la plaine de Silberschlag pour rejoindre une rima orientée sud-ouest / nord-est qui rejoint Rima Ariadaeus.

À l'approche d'Hyginus elle perd la forme d'un graben pour adopter le profil d'une rima d'origine volcanique constituée d'une succession de cratères dont on pense qu'ils sont des effondrements du toit d'un tunnel de lave. Au-delà d'Hyginus, sur 56 km, la rima est constituée d'éléments de graben rectilignes

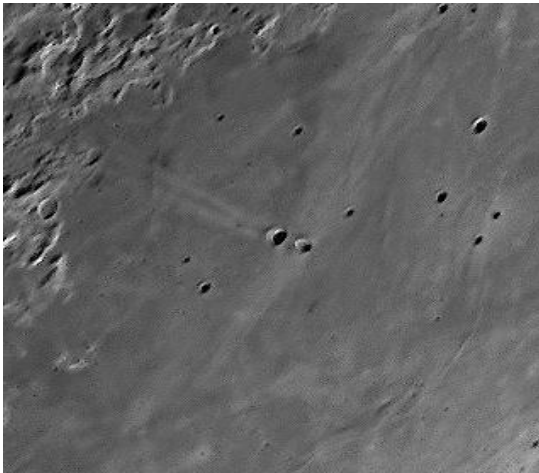
et de dépressions circulaires de 400 à 700 m de profondeur et de 4 600 à 1 500 m de diamètre.

Rima Hyginus est probablement reliée au système Triesnecker par une ou plusieurs branches à la hauteur d'Hyginus A. Quant au cratère Hyginus, il s'agirait d'une caldeira résultant de l'effondrement du toit d'une chambre magmatique qui a alimenté la rima.

24.1 La zone pyroclastique de Vaporum.

Située immédiatement au nord de Rima Hyginus, cette zone est composée de trois reliefs parallèles qui pourraient correspondre à des sculptures d'Imbrium. Mais elles se distinguent des autres sculptures par un sol plat et lisse formé par des laves marines et des crêtes anormalement sombres. Ces formations pourraient donc être des sculptures d'Imbrium envahies par des laves venant du nord-ouest puis recouvertes par des retombées pyroclastiques peut-être liées à l'activité volcanique de Rima Hyginus. Mais la topographie de la structure centrale (Hyginus W) présente dans le sens de la longueur deux faces inclinées différemment, formant un col qui rend impossible une arrivée de la lave par le nord-ouest. L'origine de la lave est peut-être à rechercher à la surface de Boscovich (en haut à droite de l'image). La lave de cette formation isolée (difficile d'affirmer qu'il s'agit d'un cratère) a envahi le plancher par des fissures dont le témoin est une rima à plusieurs segments. Un phénomène identique est à l'origine de la zone des Lacus entre Manilius et Menelaus. L'origine des structures de la zone pyroclastique d'Hyginus est peut-être similaire.

25 Messier et Messier A : double cratère issu d'un ricoché oblique



1,9 S 47,65 E

Messier et Messier A sont deux cratères relativement jeunes (moins de 1 milliard d'années) situés sur Mare Fecunditatis. La forme allongée de chacun des cratères est perceptible dans un instrument modeste. Messier, le plus à l'est, est orienté est-ouest (14,3 x 8,7 km). Messier A est formé par deux structures. À l'est, la plus importante est orientée nord-sud (11,4 x 9,5 km). À l'ouest une forme en croissant de 9,2 x 5,6 km). Le profil du cratère montre que la deuxième structure n'est pas dissociée et appartient bien à Messier A. La profondeur des cratères est respectivement

et 2 200 m pour Messier A. La teinte sombre de l'arène des deux cratères provient de roches fondues par impact. Certains pensent que les deux raies centrées sur Messier et dirigées l'une vers le nord sur 100 km et l'autre vers le sud sur 120 km, auraient pour origine Messier lui-même alors que les deux raies brillantes parallèles orientées vers l'ouest sur plus de 100 km auraient été créées par Messier A. Il semble toutefois que la raie nord soit plutôt un éjecta de Taruntius, situé à 300 km.

Messier a probablement été formé par un impact sous une incidence très faible et Messier A aurait pour origine un rebond ou la fracturation du corps impactant. Le faible angle d'impact peut également expliquer le système de rayons asymétriques et la forme particulière de Messier A.

26 Mare Frigoris : mer en forme d'arc d'origine mal définie



Mare Frigoris est située au nord de Mare Imbrium.

Mare Frigoris ne correspond pas à la description classique d'une mer. Elle s'étend sur environ 1 600 km d'ouest en est, de Sinus Roris jusqu'aux pieds des remparts d'Hercules ; sa largeur n'excède pas 200 km du nord au sud. Frigoris ne remplit pas un bassin d'impact circulaire mais ses laves occupent une dépression concentrique à Mare Imbrium située à l'extérieur du premier rempart d'éjectas du bassin.

On retrouve ce type de configuration à la périphérie de Mare Orientale, à la différence que, dans ce cas, les laves ne sont apparues que dans des zones restreintes pour former Lacus Veris entre Montes Rook et Cordillera et quelques lacs au sud de Lacus Autumni au pied de Cordillera.

Les laves de Frigoris sont globalement datées à l'Imbrien et leur composition globalement pauvre à intermédiaires en titane. Près de Platon et autour d'Harpalus, elles sont de la période Eratosthénienne

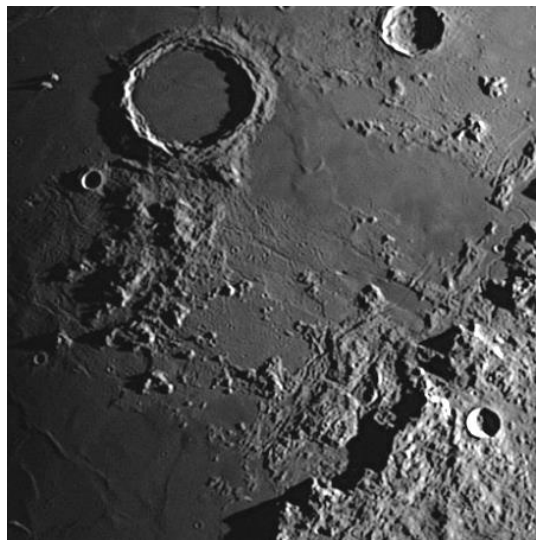
27 Archimedes : grand cratère sans pic central



29,7 N 4,0 O.

Archimedes est un grand cratère (83 km) sur le bord oriental de Mare Imbrium. Il est daté à l'Imbrien supérieur (3,75 à 3,2). Les remparts surplombent le plancher de 1 400 m qu'ils rejoignent par trois ou quatre terrasses. Il n'y a pas de pic central visible car il doit se trouver sous la lave. Des traces claires parallèles provenant probablement d'éjectas d'Autolycus parcourent l'arène. Un promontoire triangulaire s'étend sur 30 km du sud-est de l'enceinte.

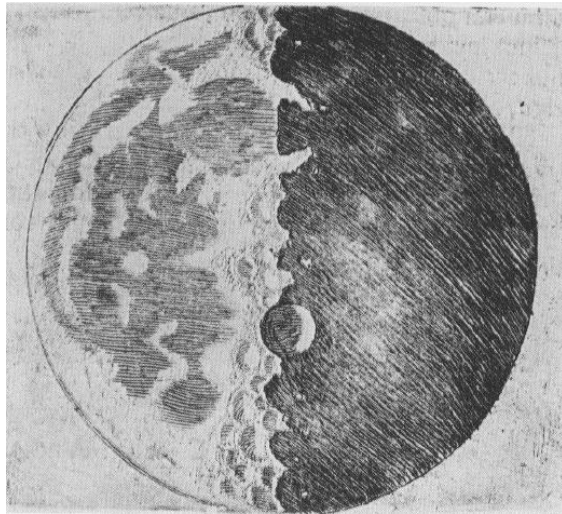
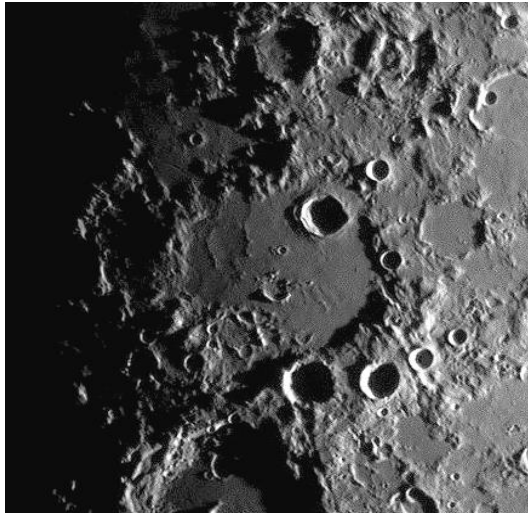
27.1 Le Banc des Apennins : une formation énigmatique



Au sud d'Archimedes s'étendent Montes Archimedes qui forment une partie du « Banc des Apennins ». Ils auraient pour origine un glissement de terrain provenant des Montes Apenninus mais il est difficile d'imaginer qu'une crête montagneuse d'environ 5 000 m d'altitude puisse glisser sur une distance de 200 km. Le Banc des Apennins serait plutôt d'origine volcanique, dont l'épisode se situerait entre la formation du bassin et l'épanchement des laves marines dont Palus Putredinis est le témoin. Le Banc des Apennins contient moins de fer et de titane que le basalte marin. Il contient également un KREEP, roche enrichie en potassium (K), des éléments de terres rares (REE) et phosphore (P).

Le Banc des Apennins pourrait se rapprocher des « points rouges » comme le « casque » ou de la « pointe de flèche ». Sur le bord sud-est, Palus Putredinis apparaît sous la forme d'une plaine de lave de 50 km de largeur et 170 km de longueur. Elle s'élève d'ouest en est de 400 m. Une coupe dans le sens de la largeur montre une dépression centrale d'environ 100 m. Le sol est parcouru par un système de rainures de 150 km, Rimae Archimedes. La surface de Palus Putredinis est récente, très peu cratérisée.

28 Hipparchus : le premier cratère a être dessiné.

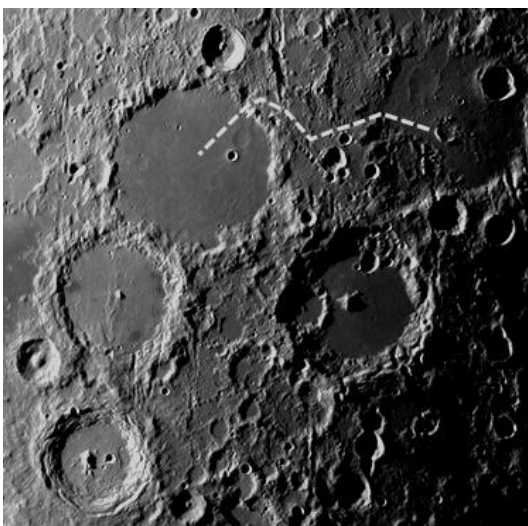


Galilée 18 décembre 1609

5,4 S 4,9 E

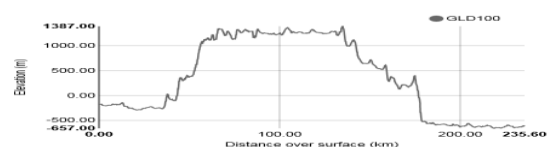
Hipparchus est un cratère de 144 km situé au sud de Sinus Medii, près du centre de la Lune. Depuis sa formation (pré Nectarien 4,55 à 3,92) Hipparchus a subi de nombreuses modifications. Sa forme n'est plus circulaire ; les remparts nord et est se coupent à angle droit près du cratère Horrocks (Erathosténien); le rempart sud-ouest a pratiquement disparu peut-être suite à un glissement de terrain. La partie occidentale du cratère est très dégradée, la partie orientale un peu moins. Elle est toutefois marquée par cinq sculptures d'Imbrium. Des épanchements de basalte et des éjectas ont comblé l'arène laissant apercevoir un cratère fantôme (Hipparchus X) et la partie supérieure d'un pic central. Halley, daté également au pré Nectarien s'est formé sur le haut des remparts sud permettant de situer la formation d'Hipparchus dans la première partie de cette période. Hipparchus est le cratère qui a reçu la visite de Tintin dans « On a marché sur la Lune ».

28.1 Ptolemaeus, Alphonsus, Arzachel : sur le chemin de la grotte de glace



Le trajet d'Hipparchus à Ptolemaeus, 470 km aller-retour, ne présentant pas de réelles difficultés pour le véhicule lunaire de Tintin si ce n'est le passage d'un col après un dénivelé de 1650 m : passer au nord de Muller et Hipparchus K, contourner par le nord Catena Muller (nom non officiel) et rejoindre Ptolemaeus par une brèche dans l'enceinte Nord.

Profil du trajet ; Hipparchus à gauche



La grotte dans laquelle Milou (Tintin : on a marché sur la Lune) est tombé se trouve toutefois dans une zone très accidentée en dehors du trajet décrit ; il est possible que Tintin et le Capitaine Haddock aient décidé d'explorer la sculpture d'Imbrium (Vallis Gylden) située à l'est de Herschel N, juste avant de bifurquer vers Ptolemaeus, ce qui ne rallonge le trajet que de 55 km et que la grotte se cache dans cette vallée.

29 : Rima Ariadaeus : long graben linéaire



Rima Ariadaeus se développe d'est en ouest, d'Ariadaeus (4,6 N 17,3 O) jusqu'à 88 km à l'ouest de Silberschlag (6,2 N 12,5 O).

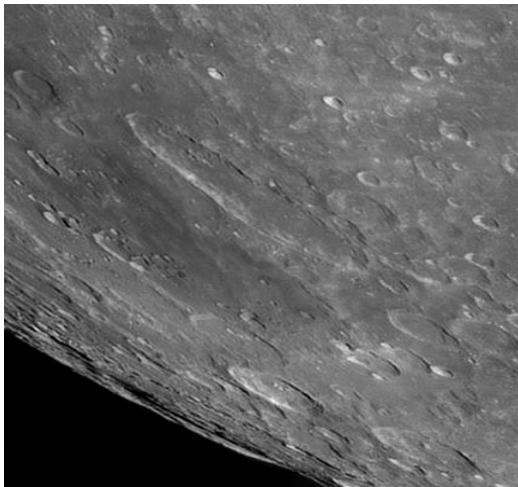
C'est un graben - un bloc affaissé entre deux failles parallèles - d'environ 220 km de long, 4,5 km de large et 500 m de profondeur. Il s'est vraisemblablement formé il y a environ 3,6 milliards d'années. Les grabens lunaires ont deux origines :

- les grabens courbes, tels que ceux à l'est de Mare Humorum sont dus à la flexion et la fracturation de la croûte lunaire lorsque le centre d'un bassin s'abaisse sous le poids de la lave ;

- les grabens linéaires sont formés lors de la remontée d'un dyke, lame de magma linéaire qui monte vers la surface en suivant une faille

préexistante, en repousse les bords et provoque l'affaissement de la zone située entre les lèvres de la faille.

30 Schiller : possible impact oblique



51,7 S 39,8 O.

Probablement le cratère le moins circulaire sur la Lune (179 x 71 km) Schiller est daté au Nectarien (3,92 – 3,85). Les remparts sont bien définis avec des terrasses. Le sol est plat, rempli soit par des éjectas du Bassin Orientale ou par de la lave marine recouverte par des retombées claires plus récentes mais d'origine indéterminée. Sa forme allongée a longtemps suscité la controverse : caldeira volcanique semblable à Toba en Indonésie? Chevauchement de deux ou trois cratères d'impact? Si Schiller était une caldeira, il devrait être entouré par de vastes zones de cendres, ce qui n'est pas le cas. Impacts multiples obliques semblables à Messier et Messier A ? Schiller semble avoir été formé par un tel événement mais l'impact était moins oblique et il semble que le projectile a éclaté en morceaux qui ont défoncé le sol l'un après l'autre. Le pic linéaire situé au nord-ouest peut représenter comment se forme un pic central qui serait soumis à une forte composante horizontale et verticale.

31 Taruntius : jeune cratère à fond fracturé



5,5 N 46,54 E

A la limite de Mare Fecunditatis et Mare Tranquillitatis, Taruntius est un cratère à fond fracturé présentant un jeu de fractures et de rainures concentriques à un massif central bien marqué.

Une zone pyroclastique s'étend du centre au nord est jusqu'au petit cratère Cameron.

Taruntius présente un système de raie large de plus de 100 km, une raie atteignant 300 km en direction de Messier. La présence de ces raies permettent de dater l'âge de Taruntius au début du Copernicien (1,10) ce qui tendrait à montrer que des manifestations volcaniques pyroclastiques se sont déroulées lors de cette période.

32 Arago Alpha and Beta : dômes volcaniques



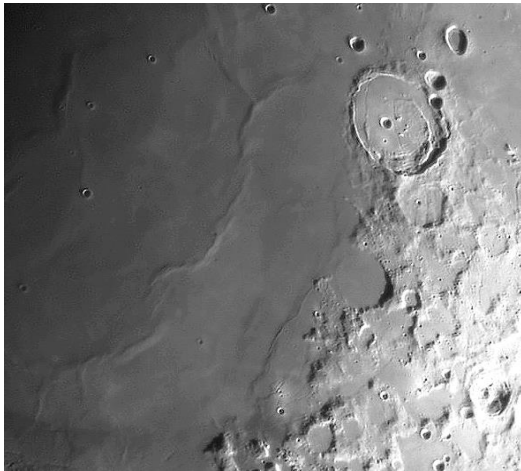
6,1N 21,4 E.

Les dômes d'Arago sont, avec les dômes de la région Milichius Hortensius, les plus connus. Ce sont des structures complexes suffisamment importantes pour être observées assez facilement. .

Arago Beta, à l'ouest, a une forme irrégulière ; Arago Alpha, au nord est un peu plus régulier avec, peut-être, un cratère sommital.

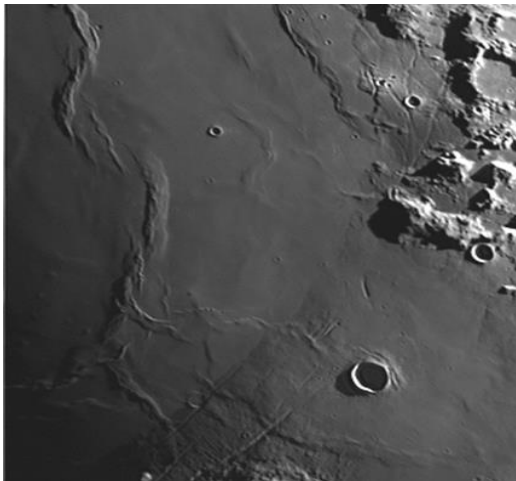
La structure générale de ces dômes est différente de celle des dômes d'Hortensius Milichius, plus réguliers et hémisphériques. Les dômes d'Arago ont été formés dans des basaltes assez riches en TiO_2 (7,5 à 10%) ; leur morphologie est peut-être liée à ce type de basalte.

33 Crête Serpentine : possibles témoins de l'anneau intérieur d'un bassin



La crête Serpentine est parallèle à la rive orientale de Mare Serenitatis et a été dénommée ainsi par Schröter en 1790 à cause de sa forme de serpent. L'UAI l'a débaptisée et scindée en deux: Dorsum Smirnov et Dorsum Lister.

Les crêtes marines ont généralement une structure asymétrique avec un bord pentu et l'autre beaucoup moins. La partie en pente douce de la crête Serpentine s'élève jusqu'à 200 m sur une distance horizontale de 4-5 km, la partie abrupte de la crête s'élève 200 m en un peu moins d'un kilomètre. L'origine peut être soit la présence en profondeur d'un anneau interne de Mare Serenitatis qui a contrarié la progression des coulées de basalte marin soit un chevauchement de failles lors de l'affaissement du centre de la mer.



Jocelyn Serot

34 Burg, Lacus Mortis, Rima Burg : cratère particulier avec des rainures et des crêtes marines



45,1 N 28,2 E

Le cratère Burg (40 km, profondeur maxi 2900 m) s'est formé au Copernicien ; l'absence de raies brillantes permet de dater cette formation au tout début de cette période. Pic central de 900 m.

Lacus Mortis est-il un ancien cratère ou une partie reliant Mare Frigoris et Lacus Somniorum? Les murs de Lacus Mortis ne définissent pas un cercle ou une ellipse - ils se recoupent à angle droit. En fait c'est une dépression à l'intérieur d'un plateau caillouteux formé par les éjectas de Mare Imbrium. Le sol de Lacus Mortis est parcouru de rimae se recoupant. Une faille orientée sud-est/ nord-ouest se développe au sud-ouest de Burg. Sous un éclairage rasant les éjectas de

Burg présentent à l'ouest une zone d'évitement. Ceci indiquerait que l'angle d'impact était inférieur à 45 ° et que l'objet venait de l'ouest.

35 Rimae Triesnecker : groupe de rainures



4,18 N 3,6 E.

Les rainures se répartissent globalement en trois catégories: sinueuse, linéaire ou arquée. Les rainures près de Triesnecker ne rentrent pas dans ces catégories. Elles sont pour la plupart étroites, forment des lignes brisées qui se recoupent semble-t-il de manière aléatoire. Les segments nord-ouest / sud-est sont approximativement radiaux à Mare Imbrium, mais pas les segments nord-sud et est-ouest. Les rainures ne sont pas associées à des formations clairement volcaniques comme des dômes, des fosses d'effondrement, des événements.

Les éjectas de Triesnecker (Copernicien) semblent couvrir les rainures, qui seraient

donc plus âgées que ce cratère. Ces rainures sont la manifestation en surface de la présence de dykes de magma qui se sont rapprochés de la surface. La zone située au nord-ouest du cratère présente une dépression de l'ordre de 500 m sur une distance de 20 km. Cette dépression pourrait marquer un enfoncement du plancher qui aurait pu générer les fractures.

36 Bassin Grimaldi : petit bassin avec deux anneaux



5,4 S 68,3 O

Grimaldi est un petit bassin situé à proximité du limbe ouest, au sud-ouest d'Oceanus Procellarum et au sud-est du cratère Riccioli. La paroi intérieure de Grimaldi a été si intensément érodée par les impacts qu'elle ne forme plus qu'un anneau irrégulier de collines plutôt qu'un cratère typique. Cependant, certains sommets atteignent plus de deux kilomètres. Le sol de Grimaldi est très particulier ; il est lisse et plat et présente un faible albédo. Sa couleur sombre contraste avec l'environnement très clair, ce qui rend le cratère facile à repérer. Le diamètre approximatif du plancher basaltique est de 140 km et la largeur des contreforts varie de 40 à

60 km avec un dénivelé de 600 m en 40 km. La zone basaltique occupe le centre d'un premier bassin de 220 km de diamètre. Celui-ci s'étend de manière moins évidente jusqu'à 220 km soit un diamètre de 440 km pour le Bassin Grimaldi. Le basalte est daté à 3,25 milliards d'années. Cette formation est mieux conservée au nord et à l'ouest du cratère qu'ailleurs. Au sud-est de Grimaldi se trouve un système de rainures nommé Rimae Grimaldi. Au nord-ouest, des rainures appartenant à Rimae Riccioli approchent de la bordure ouest de l'enceinte. Au nord-est Rima Hevelius longe une zone pyroclastique composée de deux événements de 6 et 11 km. Grimaldi aurait présenté des phénomènes lunaires transitoires comme des éclairs de lumière, des taches de couleur et des zones de brumeuses. Les émissions de gaz ont été détectées par spectroscopie. Les sondes en orbite ont également détecté une concentration de masse (mascon) en dessous du cratère.

37 Baily : bassin à peine visible



66,8 S 68,9 O

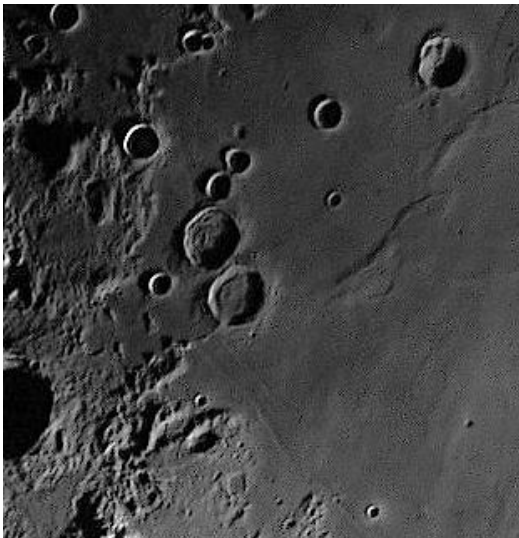
Une des plus grandes plaines murées sur la Lune, presque une «mer» en miniature, s'étendant 290 km du nord au sud et tout autant d'est en ouest sur le limbe sud-ouest. Sa profondeur est estimée à 6 000 m. Baily ne peut vraiment être observé que lors d'une libration favorable.

Le sol de Baily est inégal ; les laves marines sont absentes et il est recouvert d'une multitude de crêtes et cratères. L'ensemble du cratère est érodé ainsi que les remparts extérieurs qui présentent des impacts multiples. S'il a existé, le pic central est invisible.

Une analyse fine de la surface permet de déceler les vestiges de deux anneaux internes ce qui fait de Baily un des plus petits bassins à anneaux multiples. Dans la partie sud-est se trouvent deux cratères importants Baily A et B qui se chevauchent.

L'âge de Baily est estimé à plus de 3 milliards d'années, au Nectarien.

38 Sabine et Ritter : possible impact simultané



1,4N 20,1 E.

Sabine et Ritter sont des cratères jumeaux (30 km), chacun présentant des terrasses dégradées, des rainures concentriques et un sol bosselé. Sabine semble le plus âgé des deux.

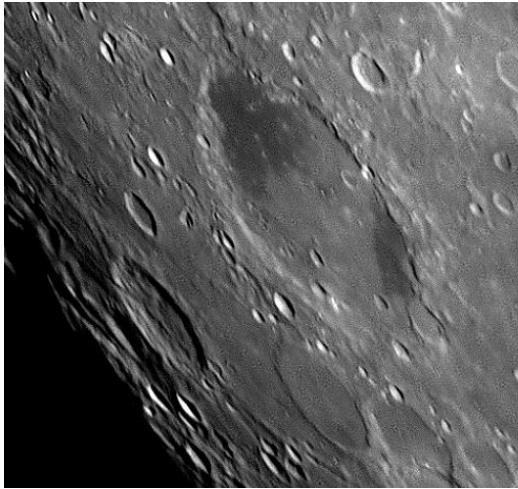
Leur profondeur est respectivement de 700 et 750 m alors que, en fonction de leur diamètre, elles devraient être de 3 000 m. La différence de 2 300 et 2 700 m vient d'une remontée massive de magma via des fractures au fond des cratères.

La forte similitude entre les deux cratères a peut-être pour origine un impact simultané de deux objets identiques.

La partie nord de Sabine montre plusieurs craterlets avec de petites taches sombres.

Ce sont des cratères à halo sombres résultant de l'excavation des couches basaltiques lors d'un impact.

39 Schickard : cratère dont le sol présente des bandes d'éjectas d'Orientale



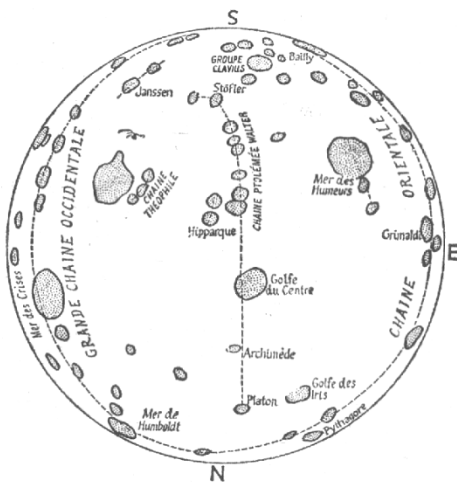
44,4 S 55,1 O

Schickard est une plaine murée de 190 km de diamètre située dans le secteur sud-ouest de la Lune, à proximité du limbe lunaire. En conséquence, le cratère apparaît déformé par la perspective. Schickard a une enceinte érodée et parfois impactée par de petits cratères. Le plancher a été partiellement inondé par la lave, ne laissant que la partie sud-ouest découverte et rugueuse. Un petit essaim de cratères secondaires est présent sur cette zone.

Le plancher présente une double coloration. Le décompte des cratères sur le plancher permet de définir la chronologie suivante :

- formation du cratère
- émission de lave par les fractures du plancher
- dépôt d'une couche d'éjectas clairs provenant du Bassin Orientale (3,75)
- éruption complémentaire de basalte dans les zones nord et sud, qui recouvrent les éjectas d'Orientale.

39.1 Les grandes chaînes de l'est et de l'ouest



La théorie volcanique a très longtemps prévalu pour expliquer la formation des cratères. Elle est clairement exposée par Patrick Moore dans « Le guide de la Lune. Ed. 10/18 ».

Elle repose sur la constatation que certains groupes de cratères sont alignés : au méridien Platon, Archimedes, Ptolemaeus, Alphonsus, Arzachel, - Regiomontanus, Werner, Stöfler – à l'est Pythagoras, Eddington, Grimaldi, Schickard, Bailly – à l'ouest Mare Humboldtianum, Endymion, Langrenus, Vendelinus, Petavius, Furnerius, Lyot.

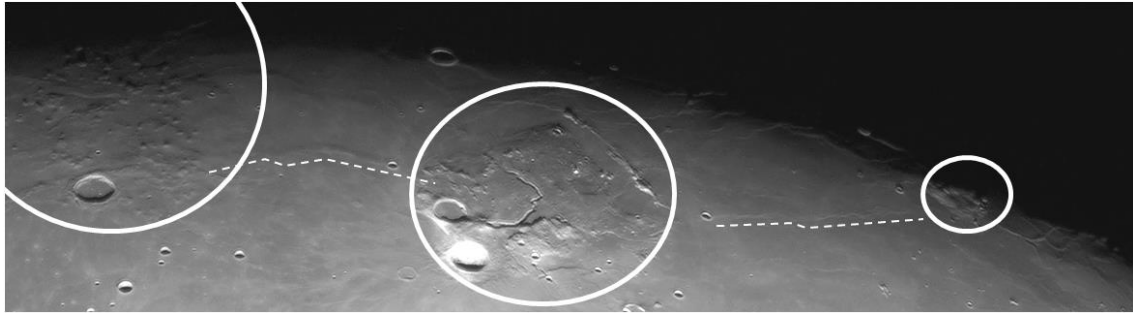
Un volcanisme fissurale existe bien sur Terre, alors pourquoi pas sur la Lune ?

Il faudra attendre les années 1970 pour que cette théorie soit démentie.

39.2 Rumker, plateau d'Aristarque, collines de Marius, un alignement particulier

Ces trois grands centres volcaniques se trouvent sur une ligne imaginaire située au milieu de la partie nord ouest d'Oceanus Procellarum. A l'extrémité nord (à droite) se trouve Mons Rümker, le plus petit et le moins visible de ces centres. Mais Mons Rümker est, comme les deux autres centres volcaniques, un type unique de relief; un amoncèlement de dômes volcaniques qui se chevauchent. Les dômes pris individuellement sont de taille similaire à des dômes tels que ceux situés près d'Hortensius, mais l'ensemble s'élève à environ 800 m

au-dessus de la mer. En suivant la ligne imaginaire, bien qu'il existe une très discrète dorsale marine, on trouve le plateau d'Aristarque qui est probablement une structure soulevée, comme Montes Harbinger à proximité, couverte par des laves marines et plaquée de dépôts pyroclastiques dont l'origine est l'événement de la Tête de cobra de Vallis Schroteri. Enfin on trouve le complexe volcanique des collines de Marius (à gauche), un autre regroupement de cheminées largement réparties plutôt que regroupées. Il y a là plus de 200 cônes aux pentes raides dont certains semblent tout juste émerger d'une large zone surélevée dont les limites est et nord sont situées bien au-delà de la zone des cônes. Sont également présents des événements et des rainures sinueuses.



A la fin des années 1960, Hal Marsursky a émis l'hypothèse que ces trois centres volcaniques anormalement importants se trouvaient le long de l'équivalent d'une dorsale médio-océanique terrestre. Or, une crête rectiligne bien visible sous un éclairage rasant relie Rumker au plateau Aristarchus ; une autre, moins prononcée va du plateau aux collines de Marius. Elles sont peut-être la manifestation en surface d'une faille profonde, une des principales fractures de la croûte lunaire. Les trois centres volcaniques pourraient être l'équivalent de l'Islande, une île volcanique terrestre en formation sur une dorsale en expansion.

Sur Terre, les géologues ont réussi à comprendre en partie pourquoi un type de volcan est présent dans une zone donnée et d'autres types dans d'autres zones. La tectonique des plaques est la principale explication car elle influence fortement la composition du magma, la teneur en gaz, le volume et la viscosité des laves. Sur la Lune, cette pierre angulaire de la compréhension du volcanisme est depuis toujours absente. Pourtant les collines de Marius montrent que, sur un même site, la composition du magma peut changer au fil du temps. Bien que la plupart des collines soient des cônes, il y a aussi des dômes présentant des pentes douces, des événements sans bord donnant naissance à des rainures (dont Rima Marius) et des coulées de lave massives au nord des collines. Nous pouvons en déduire que la teneur en gaz a varié au cours du temps, ce qui a conduit à ces différents types d'éruptions ; mais nous ne savons pas le pourquoi de cette variation. Ni pourquoi, à plus grande échelle et bien qu'il s'agisse là de méga-mégadômes, ces trois complexes sont aussi différents.

40 Rimae Janssen : exemple très rare d'une rainure continentale



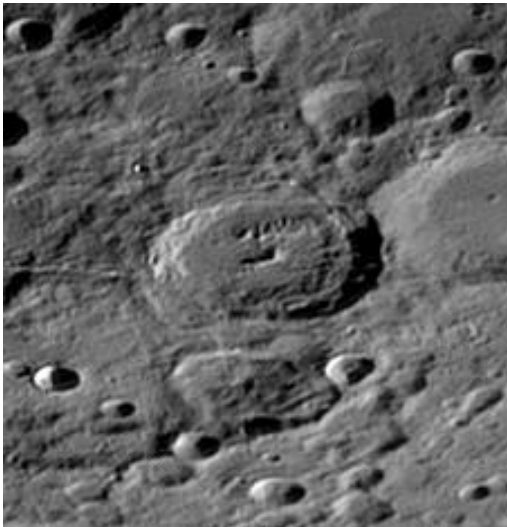
44,9 S 40,8 E

Janssen, un cratère de 220 km proche du limbe sud-est, est daté au pré Nectarien (4,53 à 3,92).

Le plancher de Janssen recèle un système complexe de crevasses nommé Rimae Janssen présentant une ramification en Y. D'une longueur de 140 km, ces rainures prennent naissance à la base des remparts de Fabricius, se dirigent vers le sud-ouest puis vers le sud pour rejoindre le pied de la paroi interne des remparts dégradés de Janssen. La présence de ce type de rainure sur une zone continentale éloignée des mers est très rare. Une autre formation de ce type se trouve près de Hase au nord-est de Furnerius.

Elle a peut-être comme origine une remontée de magma sous le cratère, laquelle a formé un ensemble de dykes. Noter la forme particulière en U des terrasses ainsi que le pic central allongé de Fabricius un cratère daté à l'Eratosthénien de 78 km, situé sur la partie orientale de Janssen. Le renflement au centre de Janssen, parcouru par Rimae Janssen, a peut-être pour origine un gigantesque glissement de terrain provoqué par l'impact de Fabricius.

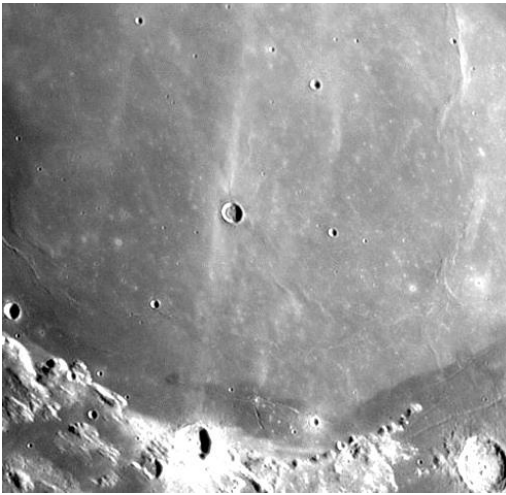
40.1 Fabricius : de curieuses terrasses



42,7 S 41,8 E

Inclus dans l'ensemble de la « formation Janssen » Fabricius passerait inaperçu si ce n'était son système particulier de terrasses en forme de U. Celles-ci semblent provenir de glissements de terrains particulièrement importants pour la terrasse nord. Celle-ci se serait déplacée de 13 km sur un dénivelé de 1 300m. Autre particularité : comme tous les cratères Fabricius possède des remparts qui s'élèvent de 1 000 à 2 000 m au-dessus de la plaine environnante ; sauf au nord-ouest où on passe directement de la plaine au bord du cratère qui surplombe l'intérieur de 4 000 m.

41 Raie de Bessel : raie brillante d'origine incertaine



21,7 N 17,9 E

Ce cratère passerait inaperçu si ce n'est une fine bande claire d'éjectas dont l'origine reste incertaine : Bessel lui-même, Menelaus, Thales, Tycho ?

Bessel : la raie n'est pas centrée sur le cratère, elle est plutôt sur l'ouest.

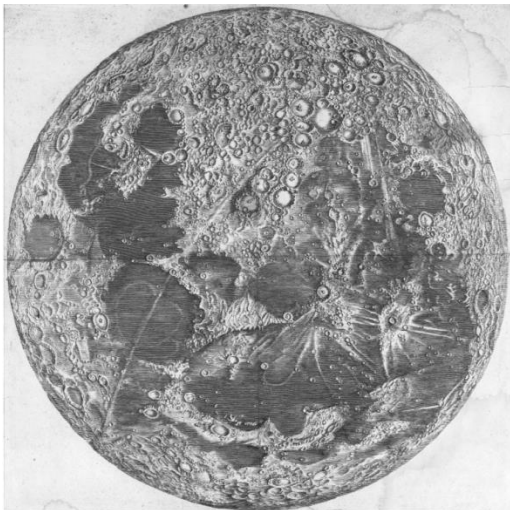
Menelaus présente des éjectas en éventail à l'opposé de Bessel

La raie est centrée sur Thales (61,7 N 50,3 E) mais sa distance (1 450 km) et sa taille (29 km) rendent peu probable cette solution.

Tycho : cette dernière hypothèse est celle actuellement privilégiée.

La visibilité de la raie indique qu'elle a un âge inférieur à 1 milliard d'années. Pour certains le niveau de dégradation des remparts permet de dater Bessel à l'Eratosthénien ; pour d'autres il serait Copernicien. L'absence de système rayonnant correspondrait à la première hypothèse.

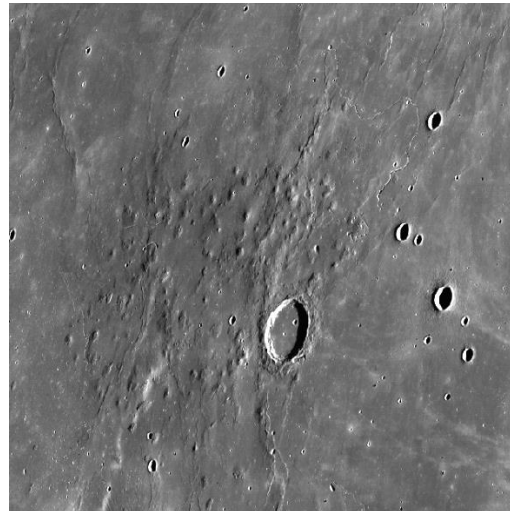
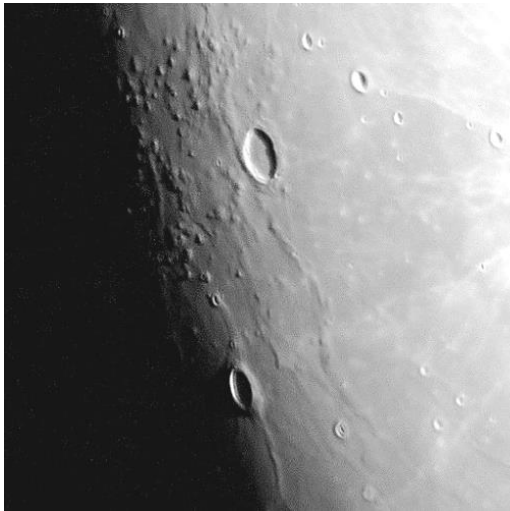
La visibilité de la raie indique qu'elle a un



La raie de Bessel est bien visible sur la carte de Cassini (1679). La raie qui se dirige vers le haut à droite, passe à gauche d'Hipparchus, de Deslandres, puis entre Clavius et Tycho. Elle n'est donc pas centrée sur Tycho.

La raie opposée traverse Mare Serenitatis au centre d'une zone en forme de cœur qui correspond bien à la zone claire de la surface de la mer, puis se dirige en bas à gauche, à travers l'appendice nord-est de Mare Frigoris, vers une zone qui correspond à Thales.

42 Collines de Marius : complexe de dômes et cônes volcaniques



LRO

11,9 N 50,8 O

Le cratère Marius, daté à l'Imbrien inférieur, se situe immédiatement à l'est de la plus vaste zone volcanique lunaire. Cette zone est, avec Rümker et le plateau Aristarchus, la troisième zone volcanique d'Oceanus Procellarum.

Le champ de cônes et dômes des collines Marius est constitué de plus de 300 formations distinctes comprenant des dômes de 3 à 10 km de diamètres pour quelques seulement centaines de mètres de hauteur et de petites collines pentues de 1 à 2 km atteignant plus de 1 000 mètres d'altitude.

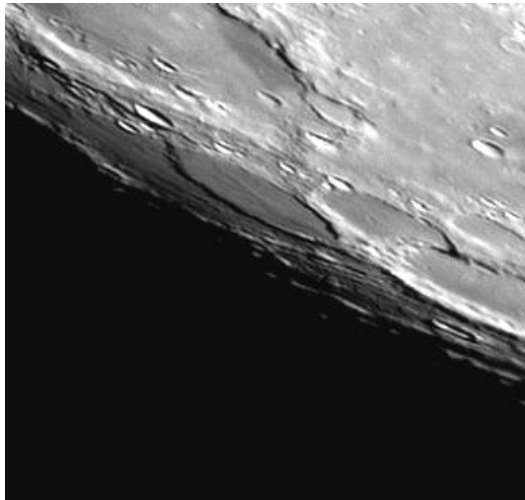
La région présente une anomalie gravitationnelle positive témoignant de la présence d'une ancienne chambre magmatique à l'origine de l'intense épisode volcanique. Celui-ci se serait déroulé en trois temps il y a 3,3 milliards d'années :

- éruption pyroclastique due à la présence d'un magma riche en gaz qui a édifié les cônes puis
- éruption d'un magma plus pauvre en gaz à l'origine des dômes, enfin éruption d'un magma très fluide qui se repend sur l'ensemble de la zone via les rainures sinueuses et a ennoyé la base des reliefs.

Deux longues rainures sinueuses sont faiblement visibles à proximité. Rima Marius s'étire sur 275 km pour seulement 300 mètres de large.

Sur une des nombreuses rainures proches du cratère la sonde japonaise Selene a repéré un orifice dans ce qui pourrait être un tube de lave. Le toit du tube aurait 25 mètres d'épaisseur et le tube lui-même un diamètre de 65 mètres.

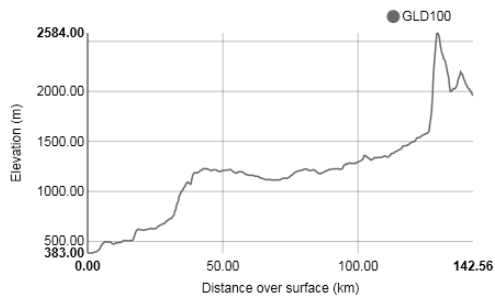
43 Wargentín : cratère totalement rempli de lave ou d'éjecta



49,5 S 60,4 O

Ce cratère de 84 km est unique. Excepté dans la partie sud, la lave marine, qui a surgi par des fractures du plancher, a atteint le sommet des remparts. Elle a peut-être débordé dans la partie nord-ouest. Une ride de faible altitude en forme de patte d'oiseau parcourt la surface

..... Geodetic Distance (distance over surface of the spheroid)
141.446 km

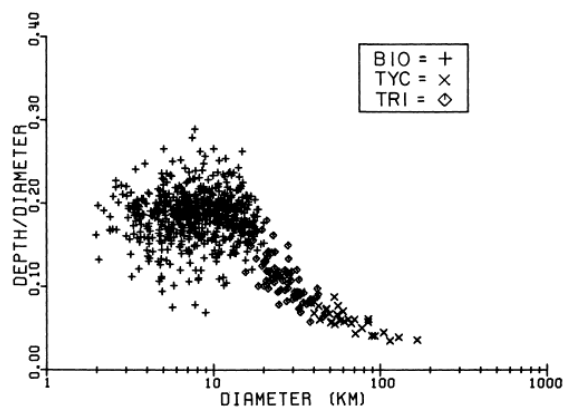


Le rempart sud culmine de 1 000 m au-dessus du plancher alors que le rempart nord est absent.

La profondeur de ce type de cratère est normalement de 4 km.

3678

C. A. WOOD and L. ANDERSSON



Relation diamètre / profondeur
Wood

Fig. 6. Depth-diameter ratios compared to crater diameter (D) for the 3 crater types believed to have least post-impact modifications (Wood, in preparation). The distribution strongly inflects near $D = 20$ km and weakly near $D = 50$ km.

44 Mersenius: plancher bombé parsemé de cratères secondaires

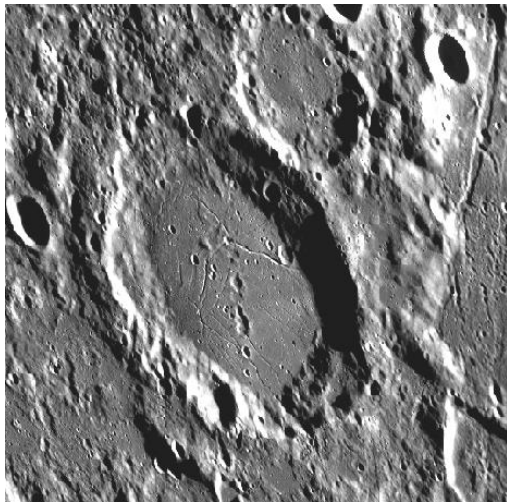


21,5 S 49,3 O

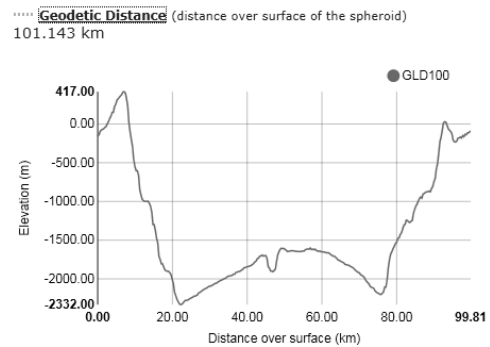
En bordure du Bassin Humorum, Mersenius, 84 km, n'est pas très connu mais il présente une particularité intéressante : il semble avoir un plancher en forme de dôme avec une flèche d'environ 500 mètres.

Le plancher est parcouru par un système complexe de rainures rectilignes ou sinueuses, d'évents et de cratères fantômes. Les laves marines ont envahi le plancher comme dans la plupart des cratères à fond fracturé puis une arrivée massive de magma l'a soulevé.

De petits dépôts pyroclastiques ont également été détectés autour des rainures.



LRO



45 Maurolycus : région saturée de cratères



41,7 S 13,9 E

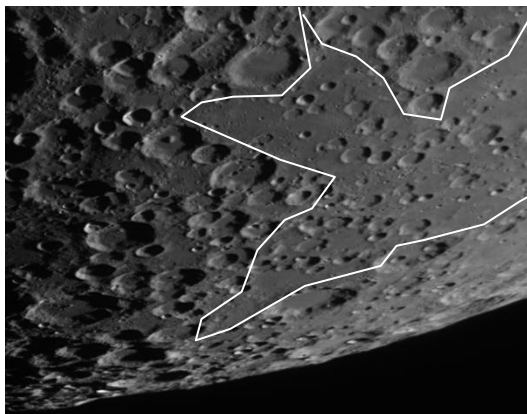
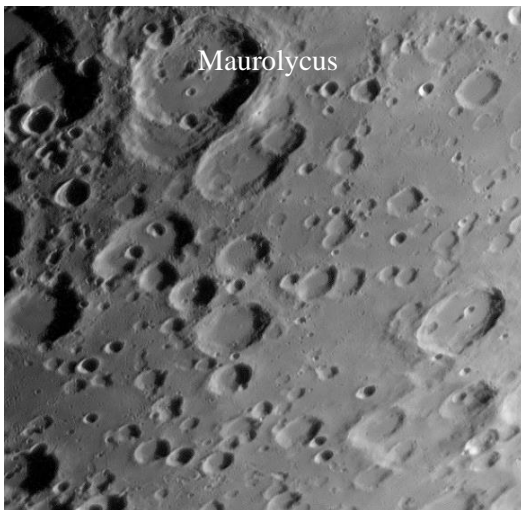
Cratère très érodé de 115 km, daté du Nectarien situé dans une région recouverte de cratères de toutes tailles, superposés - Stofler, Faraday, Licetus, Cuvier, Clairaut, Baco, Barocius... et un nombre imposant de cratères secondaires.

Le principal attrait de cette région ne réside pas dans ces cratères mais dans les zones entre les cratères ; elles sont particulièrement plates.

Si leur couleur était sombre, on pourrait penser à une origine volcanique marine ; mais elles sont claires. Dans le système stratigraphique officiel elles sont datées au pré Nectarien, c'est-à-dire qu'elles sont plus anciennes que les bassins les plus anciens. Sont-elles le vestige de la croûte originelle de la Lune ?

Mais alors comment se fait-il qu'elles aient été miraculeusement épargnées par les impacts ? On pense que la zone a été nivelée par des éjectas de bassin, en l'occurrence du Bassin Mutus Vlacq, dont le centre est à 500 km au sud-est et aujourd'hui pratiquement invisible.

Ces éjectas ont été par la suite recouverts par des éjectas ultérieurs



Comparaison entre deux zones proches :

A gauche (ouest), zone accidentée

A droite (est) zone au sol nivelé en particulier au sud de Cuvier, cratère à fond plat en haut au centre de l'image.

46 Pic central de Regiomontanus : pic pouvant être d'origine volcanique



LRO

28 S 0,7 O

Immédiatement à l'ouest de Werner et au sud de Purbach, Regiomontanus est un cratère qui, à l'origine avait 110 km de diamètre. Mais il a été fortement dégradé par Purbach si bien que, désormais, il a une forme elliptique de 110 x 80 km. Il est sans grand intérêt.

Sa notoriété vient du débat autour de la présence d'un cratère au sommet de ce qui était initialement le pic central. Pendant de nombreuses années il a été considéré comme la preuve d'une activité volcanique lunaire. Des images à haute résolution montrent qu'il s'agit en fait d'un cratère d'impact de 5 350 m de diamètre et 1 000 m de profondeur que le hasard a placé exactement au sommet du pic.

47 Points sombres d'Alphonsus : zones sombres d'origine volcanique sur le plancher



13,4 S 2,7 O

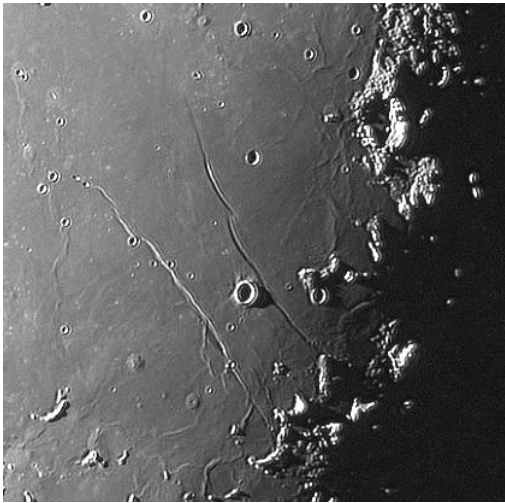
Alphonsus fait partie du trio Ptolemaeus – Alphonsus - Arzachel, bien visible au centre de la face visible.

C'est un cirque de 118 km de diamètre et 2 700 m de profondeur. Son arène est caractérisée par la présence de rainures (Rimae Alphonsus) et de trois groupes de zones sombres centrées sur des cratères sans rempart.

Ces zones sombres sont des dépôts pyroclastiques formés lors d'éruptions basaltiques qui pourraient être contemporaines de celles intervenues dans Mare Nubium toute proche. Dans ce cas, les éruptions à la surface d'Alphonsus dateraient de 3,2 à 3,5 milliards d'années.

Les dépôts sont associés à des cônes de faible altitude semblables à de petits volcans terrestres mais moins pentus. Cette similitude a conduit la NASA à y faire s'écraser Ranger 9 le 2 février 1964 après avoir transmis des images à haute résolution et choisir Alphonsus comme un site possible pour Apollo 16 ; ce fut finalement la zone de Descartes qui fut retenue. Il existe 48 zones pyroclastiques sur la face visible. Elles sont pratiquement toutes situées en bordure de mer ou dans l'arène de cratères proches d'une rive marine. Sur la face cachée, 11 zones sont regroupées autour de Mare Moscoviense, au sud d'Orientale et dans l'enceinte de South Pole Aitken Basin ; preuve de leur liaison avec l'environnement marin.

48 Zone de Cauchy : zone de failles, rainures et dômes.



L'ensemble est composé de deux éléments, une faille et une rainure.

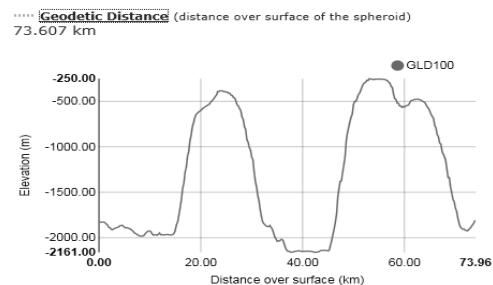
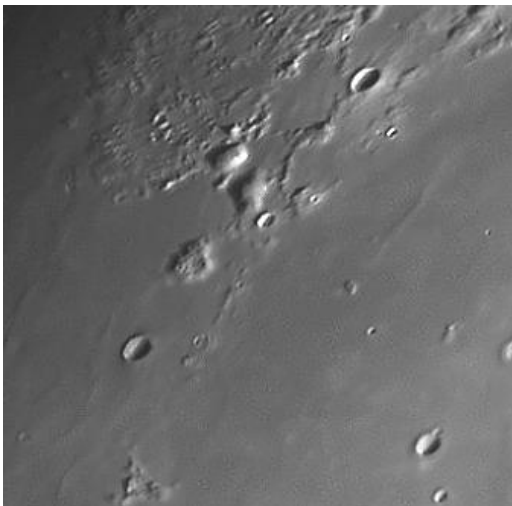
Rupes Cauchy est une formation très complexe. Elle débute à l'est comme une rima longue de 55 km jusqu'à Cauchy C. Puis la rainure devient un rupes de 100 km jusqu'à Cauchy B. La faille est alors décalée de 2,5 km vers le sud. L'escarpement devient un escarpement en échelon en trois parties qui se termine vers un possible évent. Le dénivelé de rupes est de 500 m sur 4 km. Rima Cauchy une rainure de 200 km, bien visible au lever du Soleil.

C'est une sorte de graben de 2 km de large et 100 m de profondeur.

Elle est symétrique dans la partie est et inclinée NE/SO dans la partie ouest. Des dômes de 10 et 12 km sont également présents au sud-ouest de rupes ainsi qu'à son extrémité nord-ouest. C'est donc une zone très volcanique. L'origine des deux formations est peut-être la présence d'un dyke. Une coupe transversale NE/SO montre en effet un plateau de 44 km de large à une altitude constante de -480m.

D'est en ouest le plateau est asymétrique : il s'élève de 400 m en 75 km (- 855 à - 460 m) puis se maintient à -500 m pendant 75 km.

49 Gruithuisen Delta et Gamma : dômes volcaniques formés par des laves visqueuses

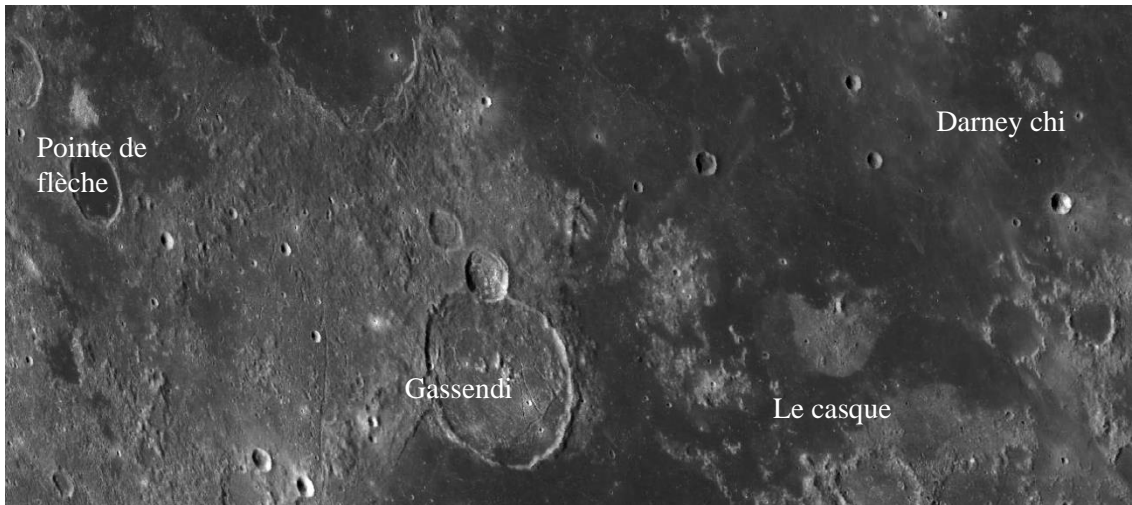


Contrairement à la plupart des dômes volcaniques marins généralement beaucoup plus plats, plus lisses et plus petits, les dômes Gruithuisen sont plus élevés, plus pentus, plus volumineux et sont situés à la limite mer/continent.

La forme inhabituelle des dômes peut avoir pour origine des laves visqueuses riches en silice, à faible teneur en TiO₂ correspondant à des magmas qui se sont répandus au début de la période de l'Imbrien tardif il y a 3,85/3,72 milliards d'années.

Les dômes de Gruithuisen font partie d'un groupe connu comme les «points rouges», à albédo élevé, faible teneur en fer et en titane. Comme ils se situent dans les Procellarum KREEP terrain (PKT), cela peut suggérer qu'il s'agit d'une évolution d'un magma riche en KREEP (potassium, Rare Earth Elements, phosphore), ou même riche en silice tels que dacite, rhyolite. Coupe nord-ouest / sud-est

49.1 Le casque, la pointe de flèche et Darney Chi



Bien qu'ils ne se situent pas dans la région des dômes de Gruithuisen mais au sud, sur la rive opposée d'Oceanus Procellarum près de Gassendi, ces trois formations peuvent être associées aux dômes par la composition des magmas dont ils sont formés.

S'ils ne sont généralement pas ou très peu observés par les astronomes amateurs, ils retiennent depuis longtemps l'attention des professionnels.

Hansteen Alpha (HA) est facile à trouver entre le cratère à fond fracturé Hansteen et le cratère Bailly, envahi de lave marine. C'est une tache triangulaire lumineuse et rugueuse d'environ 25 km de côté. En raison de sa forme, HA est communément appelé « La pointe de flèche » « The Arrowhead. » ; HA n'est pas recouvert par les éjectas de Hansteen et Billy, et doit être plus jeune que ces cratères.

Le casque, sa forme parle d'elle-même, est un massif de 60 x 40 km et 550 m d'altitude légèrement asymétrique situé à l'est de Gassendi. Au nord-est, Darney chi comprend trois massifs peu élevés (120 m) répartis sur une zone de 36 km de côté.

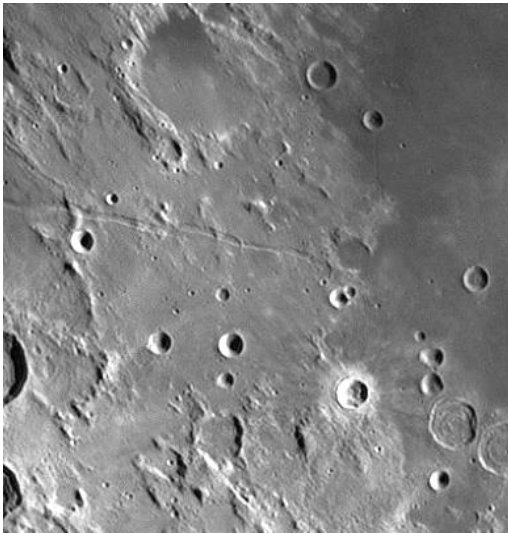
L'origine la plus communément admise est qu'il s'agit de formations volcaniques semblables aux extrusions terrestres de laves dacitiques ou rhyolitiques riches en silice, très visqueuses. Le casque serait une des régions volcanique les plus riches en lave acide. Cette lave diffère des basaltes marins par une teneur plus élevée en thorium, comme les laves terrestres visqueuses. Une forte absorption dans l'ultraviolet fait qu'elles apparaissent spectralement rouges (d'où leur dénomination « taches rouges ». Elles sont datées :

- Pointe de flèche : 3,74 à 3,65 Ga, Imbrien supérieur.

- Le Casque et Darney chi : 3,94 Ga, limite Nectarien et pré Nectarien.

En plus de ces trois formations et des dômes de Gruithuisen, d'autres formations apparaissent identiques sur les images avec filtres rouge-vert-bleu : au sud des Montes Rhiphaeus, dans l'arène du cratère Bullialdus (connu pour son pic central de norite – anorthosite + pyroxène), dans la région de Lassell au sud de Davy, dans Montes Archimedes, près du cratère Mairan T au nord d'Oceanus Procellarum.

50 Plaine de Cayley : plaine plate et claire d'origine incertaine



Légèrement en dessous du centre de l'image, le cratère Cayley (3,9 N 15,1 E) est un petit cratère de 15 km, daté à l'Eratosthénien et situé sur une zone claire et relativement lisse appelée « Formation Cayley ». Avant Apollo la formation Cayley était considérée comme une zone volcanique associant des magmas basaltiques et des magmas plus acides, des coulées de lave et des retombées de cendres. Ceci a prévalu jusqu'aux analyses de laboratoires sur les échantillons d'Apollo 16. Elles ont montré que les roches locales de la région de Descartes, considérée comme une « Formation Cayley », étaient des brèches constituées d'un mélange d'éjectas et de roches fondues par impact provenant d'Imbrium associés à des roches locales

fragmentées par des impacts secondaires. Elles sont ainsi datées à 3,9.

Les laves provenant de la toute proche Mare Tranquillitatis empiètent sur la Formation Cayley ; elle est donc plus ancienne que la mer, ce qui est confirmé par une concentration plus élevée de cratères. La chronologie pourrait être : sol recouvert par les éjectas d'Imbrium mélangés par des impacts secondaires en bordure du bassin Tranquillitatis qui répandra ultérieurement ses laves marines.

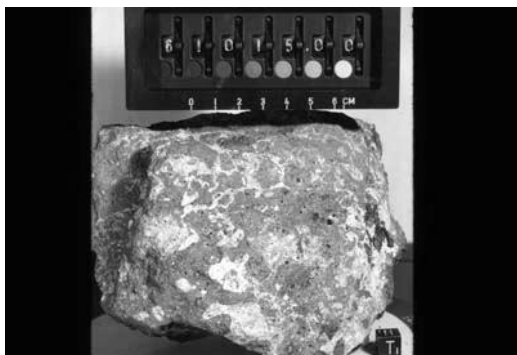
Mais des observations minutieuses ont montré que :

- certaines brèches pourraient avoir pour origine l'impact Tranquillitatis daté au pré Nectarien (avant 3,92)

- les plaines lisses ne sont pas entaillées par les sculptures Imbrium ; elles seraient donc plus récentes

- le décompte de cratères révèle des régions plus jeunes que les impacts Imbrium et Orientale, La fourchette d'âge est donc très large (4,0 à 3,65), ce qui ne concorde pas avec les résultats précédents.

L'origine de la formation Cayley reste incertaine et cette incertitude plane sur toute la face visible, les roches de type « Formation Cayley » étant omniprésentes.



Echantillon de brèches de la « Formation Cayley » prélevé par Apollo 16, composé d'anorthosite (roche claire) et de roches fondues par impact.

Nasa

51 Catena Davy : chaîne de cratères résultant de l'impact d'une comète fracturée



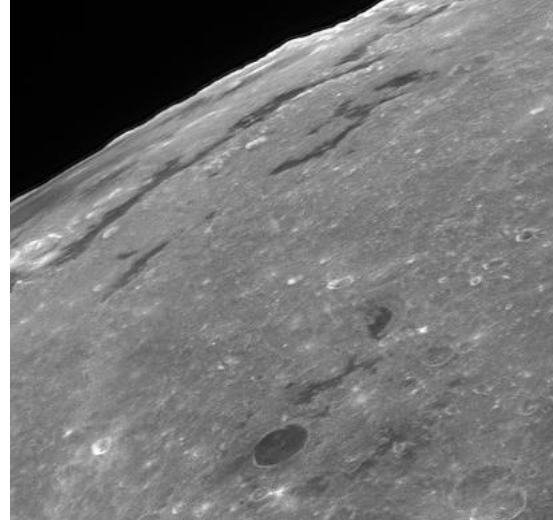
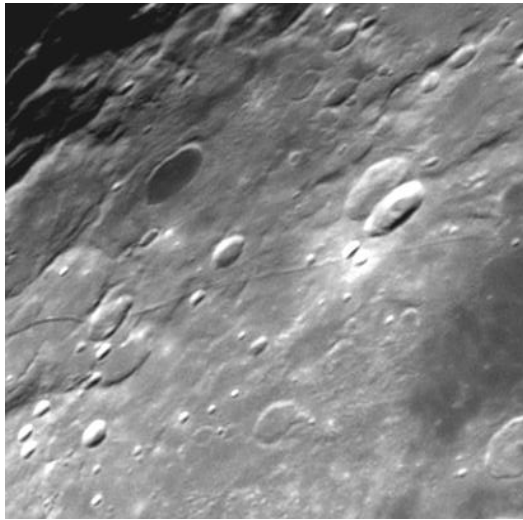
Les chaînes de cratères telles que Catena Davy sont assez rares sur la Lune. Davy est formé par 23 cratères et fait 47 km de longueur. 20 cratères sont bien visibles. On pense qu'elle a pour origine une comète ou d'un astéroïde fracturé, un peu comme la comète Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter. Certaines chaînes de cratères peuvent également résulter de l'impact de cratères secondaires lors d'un impact majeur.

51.1 Catena Muller : non officielle et pourtant superbe



A 25 km à l'est de Ptolemaeus, Catena Muller (non officielle malgré son évidence) s'étend sur 70 km. Ses cratères alignés font en moyenne 5 km de diamètre. Son origine semble identique à Catena Davy.

52 Crüger : possible caldeira volcanique



16,7 S 66,9 O

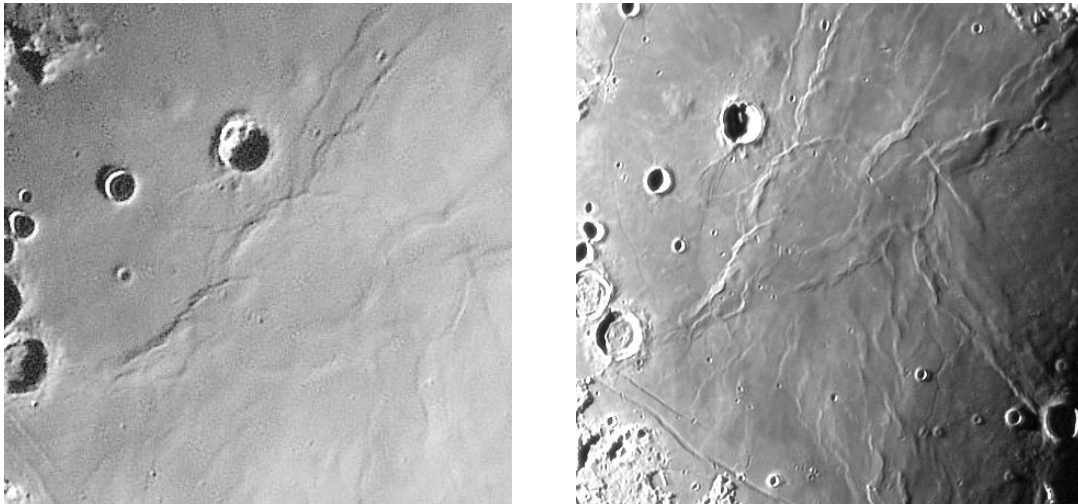
Crüger est un cratère de 44 km dont le plancher est très sombre.

Deux hypothèses ont été proposées pour Crüger : une caldeira formée lors de l'effondrement d'une chambre magmatique, un cratère d'impact rempli par les laves comme Wargentín. Cette dernière hypothèse est, actuellement, communément admise. La lave est remontée jusqu'à 500 m sous le sommet des remparts. On peut estimer la profondeur initiale de Crüger à $44 \times 0,08$ soit 3 200 m et l'épaisseur de basalte dans l'enceinte à environ 2 700 m.

A noter que Crüger se trouve dans le prolongement des zones sombres de Lacus Aestatis et de Rocca A, qui pourrait être un « Crüger » incomplet, le magma n'ayant envahi que la partie nord du cratère. Cet alignement Rocca A, Aestatis, Crüger permet d'imaginer une ou plusieurs fissures qui ont conduit le basalte en surface.

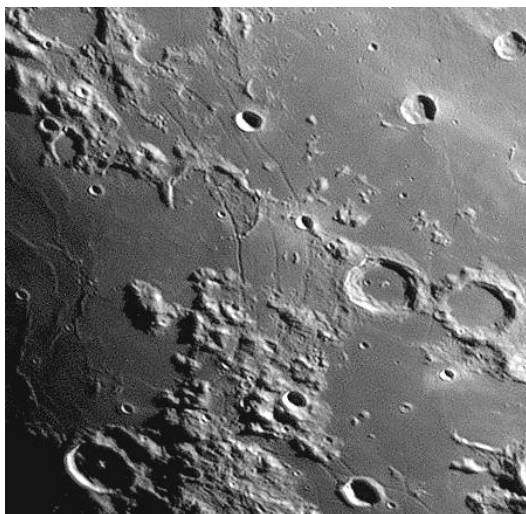
Beaucoup de cratères ont été envahis par les laves marines mais peu présentent des caractéristiques aussi évidentes que Crüger. On peut citer Billy à 500 km à l'est, Platon, Endymion, la zone de Mare Undarum dont Firmicus et celle de Mare Australe dont Lyot

53 Lamont : possible bassin recouvert par les laves



Lamont (5,1 N 23,3 E) est un ensemble complexe de rides concentriques et radiales au sud-ouest de Mare Tranquillitatis. L'aspect général serait celui d'un immense cratère fantôme si ce n'était une rainure concentrique double qui suggère un bassin d'impact fantôme. Une première structure ovale (81 x 50 km), légèrement concave, présente une dépression de 350 m. La deuxième, incomplète à l'ouest, aurait 135 km de diamètre. La partie orientale de Lamont présente donc une structure morphologiquement différente de la partie occidentale : deux rainures concentriques et de nombreuses crêtes radiales torsadées formant un éventail nord-est / sud est. Certaines crêtes sont « plates » comme celle orientée nord-est. Elle culmine de 130 m à l'ouest et de 200 m à l'est et sa largeur moyenne est de 5 km. Les autres crêtes ont une base plus étroite, un relief plus prononcé et présentent toutes une forme de tresse. Des failles en échelon sont peut-être à l'origine de cette structure. A l'ouest il n'y a pas de crêtes radiales importantes. La partie ouest de l'anneau interne est bien visible ; l'anneau externe est à peine suggéré. Lamont est associé à une anomalie gravitationnelle importante qui témoigne soit de la présence de magma en profondeur soit de la remontée du manteau. Lamont serait donc un petit bassin à anneaux multiples noyé sous les laves de Mare Tranquillitatis.

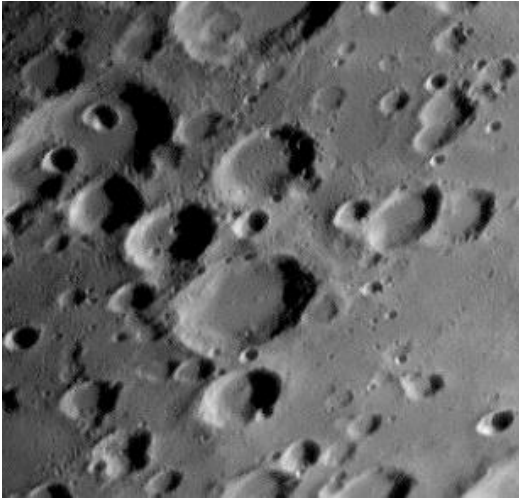
54 Rima Hippalus : rainures concentriques par rapport au Bassin Humorum



Hippalus (24,9 S 30,4 O) est un ancien cratère de 58 km envahi par la lave. Il est traversé par une rainure de 120 m de profondeur et de 2 à 3 km de largeur. Cette rainure fait partie du système de rainures concentriques le plus important sur la Lune : Rimae Hippalus. Les rainures sont incurvées et proviennent certainement de rupture de la croûte suite à des tensions provoquées par le poids des laves sur le centre du Bassin Humorum. Elles sont espacées d'environ 25 km ; La fracturation a créé 3 rainures principales. La rainure intérieure 1 fait 200 km ; la rainure 2 est composée de plusieurs segments : segment nord de 60 km situé sur une partie marine, segment sud de 60 km

situé sur les éjectas du Bassin Humorum ; la rainure 3 fait 250 km et chevauche éjectas et zones marines. Les rimae extérieures 2 et 3 convergent au sud à la hauteur du petit cratère Dunthorne.

55 Baco : cratère à plancher lisse particulier



51 S 19,1 E

Au sud de Maurolycus - Clairot, Baco (65 km) se trouve dans une région « sur-cratérisée ». Il est daté au Nectarien (3,92 à 3,85) et présente des remparts érodés d'à peine 500 m d'altitude, parfois moins, des terrasses peu prononcées et un plancher nivelé. Profondeur 2 300 m.

Un éjecta de Tycho, pourtant éloigné de 650 km, parcourt le plancher. Il n'est vraiment visible qu'autour de la pleine lune.

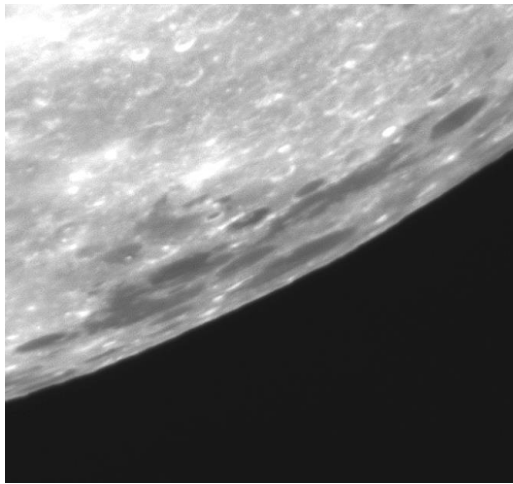
Une caractéristique atypique : 2 pics centraux de 150 m espacés de 12 km.

La profondeur du cratère devait être de l'ordre de $65 \times 0,07 = 4\,000$ m ce qui signifie que l'épaisseur des éjectas qui l'ont comblé est de

l'ordre de 1 700 m. Hauteur théorique du pic central : 1 800 m (Hale 1982), ce qui est cohérent avec la hauteur de parties apparentes des pics (1 800 m – 1 700 m = 100 m. Hauteur mesurée : 150 m).

Ces éjectas proviendraient du Bassin Orientale et auraient nivelé l'environnement des cratères de cette région, faisant disparaître les petits cratères et comblant partiellement les plus importants.

56 Mare Australe : ancien bassin d'impact partiellement comblé



Mare Australe est une mer de 630 km de diamètre, située au sud-est de la Lune, à cheval sur les hémisphères visible et caché. Contrairement à la plupart des mers lunaires, elle présente une surface irrégulière, marquée de nombreux cratères d'impact.

Le Bassin Australe s'est formé au pré-Nectarien (4,53 à 3,92); soumise à un bombardement intense, sa structure d'origine a été complètement détruite lors de la formation ultérieure de cratères.

Pendant quelques centaines de millions d'années, à l'Imbrien Inférieure (3,85 à 3,75) les laves ont fait éruption à travers des failles sur les planchers de la plupart des

cratères d'impact. Certains de ces cratères ont été complètement submergés, d'autres ont été seulement partiellement remplis. Pendant les périodes de librations favorables, Mare Australe peut être entièrement observée depuis la Terre. Aucun anneau concentrique et dépôt d'éjecta massif ne sont visibles.

57 Reiner Gamma : forme tourbillonnaire claire associée à une anomalie magnétique



7,5 N 58,9 O

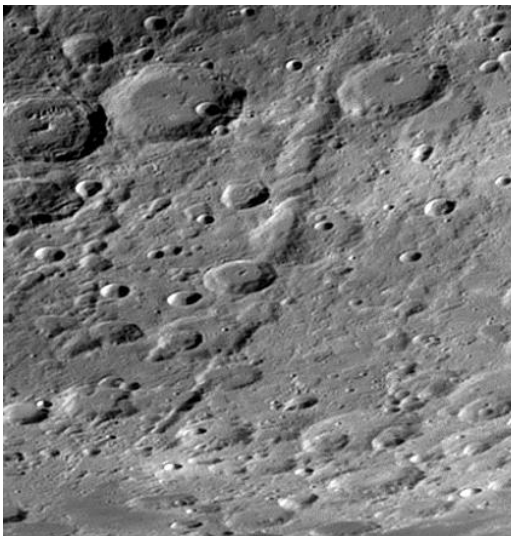
Reiner Gamma est une formation très particulière, un « swirl », un tourbillon. Ce tourbillon en forme de têtard a un albédo significativement plus élevé que les basaltes marins environnants.

La formation des tourbillons lunaires est un mystère. Bien que la Lune ne possède pas de champ magnétique global, les champs magnétiques localisés ont été observés dans les régions des swirls. Les minis champs magnétiques auraient protégé la zone des tourbillons des vents solaires qui peuvent assombrir les sols lunaires au fil du temps, ce qui explique un albédo élevé.

Deux zones de tourbillons sur la face cachée sont présentes, situés à l'opposé de bassins

d'impact de la face visible (Mare Imbrium et Mare Orientale), ce qui suggère que leur formation et que des champs magnétiques localisés sont liés aux impacts qui ont créé ces bassins. Mais Reiner Gamma n'est pas aux antipodes d'un bassin d'impact sur la face cachée.

58 Vallis Rheita : chaîne de cratères secondaires



4,5 S 51,5 E

Vallis Rheita est située au sud de Mare Nectaris. Elle a, dans une première approche, une longueur de 460 km. Sa largeur varie de 10 km dans sa partie la plus étroite à une trentaine pour sa partie la plus large. Il s'agirait alors de la deuxième plus longue vallée lunaire sur la face visible de la Lune, dépassée seulement par Vallis Snellius.

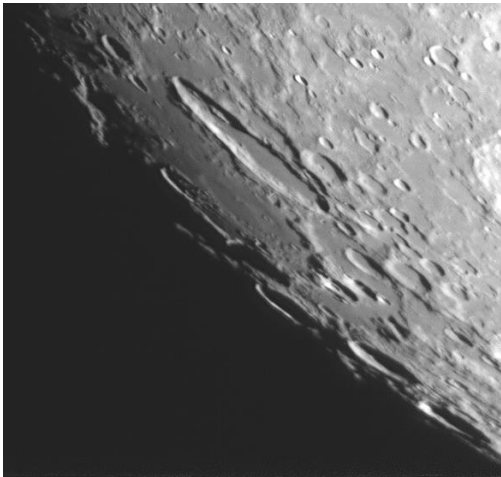
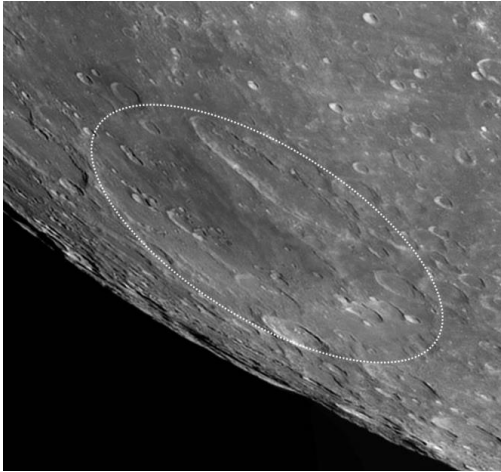
Toutefois une étude plus détaillée montre qu'elle est en fait constituée de deux segments : le premier de 275 km de Rheita à Young D; le deuxième de 185 km de Mallet C à Reimar A parfois nommé Vallis Mallet.

Si on prolonge Vallis Rheita vers le nord, elle tangente le Bassin Nectaris ; Vallis Mallet est radiale au bassin. Vallis Rheita semble constituée par une chaîne de cratères très érodés qui peuvent être des cratères secondaires du Bassin Nectaris, créés lors d'impacts à vitesse peu élevée.

Deux autres formations semblent être reliées à Mare Nectaris car radiales :

- Vallis Snellius, située 320 km au nord-est de Vallis Rheita. Sa longueur totale avoisine 800 km mais elle semble composée de deux segments : 400 km de Borda à Snellius puis, légèrement décalé vers le nord, 370 km de Hase D à Abel K. Son origine est incertaine, impacts de secondaires à faible vitesse ?
- autre formation de 280 km, qui semble être une faille radiale à Nectaris, est à peine visible entre Neander N et Brenner E.

59 Bassin Schiller-Zucchius : bassin fortement dégradé



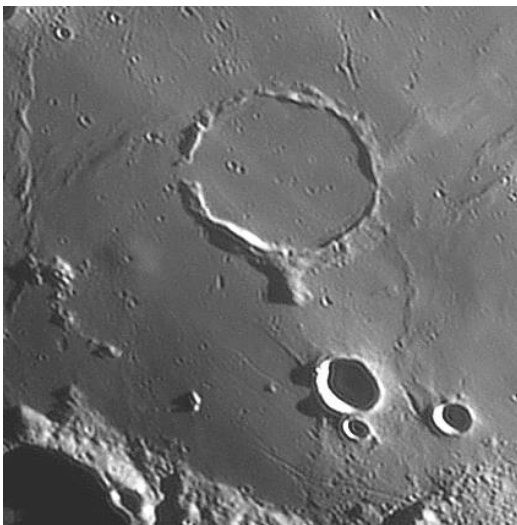
Lorsque Bill Hartmann et Gerard Kuiper ont pour la première fois décrit ce « bassin au voisinage de Schiller », c'est ce nom qu'ils lui ont donné, faute de mieux. Plus tard, les cartographes lunaires de l' *US Geological Survey* se sont mis d'accord sur un système d'appellation au sein duquel les bassins étaient nommés à partir des cratères présents sur leurs bords opposés. Le bassin "à côté de Schiller" est donc désormais officiellement le Bassin Schiller-Zucchius.

La présence d'un anneau interne montagneux relativement bien préservé le distingue de la plupart des bassins mieux connus de la face visible et le fait ressembler à un bassin à deux anneaux concentriques.

"Ressembler" car ce n'est peut-être qu'une impression.

En effet, on note une dépression interne, traversée par des dorsales similaires à celles que l'on observe dans les cratères fantômes, qui pourrait correspondre à un troisième anneau, mais cette dépression est nettement décentrée par rapport aux anneaux externes. Elle pourrait donc résulter d'un simple impact ultérieur dont la trace aurait été comblée par les épanchements de laves ayant rempli le bassin. Ceci dit, tous les bassins ne présentent pas un système d'anneaux parfaitement concentriques. Donc l'hypothèse d'un troisième anneau n'est pas à écarter.

60 Kies Pi : dôme volcanique



Jocelyn Serot

Dôme volcanique à l'ouest de Kies (26,3 S 22,7 O), un cratère de 47 km au sud de Mare Nubium.

Le dôme a une altitude moyenne de 60 m et le cratère sommital un diamètre de 1,4 km et une profondeur de 65 m. Sa profondeur est donc supérieure à celle du dôme qui l'abrite.

61 Mosting A : cratère simple proche du centre de la face visible



3,2 S 5,2 O

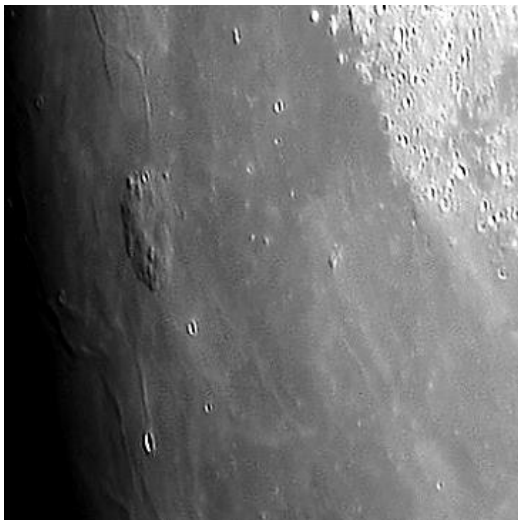
Petit cratère de 13 km et 2 700 m de profondeur situé en bordure du cratère Flammarion, un cratère de 70 km totalement délabré. Un nord, Rima Flammarion, un graben de 55 km.

La position d'un point sur la Lune est définie, comme sur Terre, par ses coordonnées en latitude et longitude. L'équateur lunaire est perpendiculaire à l'axe de rotation de la Lune et le méridien d'origine passe par le centre du disque lunaire visible pour des librations en longitude nulles.

L'intersection entre le méridien central et l'équateur lunaire ne correspond à aucun

point particulier à la surface de la Lune ; c'est également le cas sur Terre puisque ce point se trouve au large de la côte sud du Nigéria, dans le golfe de Guinée. Il se situe dans Sinus Medii, entre le cratère Bruce (1,1 N 0,3 E) et le cratère fantôme Opole (1,5 S 0,5 O). Afin de faciliter les repérages un petit cratère bien défini avait initialement été choisi comme point d'origine au réseau de coordonnées sélénographiques ; c'était Mosting A au centre de l'image. Suite au changement de système de référence décidé par l'UAI, désormais centré sur Sinus Medii, Mosting A a perdu son statut privilégié mais le calcul précis de sa position dans le nouveau système de coordonnées a permis de recalculer très précisément la position de l'ensemble des points lunaires cartographiés.

62 Mons Rümker: grand dôme volcanique



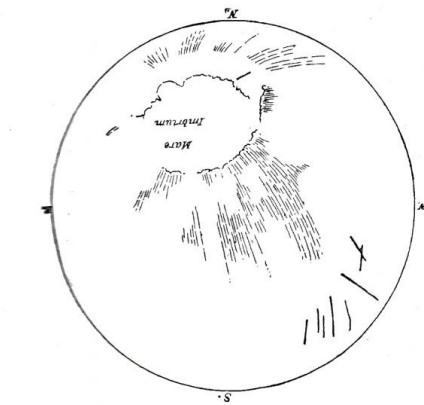
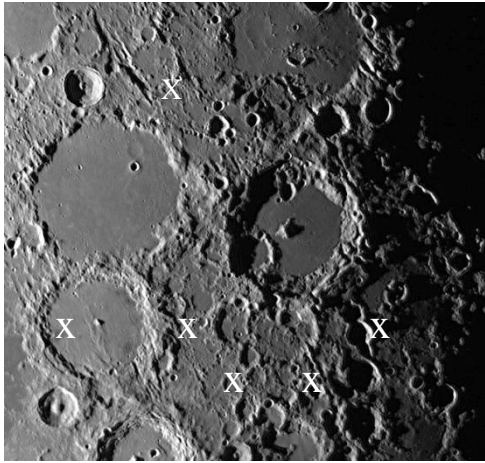
40,7 N 58,4 O

Mons Rümker est la plus petite et la plus septentrionale des formations volcaniques d'Oceanus Procellarum (Collines de Marius, plateau d'Aristarchus, Mons Rümker). Cette formation de 65 km de diamètre et 600 à 1 000 m d'altitude se présente comme un ensemble d'une trentaine de dômes d'origine volcanique.

Le volume de lave est estimé à 1 800 km³. Son apparence est celle d'une structure ancienne mais aucune ride ne le recoupe, ce qui lui donnerait un âge plus récent que celui des laves avoisinantes.

La partie centre, occupée par une dépression de 260 m en forme de losange, est en réalité rectangulaire 40 x 31 km ; elle pourrait indiquer une caldeira ou un cratère effondré. Ce serait dans ce cas la plus importante caldeira lunaire.

63 Sculptures d'Imbrium : découpes provoquées par les éjectas d'Imbrium dans les zones de Boscovich et Julius Caesar



D'après K. Gilbert

En 1893 Grove Karl Gilbert a décrit les sculptures Imbrium comme un ensemble de vallées et de crêtes qui rayonnent à partir du centre de Mare Imbrium. Les sculptures ont pour origine les éjectas produits par l'impact qui a créé le Bassin Imbrium.

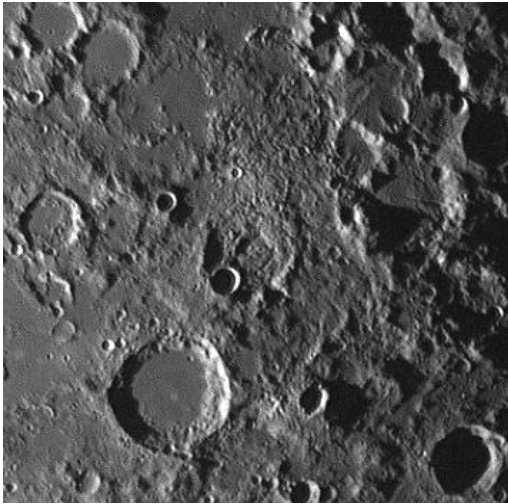
Une concentration des sculptures au sud-est du bassin suggère qu'Imbrium a été formé par l'impact oblique d'un projectile venant du nord-ouest sous un angle de 30° .

Une étude approfondie des rainures et des chaînes de cratères secondaires montrent que certains sont radiaux à la zone d'impact initiale située à 400 km au sud-est de Sinus Iridum. D'autres convergent vers la partie la plus au sud de la zone d'impact, d'autres vers la zone nord zone et certains sont parallèles à la trajectoire estimée du projectile.

Les rainures parallèles donnent une indication de la taille du projectile, environ 275 km de diamètre.

Les sculptures sont très présentes près de Ptolemaeus-Alphonsus-Arzachel, Hipparchus, Albategnius, Gylden, Parrot. Des collines au nord-est de Fra Mauro (Eta et Zeta) ainsi que les reliefs près de Ukert et au nord d'Hyginus ont certainement été sculptées par des impacts rasants.

64 Descartes : zone d'alunissage d'Apollo 16; possible zone de volcanisme continental



11,7 S 15,7 E

Descartes, au centre de l'image, est un cratère de 47 km totalement délabré et qui serait resté anonyme s'il n'avait été la cible de la mission Apollo 16. La raison de ce choix réside dans la zone située au nord du cratère, perçue comme très bosselée et considérée comme une zone volcanique identique à la formation Cayley située à 470 km plus au nord. Les prélèvements effectués ont montré qu'il s'agissait en fait d'éjectas d'Imbrium mélangés à la roche locale. Au sud-ouest de Descartes : le cratère Abulfeda et son sol lisse et Catena Abulfeda, une chaîne d'une vingtaine de cratères d'impact s'étendant sur 240 km et provenant d'un objet fragmenté.

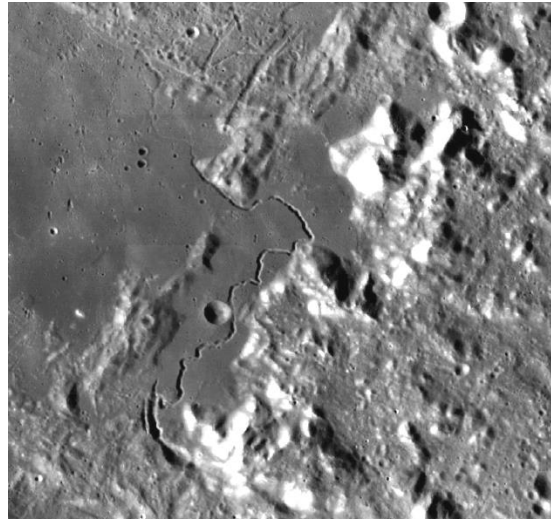
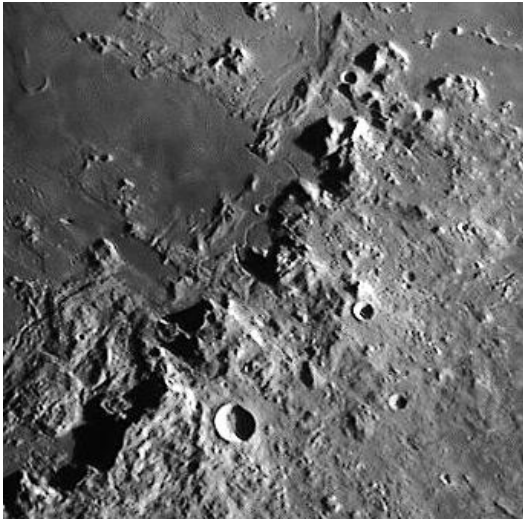
65 Dômes d'Hortensius : zone de dômes au nord d'Hortensius



7,6 N 27,8 O

Au nord-ouest de Copernicus la zone d'Hortensius se trouve en bordure de Mare Insularum, au sud d'une zone d'éjectas du Bassin Imbrium dont seuls les sommets émergent à la surface de la mer. Ce qui fait l'intérêt de cette zone est la présence de nombreux dômes dont certains sont regroupés comme les six dômes de la région d'Hortensius. Chaque dôme a environ 6 km de diamètre et 200m de hauteur. Les cratères sommitaux font en moyenne 100 m de profondeur soit 50% de la hauteur du dôme. D'autres dômes ainsi que des zones pyroclastiques sont visibles au nord-ouest près de Tobias Mayer et Milichius.

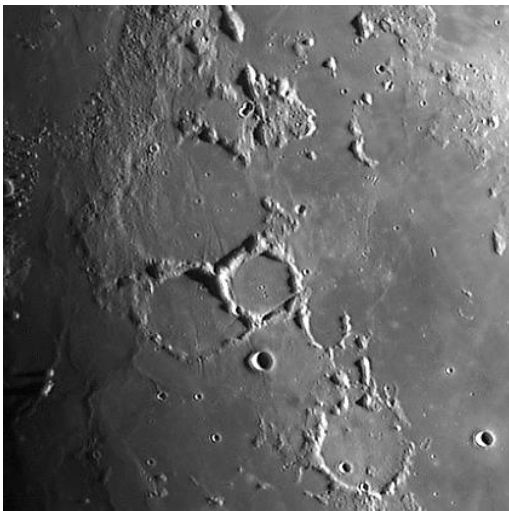
66 Rima Hadley : chenal de lave près de la zone d'alunissage d'Apollo 15



LRO

Si la rainure sinueuse la plus connue des astronomes est Vallis Schroteri, située dans Oceanus Procellarum, la plus connue du grand public est Rima Hadley sur le bord de laquelle s'est posé Apollo 15. Elle a une longueur d'environ 130 km. Sa profondeur varie entre 180 et 270 m mais elle atteint 370 m au niveau du site d'Apollo 15. Elle prend naissance dans Montes Apenninus, via plusieurs événements, Béla, (24,6 N 2,2 E) Carlos, Jomo et Tazio, à partir desquels le magma s'est répandu. Béla, qui forme le début de Rima Hadley, aurait pu être formé par l'effondrement d'une chambre magmatique peu profonde. La vallée se dirige vers le nord dans une annexe de Palus Putredinis puis, à la hauteur de Mons Hadley, prend brusquement la direction du nord-ouest pour aller se perdre au nord du palus.

67 Fra Mauro : zone d'alunissage d'Apollo 14 composée par les éjectas d'Imbrium



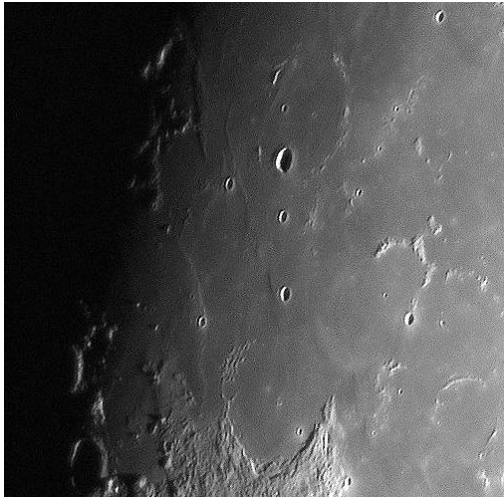
6,1 S 16,9 O

A 500 km au sud de Copernicus, quatre cratères totalement délabrés séparent Mare Cognitum à l'ouest d'un appendice nord de Mare Nubium : du nord au sud : Fra Mauro, Bonpland, Parry et Guericke.

Si les trois derniers ont une structure assez classique de cratères envahis par les laves marines, Fra Mauro se présente en deux parties. A l'est, une zone de lave marine sombre et peu cratérisée par comparaison avec la partie ouest, plus claire et surtout plus bosselée. Les remparts est de Fra Mauro ont disparu alors que la portion de rempart nord-est surplombe l'arène de 800 à 1 200 m.

Les remparts ouest semblent recouverts par une couche de roches de 400 m d'épaisseur, valeur que l'on retrouve sur toutes les coupes ouest-est au nord de la « Formation Fra Mauro ». Les prélèvements effectués par Apollo 14 ont montré que cette zone ouest était en fait constituée de brèches complexes incluant de nombreux processus d'impacts plus anciens dont des éjectas du Bassin Imbrium et des impacts locaux. Ce sont les analyses de ces brèches qui ont permis de dater l'impact du Bassin Imbrium à 3,85 milliards d'années.

68 Flamsteed P : considéré comme un cratère récent d'origine volcanique. Zone d'alunissage de Surveyor 1



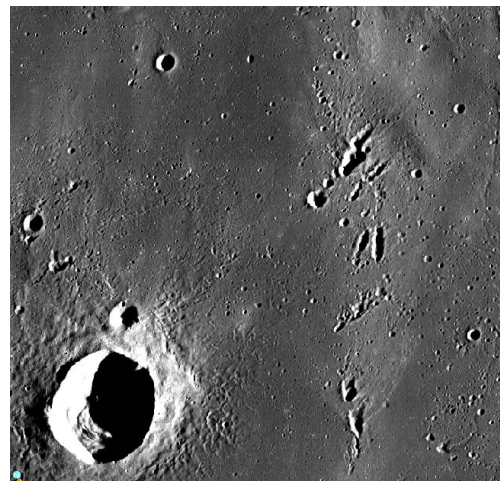
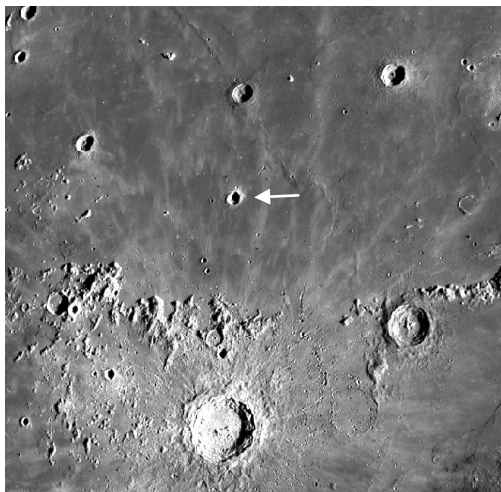
LRO

4,5 S 44,3 O

Il est de tradition que le cratère principal porte le nom d'une personnalité et que les cratères satellites portent ce nom associé à une lettre (A,B,...). Ici c'est l'inverse. Flamsteed est un petit cratère de 22 km et Flamsteed P un cratère fantôme de 100 km (en haut de l'image, face à Letronne). Quelques portions de remparts apparaissent au-dessus des laves d'Oceanus Procellarum ; la hauteur de ces vestiges est de 300 à 400 m. La profondeur d'un tel cratère doit être de 5 000 m (Wood, Anderson) ce qui donne une épaisseur de lave de 3 500 m.

Flamsteed P a longtemps été considéré comme un cratère récent, d'origine volcanique, peut-être encore actif, dont le magma parvenait en surface par des failles circulaires.

69 Secondaires de Copernicus : raies brillantes et craterlets près de Pythéas



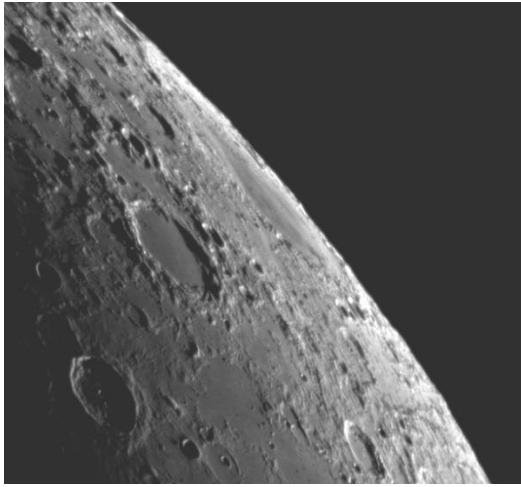
LRO

Pytheas 20,5 N 20,6 O

On retrouve les cratères secondaires de Copernicus associés aux éjectas clairs sur l'ensemble de la région autour du cratère. Ils sont bien visibles près de Pythéas, au nord de Copernicus ; ils sont de forme allongée (leur grand axe pointant vers Copernicus), regroupés en amas.

L'amas de secondaires au nord-est de Pythéas chevauche parfaitement une raie brillante de Copernicus. Cela permet de préciser que les secondaires sont postérieurs aux dépôts d'éjectas brillants.

70 Bassin Humboldtianum : bassin d'impact à anneaux multiples



A l'est du cratère Endymion (53,6 N 56,5 E) Mare Humboldtianum est visible sous la forme d'une tache sombre située tout près voire sur le limbe. Le cratère Endymion sert de repère.

La mer se situe à l'intérieur d'un grand bassin d'impact à double anneau (Bassin Humboldtianum). Le premier anneau circulaire fait 340 km de diamètre et le second, composé de trois segments dont deux sont absents au nord et nord-est, 650 km. Ces trois segments sont certainement les témoins de la présence de failles souterraines. La surface de la mer se trouve à 4 200m sous le niveau du bord du bassin. L'anneau principal

de 650 km chevauche partiellement la face cachée. Le matériau du bassin est Nectarien (3,92 à 3,85), tandis que celui de la mer elle-même est daté à l'Imbrien supérieur (3,75 à 3,20). La partie sud-est du bassin, d'un gris plus léger, est une région de collines. Mare Humboldtianum n'est vraiment visible que lorsque la libration est favorable.

71 Zone sombre de Sulpicius Gallus : éruption de cendres au nord-ouest du cratère



19,6 N 11,7 E

Une image à la pleine lune montre que Mare Serenitatis est une zone plutôt claire entourée d'une bande plus foncée, en particulier près des rives sud et est. Ces zones plus sombres sont associées à des rainures en arc près de Plinius, Menelaus et à l'ouest de Sulpicius Gallus. La partie ouest de la région de Sulpicius Gallus semble assez rugueuse alors que la partie est, sombre, semble comme nivelée par un saupoudrage. Des fontaines de laves associées aux rainures et éjectant des basaltes riches en titane auraient répandu ces cendres il y a 3,7 à 3,8 milliards d'années.

72 Cratères à halo sombre d'Atlas : puits éruptifs sur le plancher d'Atlas

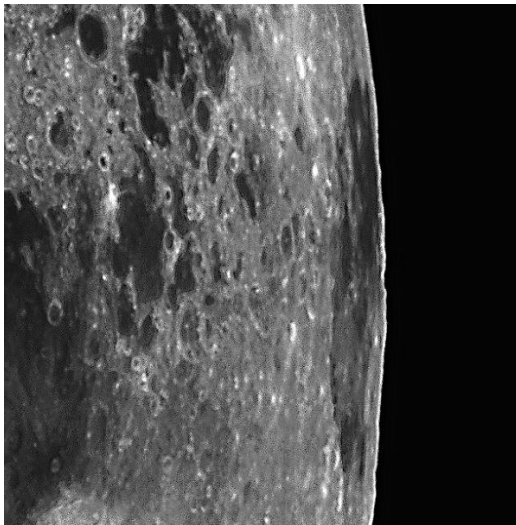


Atlas (46,7 N 44,4 E) et Hercules sont souvent présentés comme jumeaux. Une analyse des éjectas montre qu'Atlas s'est formé en premier à l'Imbrien supérieur (3,75 à 3,2) et Hercules pendant l'Eratosthénien (3,20 à 1,1) .

La réelle différence entre les deux cratères réside dans leur arène. Le sol d'Hercules est lisse, de teinte sombre (lave marine). Le sol d'Atlas est plus complexe : fractures, zones pyroclastiques sombres surtout bien visibles au pied des remparts sud, où les rainures semblent se rejoindre. Une zone plus discrète est visible à l'opposé, au pied du rempart nord.

Nous sommes en présence de deux modes éruptifs : effusif pour Hercules et explosif pour Atlas.

73 Bassin Smythii : bordures et mer difficiles à observer



Dans cette région, deux mers sont visibles lors de bonnes conditions de librations en longitude : Mare Marginis et Mare Smythii. Cette dernière se développe dans un bassin d'impact à anneaux multiples ; l'anneau interne à un diamètre de 350 à 400 km. Les images montrent des différences de teintes des basaltes ; les zones plus sombres se sont formées plus récemment (1 à 2 milliards d'années ?)

74 Copernicus H : cratère d'impact à halo sombre



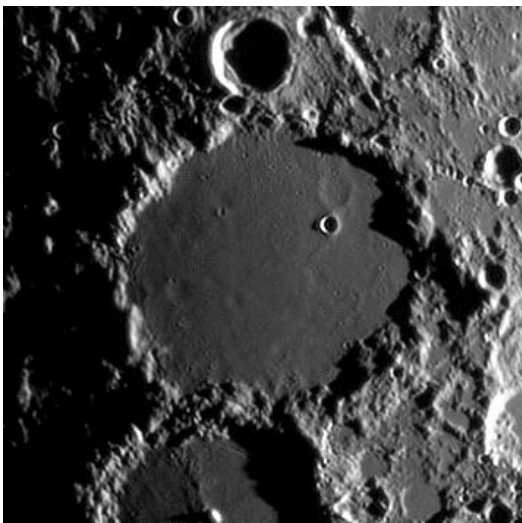
6,9 N 18,3 O

Copernicus H est un des nombreux cratères satellites de Copernicus. Il présente une auréole d'éjectas sombres caractéristique des Dark Halo Craters - (cratère à halo sombre). (DHC).

Quelle est l'origine du matériau sombre ? Nous sommes dans une annexe est de Mare Insularum donc sur des terrains basaltiques. D'autre part, des matériaux pyroclastiques sombres de la zone la plus occidentale de Sinus Aestum sont bien visibles à 90 km au sud-est. à l'est. Les matériaux sombres (basaltes et cendres) formeraient une couche dissimulée sous les éjectas brillants de

Copernicus. Cette couche a été percutée lors de l'impact et ses éjectas se sont déposés au-dessus des éjectas clairs de Copernicus. Mais elle était suffisamment épaisse pour empêcher l'impacteur d'atteindre le fond du bassin et ses roches claires d'anorthosite qui seraient alors venues recouvrir totalement ou partiellement les éjectas sombres comme c'est le cas pour Dyonisius.

75 Ptolemaeus B : dépression en forme de soucoupe sur le plancher de Ptolemaeus



7,9 S 0,7 O.

Cratère fantôme en forme de soucoupe de 17 km au nord du cratère Ammonius, (ex Ptolemaeus A), un cratère bol de 8 km et 1 900 m de profondeur.

La profondeur de Ptolemaeus B n'est que de 180 m alors qu'elle devrait être de 3 000m.

Deux hypothèses quant à l'origine des matériaux qui ont envahi l'arène de Ptolemaeus et recouvert Ptolemaeus B:

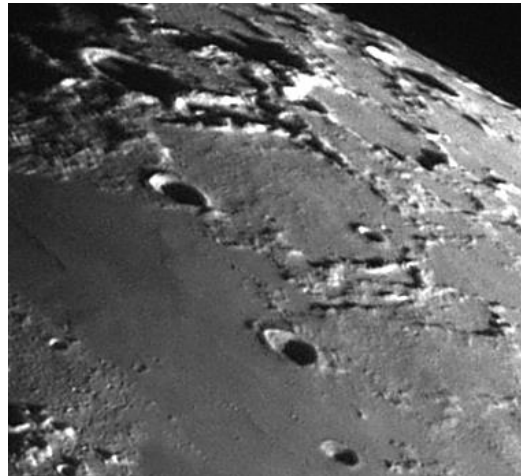
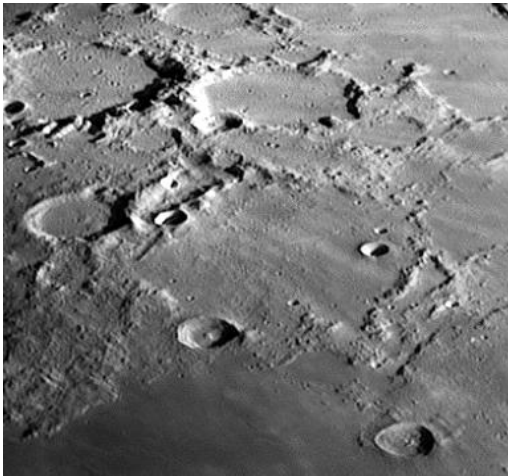
- du basalte marin monté en surface via un système de fractures comme Alphonsus tout proche ou

- des éjectas provenant d'un impact majeur à faible distance. La couleur du sol de Ptolemaeus donne la solution ; à la pleine

Lune : il est clair comme la roche des continents. Il s'agit donc d'éjectas provenant certainement du Bassin Imbrium peut-être recouverts ultérieurement par ceux d'Orientale. Le sol de Ptolemaeus est considéré comme un sol de type 'Formation Cayley » ; l'épaisseur des éjectas est estimée à 2 800 m.

D'autres cratères soucoupes sont à peine visibles à l'ouest et au sud. Ces cratères soucoupes sont considérés comme des secondaires résultant de l'impact Imbrium, également recouverts par le même processus.

76 W. Bond : grand cratère dégradé par les éjectas d'Imbrium

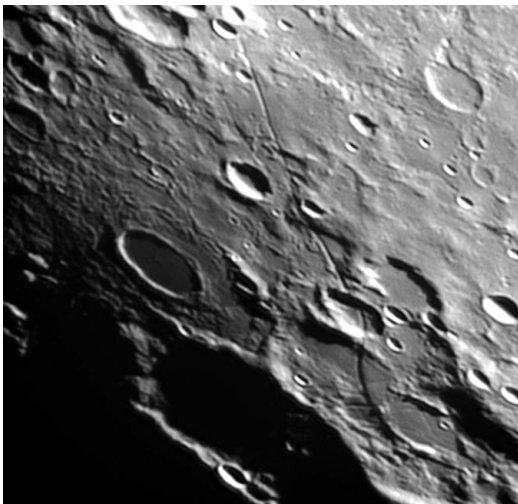


65,4 N 3,5 E.

Une grande plaine close de 159 km, totalement délabrée, datée au Pré-Nectarien (4,53 à 3,92). Sa forme rhomboïdale est spécifique bien que cette région présente plusieurs formations non circulaires comme Barrow, Goldschmidt et le cratère fantôme Birmingham.

L'arène est relativement plate mais apparaît comme bosselée sous un éclairage rasant. Cet aspect se retrouve dans l'environnement général de cette zone; ces blocs ont certainement comme origine les éjectas du Bassin Imbrium.

77 Rima Sirsalis : rainures radiales au bassin



Une des plus longues rainures sur la face visible (440 km), radiale à Oceanus Procellarum. Sa largeur moyenne est de 3 km pour une profondeur de 250 m.

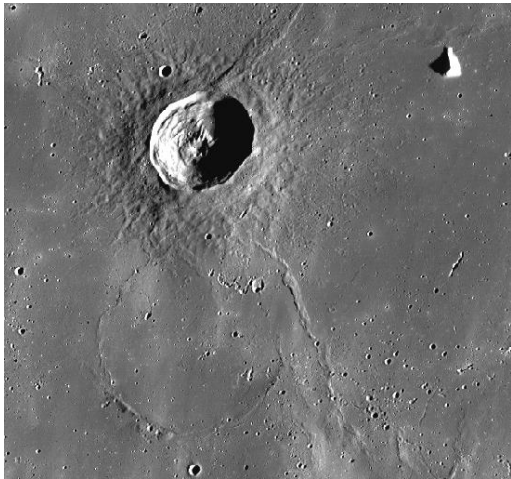
Elle prend naissance près de Sirsalis D, (10 S 58,7 O) un cratère envahi par les laves sur les rives de Procellarum. Elle se dirige ensuite vers le sud-ouest, passe près de Sirsalis et Sirsalis A, traverse De Vico A où elle s'incurve vers l'ouest puis vers l'est à travers une zone accidentée d'un cratère totalement délabré qui semble constitué de trois cratères imbriqués (125 km).

Paradoxalement cette formation n'a pas de dénomination officielle. Dans cette zone,

Rima Sirsalis est rejointe par Rima Darwin. Elle s'achève près de Byrgius P (22,5 S 64,2 O).

L'origine de Rima Sirsalis est une lame verticale de basalte (dyke) qui a cherché sans succès à rejoindre la surface en repoussant les épontes d'une fissure préexistante. La présence de ce dyke est confirmée par une anomalie magnétique.

78 Lambert R : cratère fantôme recouvert



LRO

fraîcheur). Lambert est à l'intersection de deux dorsales ; au nord-est, à 50 km, un dôme de 40 km de diamètre et 250 m de hauteur n'est visible que sur un éclairage rasant.

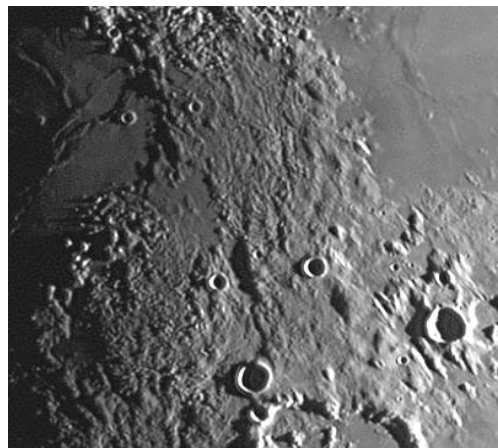
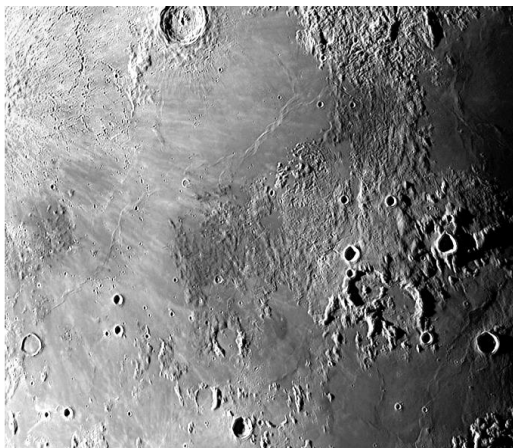
23,9 N 20,6 O

Si Stadius, tout proche, bénéficie d'une réelle notoriété parmi les grands cratères fantôme, Lambert R est beaucoup moins connu. Il est pourtant tout aussi intéressant mais ne bénéficie pas du prestige de voisins comme Copernicus et Eratosthenes.

Son diamètre est estimé à 54 km et sa profondeur à 200 m. L'épaisseur de lave marine ayant comblé le cratère est donc de l'ordre de 4 000 m.

Lambert R se trouve au sud du cratère Lambert, petit cratère de 30 km et 2 300 m de profondeur, daté à l'Eratosthénien (pas de raies brillantes malgré son apparence

79 Sinus Aestuum : dépôts sombres d'origine volcanique



A l'est de Copernic et au sud d'Eratosthenes s'étend une zone de 250 x 350 km de lave marine bordée par deux taches sombres. Trois dorsales torsadées disposées en cercle pourraient marquer la présence d'un anneau interne d'un ancien bassin d'impact. Une troisième zone sombre se trouve à 160 km plus à l'ouest.

Une analyse plus fine montre que les cratères des zones sombres ont des reliefs estompés si on les compare aux cratères des zones claires. Ils sont comme recouverts par une fine couche pulvérulente. Il s'agit des retombées de cendres et fragments de magma émis lors d'éruptions de type fontaines de lave marine. Ces taches sombres correspondent à la zone pyroclastique de Sinus Aestuum.

Elle est située au nord-ouest de Schroter, correspond à la localisation de la « cité lunaire » que Gruithuisen pensait avoir identifiée en 1832.

80 Bassin Orientale : le plus récent des bassins d'impact



Le Bassin Orientale a été identifié en 1961 par Bill Hartmann et étudié en 1967 à partir des images de Lunar Orbiter 4.

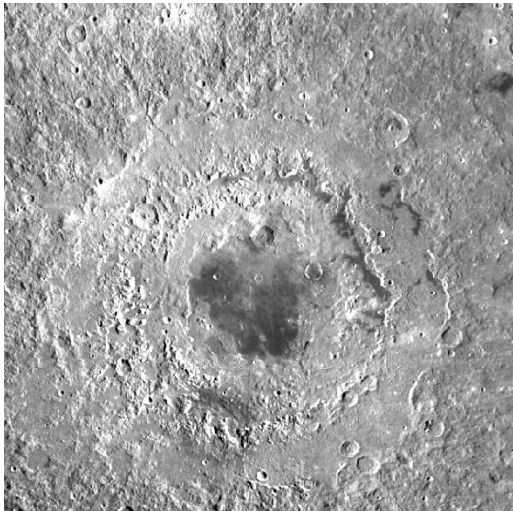
Orientale est un bassin à anneaux multiples de 930 km très peu envahi par le basalte marin ; la zone marine ne faisant que 320 km de diamètre.

Il est récent, 3,84 milliards d'années, et, de ce fait, très peu impacté ; il présente donc une structure très fraîche.

Sa position sur le limbe le rend très difficile à observer. Dans les meilleures conditions, sont visibles :

- en arrière plan le profil du premier anneau interne à l'ouest de la zone de basalte,
- la zone de basalte – Mare Orientale,
- le premier anneau interne à l'est de la zone de basalte
- Lacus Veris, intrusion de basalte entre l'anneau 1 et l'anneau 2,
- Montes Rook, le deuxième anneau interne à l'est de la zone de basalte.
- Lacus Autumni entre l'anneau 2 et l'anneau 3,
- Montes Cordillera, le troisième anneau à l'est de la zone de basalte.

Sur le bord droit de l'image, le cratère Crüger.



Mare Orientale (image LRO)

A l'origine, le nord et le sud lunaires ont été fixés par rapport à une observation à l'œil nu de la Lune depuis la Terre. Le nord est en haut, le sud en bas, l'ouest en direction de l'ouest de la Terre ; c'est cette partie de la Lune qui se « couche » en premier sur l'horizon ouest terrestre. A l'opposé, l'est. En toute logique, une mer située à l'extrême est ne peut que s'appeler Mare Orientale. Mais si on se trouve sur la Lune, le Soleil se lève à l'ouest. C'est en effet Mare Crisium qui est éclairée en premier. Cette orientation est l'orientation astronomique.

En 1961, l'Union Astronomique Internationale a décidé de modifier les

coordonnées est/ouest afin que, comme sur Terre, la rotation de la Lune sur elle-même s'effectue d'ouest en est. Crisium est donc passée à l'est sans changer de place, le Soleil se lève désormais à l'est mais Mare Orientale est passée à l'ouest sans changer de nom. Par contre le nord et le sud étant restés à leur place, Mare Australe, au sud, porte bien son nom.

81 Hesodius A : cratère concentrique



30,1 S 17,1 O

La partie sud de Mare Nubium est dominée par Pitatus, un cratère à fond fracturé (CFC) de 101 km de diamètre ; à sa gauche Hesodius, cratère à fond plat de 39 km. Ce dernier permet de repérer Hesodius A, un cratère de 14,5 km qui présente un anneau interne semblable à un roulement à bille.

Hesodius A est le cratère à anneau concentrique le plus facile à observer. Marth (9,7 km) situé à 320 km à l'ouest sur Palus Epidemiarum, présente la même structure mais son anneau interne de 4,5 km de diamètre est difficilement décelable.

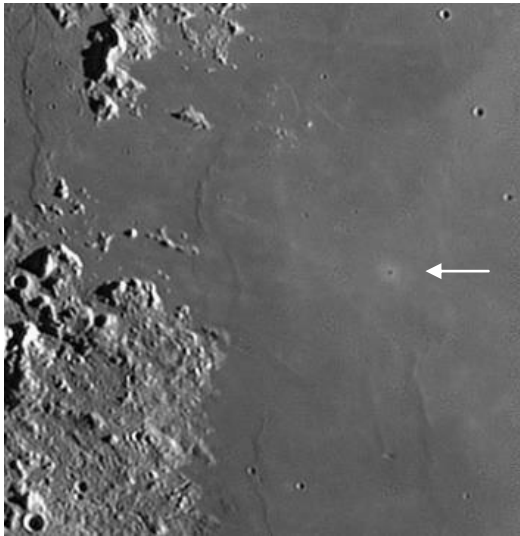
51 cratères concentriques ont été étudiés ; la plupart se situe en bordure de mer et a un diamètre de 2 à 20 km.

Une des zones les plus denses en cratères concentriques s'étend de Firmicus, Dubyago, Nobili à l'est de Mare Undarum ; ils sont donc difficiles à observer.

Si l'origine des cratères concentriques n'est pas liée à un type particulier d'impact, aucune hypothèse n'est aujourd'hui communément admise (glissement de terrain, éruption en anneau, intrusion le long de fractures circulaires).



82 Linné : petit cratère que certains ont cru voir disparaître

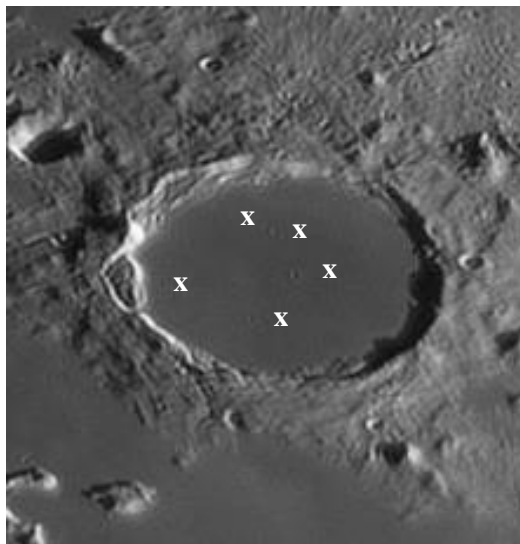


27,7 N 17,8 E

Cratère de 2,4 km et 600 m de profondeur
La présence d'une auréole d'éjectas brillants permet de le dater au Copernicien (1,1 à nos jours)

Linné serait passé totalement inaperçu si, en 1868, Madler n'avait attiré l'attention sur d'hypothétiques variations de luminosité. En fait ces variations sont liées à la variation de l'angle d'incidence des rayons solaires.

83 Craterlets de Plato : craterlets à la limite de la perception



51,6 N 9,4 O

Platon est un cratère de 101 km de diamètre et 2 km de profondeur. Il est envahi par la lave marine.

Cinq craterlets de 2,5 à 1,5 km sont à peine perceptibles, les deux plus importants se trouvant près du centre.

84 Pitatus : cratère à rainures concentriques



29,9 S 13,5 O

Formation circulaire de 102 km de diamètre située sur la rive sud de Mare Nubium. Son enceinte est tourmentée, criblée de craterlets. Pitatus est une plaine sans relief présentant des taches claires centrées sur Tycho.

Des terrasses sont encore perceptibles bien que la plupart soit submergée par les coulées de basalte marin.

Le pic central de 500 m est excentré.

Un réseau de fissures concentriques court sur 255 km au pied des remparts sur la totalité de la circonférence. Certaines ont jusqu'à 200 m de profondeur.

Le cratère présente une dépression d'environ 350 m à l'origine de la formation des rainures concentriques.

85 Raies de Langrenus : ancien système de raies



8,8 S 61 E

Cratères de 132 km et 4 700 m de profondeur. Pic central de 1 400 m

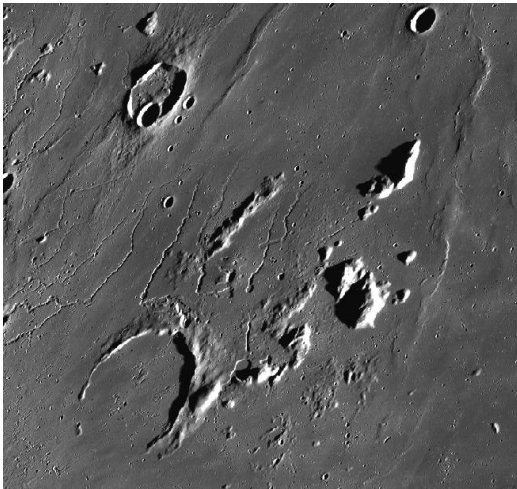
Sa forme est celle d'un hexagone régulier déformé au nord et au sud.

Cinq terrasses sont bien visibles, étagées sur 4 100 m. Deux ont une largeur de 10 km

Un système rayonnant très discret (trois raies divergentes) est surtout visible à l'ouest, sur Mare Fecunditatis. La présence de ce système a fait, dans un premier temps, classer Langrenus comme Copernicien, c'est-à-dire plus récent que les plus récentes coulées volcaniques marines. Mais un décompte précis des cratères a montré que Langrenus se situait au même niveau chronologique que Lambert, le cratère de référence pour une période légèrement

plus ancienne que le Copernicien. Langrenus daterait donc de la toute fin de l'Eratosthénien, ce qui explique la discrétion de ses raies brillantes.

86 Rima Prinz : système de rainures proche de ce cratère



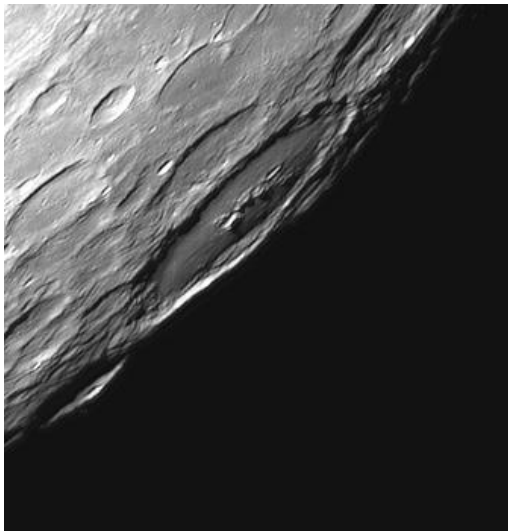
25,5 N 44,1 O

Au nord du cratère Prinz, (47 km), vestige d'un cratère envahi par les laves marines, un ensemble de rainures sinueuses s'étend sur 80 km.

Deux petits événements volcaniques Vera et Ivan sont visibles. Les événements ont des formes différentes, circulaires, ovales, allongées. A l'est et au nord des reliefs sont associés à Montes Harbinger.

LRO

87 Humboldt : cratère avec pic central et zones sombres



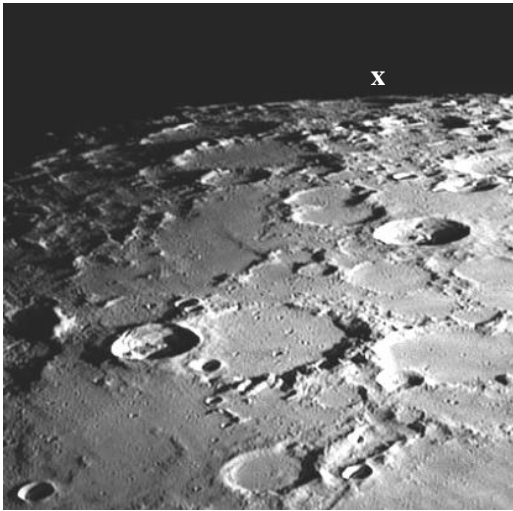
27 S 80,9 E

Voir son nom donné à un cratère lunaire est déjà exceptionnel ; alors pour deux frères... Friedrich von Humboldt (1767 - 1835) philosophe et linguiste, a conçu le système d'éducation prussien. Il est également le fondateur de l'Université de Berlin. Son plus jeune frère, Alexander von Humboldt (1769 - 1859), était l'un des plus grands géographes, naturalistes et explorateurs du 19ème siècle. Friedrich a donné son nom à un cratère complexe de 189 km de diamètre. Son arène est inondée par la lave, avec des zones lisses et plates et des parties plus rugueuses. Il y a également une zone sombre pyroclastique de cendres volcaniques et un cratère concentrique parfait.

Le grand cratère Humboldt présente un ensemble de rainures concentriques et radiales, une chaîne de montagnes centrale et des parois intérieures en terrasses. S'il était au centre du disque lunaire Humboldt serait une cible aussi prisée que Copernicus.

Alexander, qui a beaucoup voyagé, a reçu en hommage une mer de lave sombre (Mare Humboldtianum) à l'intérieur d'un grand bassin d'impact multi-anneaux (Bassin Humboldtianum). L'anneau principal du bassin, avec 650 km de diamètre, pénètre partiellement la face cachée.

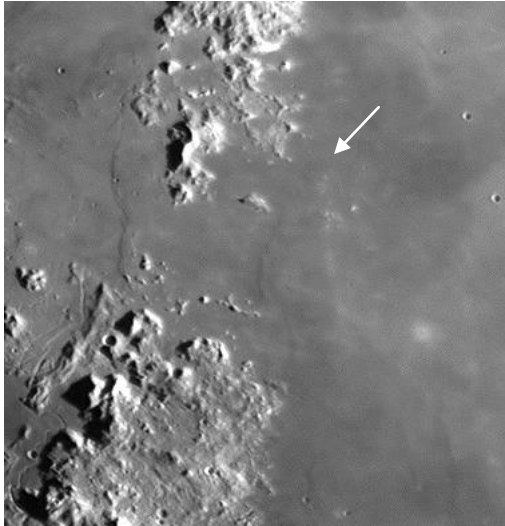
88 Peary: cratère de la zone polaire nord difficile à voir



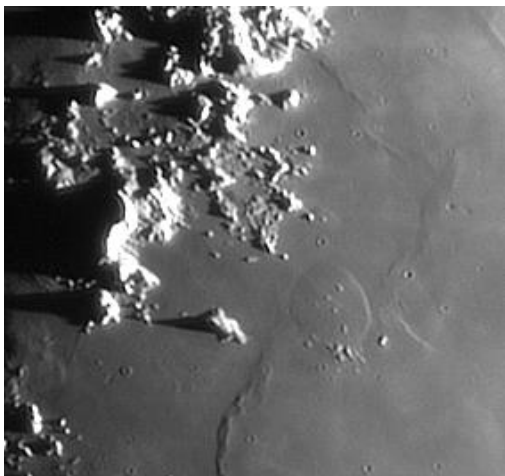
88,6 N 33,0 O

Cratère de 74 km situé très près du pôle nord, son enceinte nord tangente le pôle. A cette latitude l'intérieur du cratère est très rarement exposé aux rayons solaires ; une petite partie de la partie sud de l'enceinte est perpétuellement dans l'ombre.

89 Dômes de Valentine : dômes volcaniques



A l'est de la pointe sud de Montes Caucasus le dôme de Valentine, un méga-dôme, n'est perceptible que sous un éclairage rasant. 29 km de diamètre, altitude 200 m en 14 km soit une pente moyenne de 1,4%.



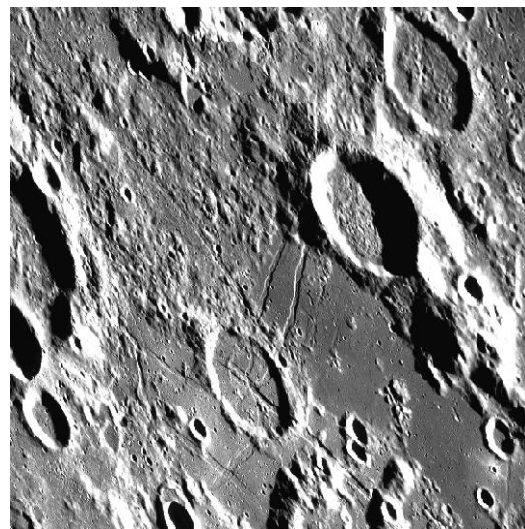
Jocelyn Serot

90 Armstrong, Collins et Aldrin: petits cratères proches du site d'Apollo 11



Les trois cratères (4,6 2,4 3,4 km) sont au nord-ouest du cratère Molkte (0,6 S 24,2 E), petit cratère à anneau clair de 6 km et 1 300 m de profondeur, proche de Rima Hypatia. Ils sont alignés en direction de Sabine et sont distants de 37 et 25 km. Ils portent le nom des astronautes de la mission Apollo 11 : Armstrong à l'est, Collins au centre, Aldrin à l'ouest. Le site d'alunissage est repéré par +.

91 Rima De Gasparis : zone présentant de nombreuses rainures



LRO

Sept rainures convergent vers le cratère De Gasparis où elles forment un X. On trouve une formation identique un peu plus à l'est dans le cratère Palmieri. Cet ensemble est associé au Bassin Humorum.

Au nord, le grand cratère Mersenius (21,4 S 49,3 O) 85 km ; son arène de 55 km est bombée, avec une flèche de 700 m. Deux événements orientés nord-sud sont visibles près du centre.

92 Vallis Gylden : partie des sculptures radiales d'Imbrium

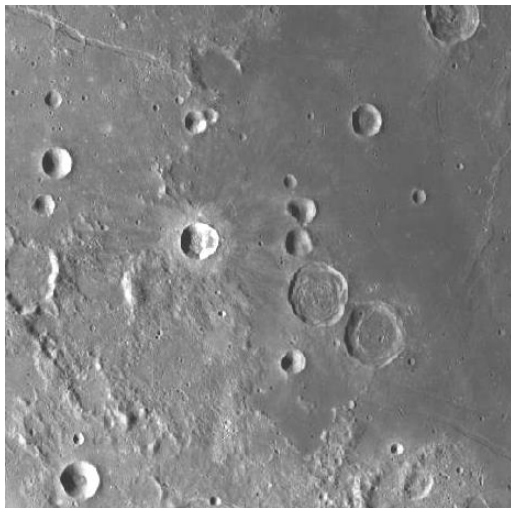


Vallis Gylden est une entaille de 113 km et 12 km de largeur maximum, radiale à Mare Imbrium, formée par des éjectas rasants lors de l'impact du Bassin Imbrium.

Gylden (5,4 S 0,2 E) est une formation délabrée entaillée à l'ouest par Vallis Gylden. Gylden semble composé de trois cratères : un cratère de 25 km au nord-ouest, un de 15 km au nord-est, un de 20 km au sud.

Vallis Gylden pourrait être la dépression empruntée par Tintin se rendant vers Ptolemaeus, au sein de laquelle se trouvait la grotte de glace dans laquelle Milou est tombé.

93 Dionysius : cratère à raies sombres inhabituelles

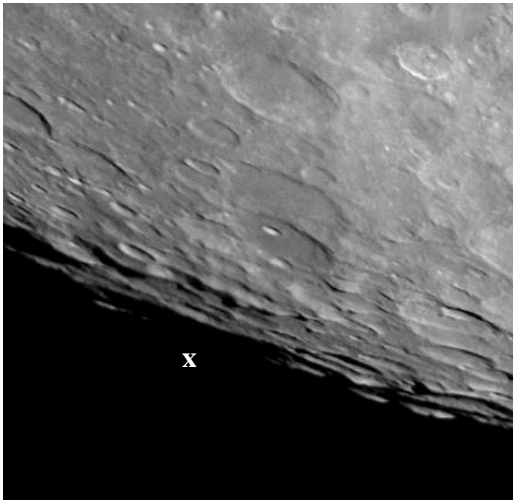


2,8 N 17,3 E

Ce cratère de 17 km et 3 000 m de profondeur, est un des points les plus brillants à la surface de la Lune.

Il se caractérise par deux auréoles d'éjectas bicolores : la plus large, sombre, de 90 km de diamètre correspond à l'éjection de basalte marin. La seconde de 35 km est constituée d'éjectas clairs d'anorthosite continentale. L'impact a donc perforé deux couches distinctes, le basalte étant logiquement situé au-dessus de la roche continentale. Ce type de cratère doit son apparence à sa position juste en bordure du continent.

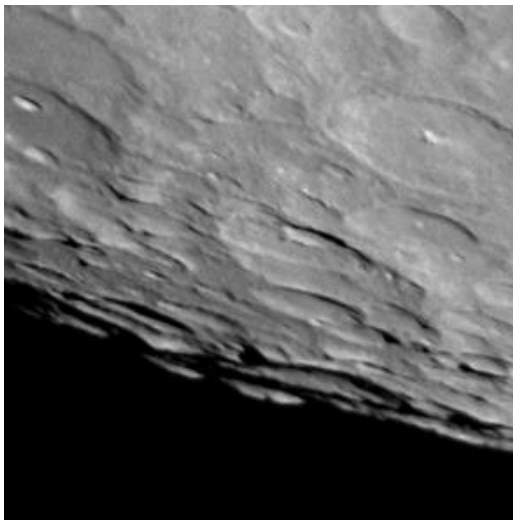
94 Drygalski : grand cratère du pôle sud



79,7 S 86,8 O

Situé à l'ouest du pôle sud, ce cirque de 163 km ne peut être observé que lors de conditions de librations en latitude favorables.

Sur l'image seuls les remparts est et ouest sont éclairés ; le rempart sud est invisible.



Les reliefs proches du pôle sud, à l'est de Drygalski, sont connus comme M4 et M5. Ce dernier a comme particularité d'être exposé au Soleil pendant 90% de la durée de la lunaison. Certains ont pensé y installer des panneaux photovoltaïques assurant une production permanente d'électricité.

95 Bassin Procellarum : le plus grand, mais hypothétique, bassin de la Lune

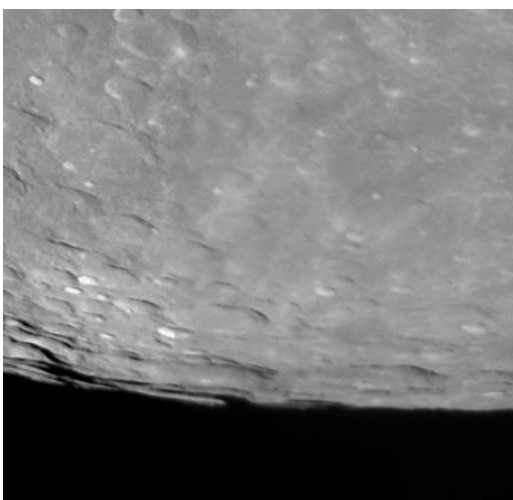


Oceanus Procellarum, l'«Océan des Tempêtes», est de loin la plus grande formation lunaire visible depuis la Terre. C'est la plus grande mer lunaire d'où son nom d'océan. Il s'étend sur 2 500 km du nord au sud, pour une surface de 4 millions de km².

Par son absence de forme circulaire Oceanus Procellarum semble échapper à la description générale des bassins. Son origine reste difficile à déterminer. Est-ce le vestige d'un très ancien bassin d'impact gigantesque, le résultat de la coalescence d'un ensemble de petits bassins d'impact ou d'un phénomène géologique lié aux premiers instants de la formation de la Lune ?

Contrairement à tous les autres bassins lunaires, Procellarum présente une importante bosse topographique de 2 à 3 km près du centre (près du cratère Copernicus). Aucun autre bassin sur la Lune ou sur une autre planète ne présente de reliefs intérieurs dont l'altitude soit supérieure à la hauteur de son enceinte. La présence d'un renflement au sein de Procellarum n'est guère compatible avec l'idée qu'il puisse s'agir d'un bassin d'impact.

96 Montes Leibnitz : bordure du Bassin South Pole-Aitken

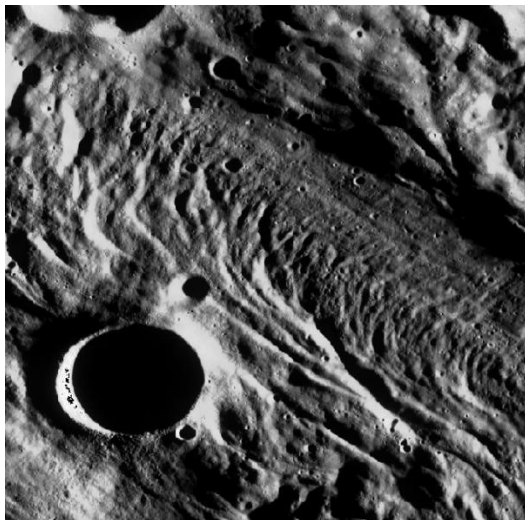
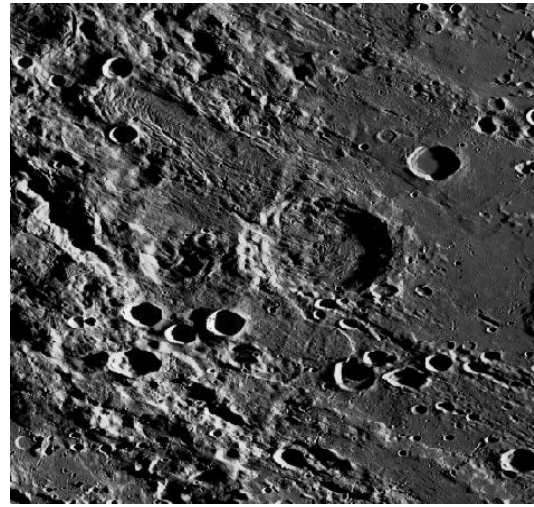
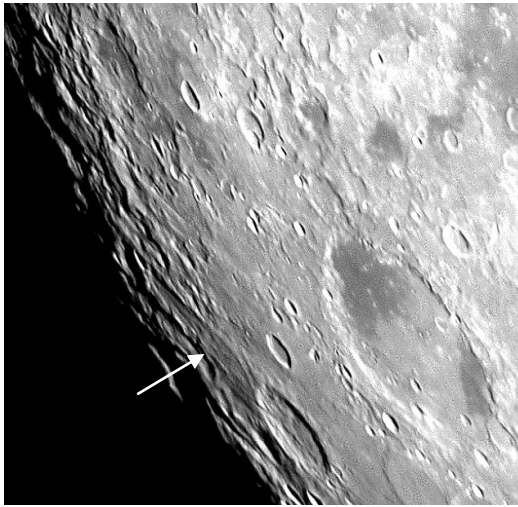


Le Bassin South Pole Aitken (SPA) a un diamètre de 2 600 km et 8,5 à 12 km de profondeur

Daté au pré Nectarien (4,53 à 3,92), il est entièrement situé sur la face cachée.

Il n'est visible depuis la Terre que par les sommets près de Casatus, Drygalski et Cabeus, sommets appartenant à l'anneau le plus externe.

97 Vallis Inghirami : vallée créée par les éjectas d'Orientale



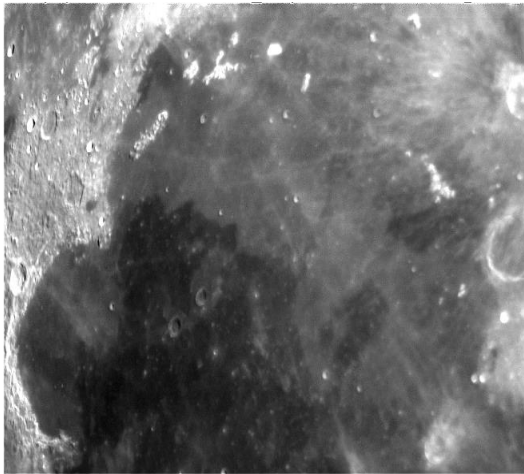
47,5 S ... 68,9 O

Cratère de 91 km et 3 750 m de profondeur près du limbe, au sud-ouest de Schickard. Dans l'enceinte d'Inghirami, au nord-ouest, le sol est très tourmenté, cordé. Vallis Inghirami se développe dans cette direction sur 156 km, 35 à 60 km en largeur, elle est légèrement bombée dans le sens de sa longueur avec une flèche de 660 m. Sa position près du limbe en rend l'observation très difficile.

Les images de LRO montrent que sa structure est identique à celle d'Inghirami. Elle présente des dépressions longitudinales dans sa partie sud et des crevasses transversales de forme arquées.

Sa couleur est celle de son environnement ; elle n'est donc pas d'origine basaltique. Radiale au Bassin Orientale, elle est semblable à un écoulement. S'agit-il de roches fondues et projetées lors de l'impact Orientale, qui ont occupé une dépression au nord-ouest d'Inghirami ?

98 Coulées de lave d'Imbrium : teintes différentes marquant les limites des coulées

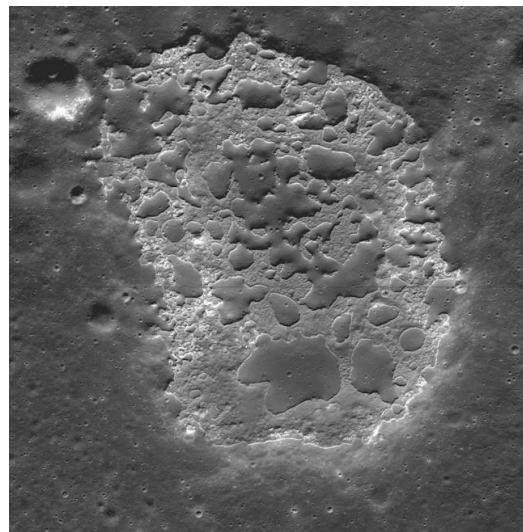


J'aurais classé les différences de teintes d'Imbrium beaucoup plus en amont dans la liste des Lunar 100, leur observation étant facile et leur intérêt géologique important. Au moins trois épisodes éruptifs répartis sur 500 millions d'années ont présidé à la mise en place des champs de lave marine de Mare Imbrium. Les derniers dateraient de 2,5 milliards d'années.

Leurs teneurs différentes en fer et titane apparaissent clairement sous la forme de différentes teintes de gris, les plus sombres étant riches en titane, les plus claires, plus pauvres. Au centre d'Imbrium, aucun

élément morphologique ne permet d'expliquer le brusque passage d'un type de lave à l'autre. Une analyse plus précise de la surface des limites entre les deux coulées montre que la lave pauvre en titane présente plus de petits cratères que la coulée riche; elle est donc plus ancienne. L'analyse de profil montre les restes d'un front de l'ordre de 10 m de dénivelé, partiellement arasé par 2,5 milliards d'années d'impacts météoritiques.

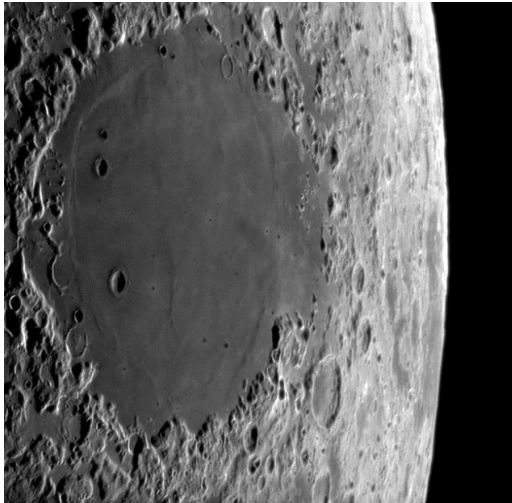
99 Ina : caldeira récente d'origine volcanique en forme de D



Ina est une petite dépression, un cratère dans la nomenclature de l'UAI. Avec un instrument de 200 mm elle est à peine visible comme une petite tache claire à la surface de Lacus Felicitatis. Elle a une forme de D de $2,9 \times 1,9$ km et 64 m de profondeur.

Le relief d'Ina est formé de plusieurs dizaines de collines basses avec des sommets plats et des limites arrondies et très nettes, semblables des gouttes de mercure. Ina est la formation la plus importante parmi plusieurs dizaines de formations similaires récemment découvertes sur la Lune. Leur origine est incertaine.

100 Tourbillons de Mare Marginis : possibles dépôts résultant d'un champ magnétique



LRO



Mare Marginis, sur le limbe est, n'est visible que lorsque de bonnes conditions de librations en longitudes sont réunies. Les images de LRO montrent la présence de très nombreuses formes claires torsadées semblables à un saupoudrage : les swirls (tourbillons en anglais). Ils sont particulièrement denses à l'est de la mer, entre les deux cratères Al Binuni et Goddard (au centre de l'image, datés au Nectarien (3,92 à 3,85). Des swirls sont présents à sa surface, ce qui les daterait postérieurement à cette période. Le cratère Goddard B est superposé aux swirls mais ne possède pas de système rayonnant ; il est donc Eratosthénien. Les swirls se seraient formés entre 3,92 et 1,1 ; la plage de temps est on ne peut plus large...

Les swirls sont peu nombreux, Reiner Gamma sur la face visible et ceux de Mare Marginis. Ils semblent sans relation avec leur environnement géologique immédiat. Les swirls de Mare Marginis sont à l'opposé du bassin Orientale ; si une relation était formellement établie, ce que pensent certains planétologues, on pourrait alors les dater à 3,84 milliards d'années. S'ils sont toutes associés à un champ magnétique, personne n'en connaît vraiment l'origine. Pour l'instant nous savons plutôt ce que ne sont pas les swirls : des surfaces fraîchement exposées, des surfaces grumeleuses et surélevées, des surfaces hétérogènes, des anomalies thermiques.

Chateaugay
4 mars 2016