

Mardi 4 Mai 1982

Histoire de la Terre et de ses Planètes

Le mardi 4 mai 1982, Monsieur LETOLLE, professeur au laboratoire de géologie dynamique à l'Université Pierre-Marie Curie, est venu nous entretenir de l'histoire de la Terre et de ses Planètes.

Une quarantaine d'adhérents, ainsi que 27 élèves du cours élémentaire 2ème année de l'école Pasteur, étaient présents.

Conférence remarquable par son aisance, la richesse de l'illustration, et le don pédagogique affirmé qui rend simple ce qui est complexe.

L'exploration de la Lune, des Planètes et du milieu interplanétaire à l'aide d'engins spatiaux est à l'origine des progrès considérables dans notre connaissance du système solaire (Annexe 1).

Dans le tableau suivant figurent les distances moyennes des neuf planètes au Soleil.

	Millions de kilomètres
Soleil	0
Mercure	60
Venus	110
Terre	150
Mars	220
Jupiter	780
Saturne	1430
Uranus	2875
Neptune	4500
Pluton	5900

La figure 1 représente les dimensions comparées des planètes.

I.- FORMATION DU SYSTEME SOLAIRE (Fig. 2).- Consulter l'annexe 1 sur la formation de l'univers.

Il y a 7 ou 8 milliards d'années, se trouvait à la place du système solaire une masse de gaz. Dans cette nébuleuse de forme

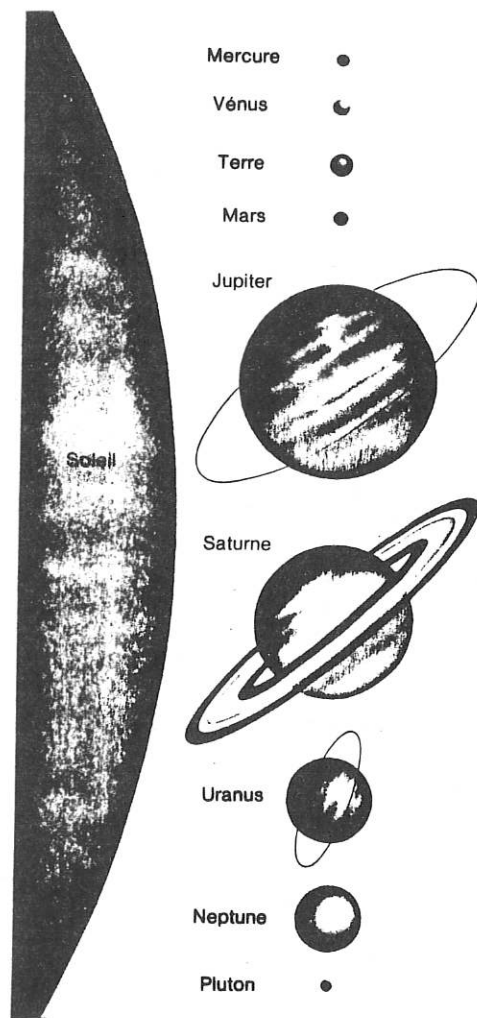


Fig. 1.- Dimensions comparées des planètes.

Le schéma montre les 2 familles de planètes (Pluton mis à part).

- les naines : Mercure, Vénus, Terre, Mars.
- les géantes : Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.

Fig. 2.- Comment se forme un système solaire.

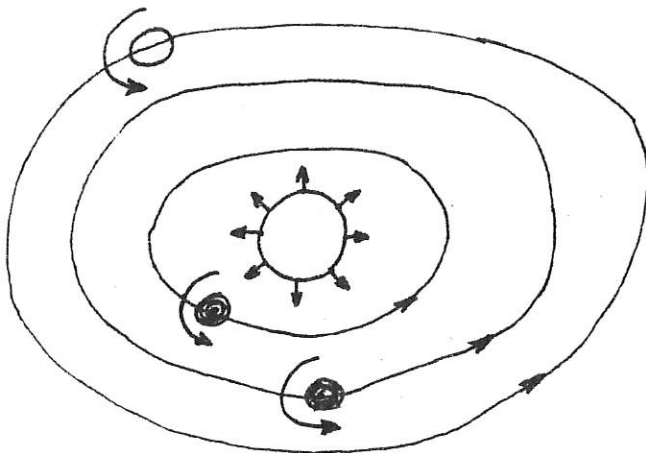
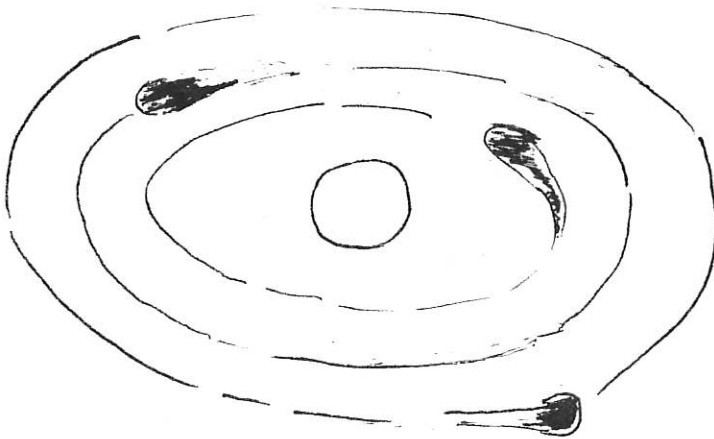
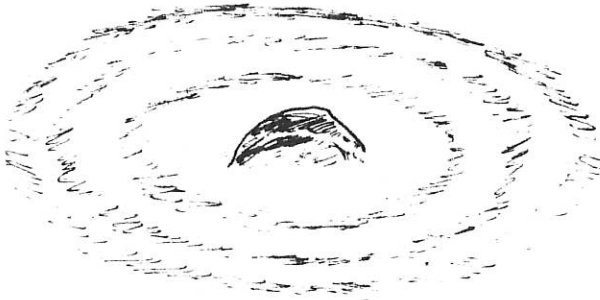
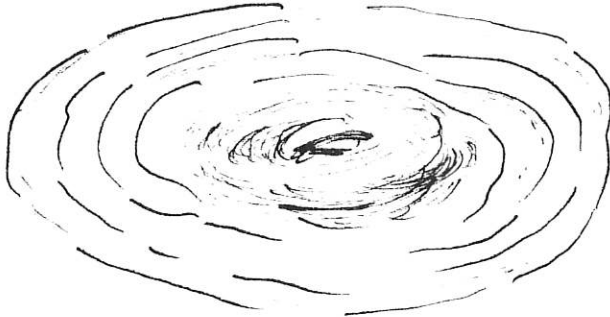
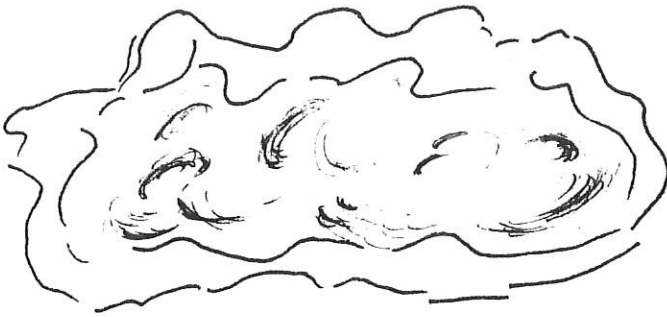
1.- Le nuage de gaz ; l'attraction gravitationnelle attire les molécules en une masse de plus en plus compacte animée d'un mouvement tourbillonnaire.

2.- Le mouvement tourbillonnaire aplatit le nuage et le condense.

3.- La condensation de matière se produit surtout au centre avec des condensations périphériques se déplaçant tout autour de lui.

4.- Un Soleil central commence à briller grâce aux réactions nucléaires ; des protoplanètes tournent autour et perdent leurs gaz.

5.- L'éclat du Soleil grandit, les planètes se forment.



discoïdale, aplatie par sa rotation et traversée par les lignes de forces du champ galactique, s'est établi une sorte de semi-équilibre dynamique, gouverné par les forces de gravité, la force centrifuge et la force magnétique. Le système se contracte lentement ; sa densité et sa température croissent progressivement, particulièrement au voisinage de l'axe de rotation, là où le Soleil prendra place.

Les collisions atomiques deviennent de plus en plus fréquentes. Des molécules se forment. Les poussières interstellaires, déjà présentes dans le nuage initial, servent de centre de nucléation. Les éléments non volatils se condensent rapidement vers le plan équatorial du disque nébulaire, faisant apparaître dans ce plan un nouveau disque poussiéreux, beaucoup plus mince que le disque nébuleux lui-même. Dans la région des grosses planètes, la température est relativement basse. Les glaces d'eau, de méthane et d'ammoniaque se forment à la surface des poussières. Le disque de poussière se scinde en anneaux qui s'effondrent sous leur propre poids donnant naissance à une multitude de noyaux planétaires. Les noyaux planétaires des régions extérieures, déjà lourds de leurs compléments glaciaux, vont profiter encore de la basse température ambiante pour retenir la quasi totalité de l'hydrogène et de l'hélium de leur proche voisinage, d'où la disparité de masse entre les planètes géantes et les planètes intérieures totalement dénuées d'hydrogène et pratiquement dénuées de glaces.

Pendant que les grains de poussière s'agglomèrent et engendrent les noyaux planétaires, le diamètre du disque protosolaire se rétrécit. La récession de la nébuleuse s'accompagne d'un réchauffement progressif et prend progressivement la forme du Soleil tel que nous le connaissons.

La décélération rotationnelle du Soleil va se poursuivre encore longtemps.

L'espace interplanétaire s'apparente à un manège d'autos tamponneuses. La circulation y est extraordinairement erratique. Et progressivement le calme vient. Seules quelques météorites issues vraisemblablement de la ceinture d'astéroïdes, ou quelques comètes venues des confins du système solaire, nous rappellent l'existence de cette période mouvementée, comme nous la rappelle aussi les photos de la surface de la Lune, de Mercure et de Mars, littéralement criblés d'impacts météoritiques de toutes dimensions.

II.- QUELQUES PLANETES.-

1.- La Terre.-

Elle fait 12000 km de diamètre. Nous n'en parlerons pas au cours de cette conférence.

2.- La Lune.-

Observée à l'oeil nu, la surface de la Lune apparaît parsemée de taches sombres (fig. 3). Celles-ci correspondent à de vas-

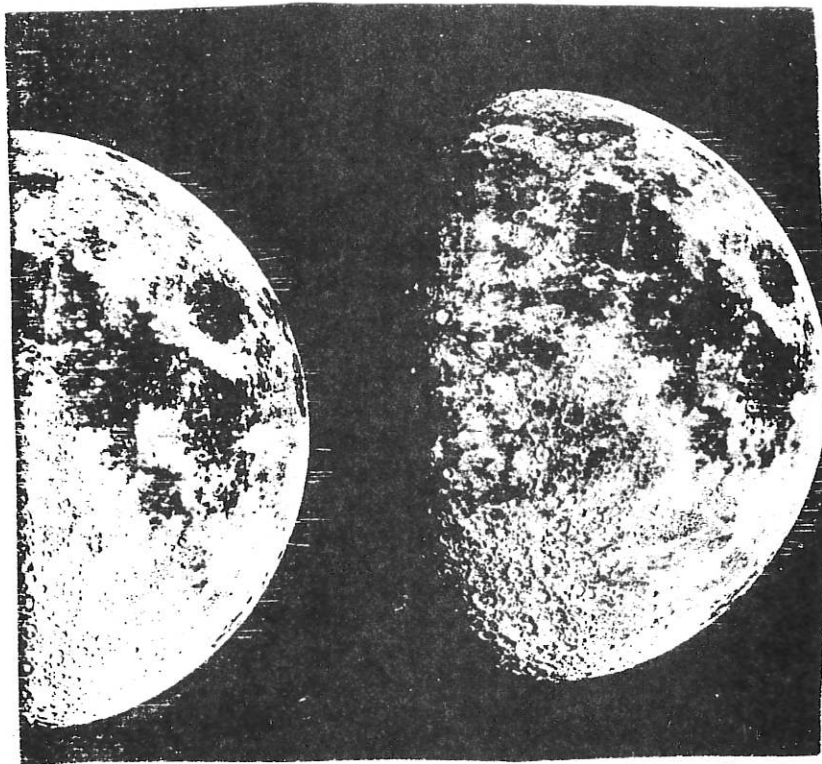


Fig. 3.- La surface de la Lune ; face visible.

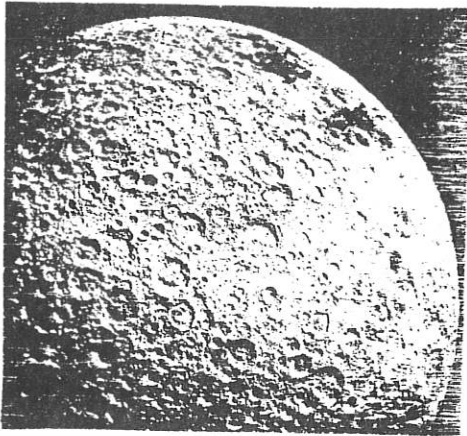
tes plaines, légèrement déprimées, bordées de montagnes. Appelées "mers" par les premiers observateurs, elles conservent de nos jours cette dénomination impropre. Par opposition aux mers, on appelle "continents" les régions claires de la surface lunaire.

Ce sont des zones extrêmement accidentées, encombrées de cratères (fig. 4). Les figures 5, 6, 7 nous en montrent les détails.

Les plus grands dépassent 200 km de diamètre ; mais les plus petits discernables de la Terre n'excèdent pas le kilomètre. Ils seraient dûs à des impacts de météorites. Il en existe également sur la Terre (fig. 8).

Les cratères les plus grands dont les diamètres sont supérieurs ou égaux à 100 km, possèdent toujours des remparts démantelés, ébréchés et érodés qui surplombent légèrement les régions environnantes. Leur arène est souvent comblée de lave solidifiée et offre alors l'aspect d'une plaine unie (fig. 9).

Fig. 4.- La surface de la Lune ;
face cachée.



Surface lunaire criblée de cratères (il s'agit de la face cachée de la Lune). Avant le lancement des premiers engins spatiaux, les habitants de la Terre n'avaient jamais vu ce côté de la Lune. Ce sont les engins soviétiques Lunik qui en ramenèrent les premières images.

La force gravitationnelle de notre planète entraîne la Lune dans une rotation mensuelle qui laisse toujours le même hémisphère face à la Terre. Les taches sombres en haut à droite sont de petites mers lunaires. Les mers de l'hémisphère qui fait face à la Terre sont plus facilement visibles. Ce sont elles qui forment "le visage de la Lune".

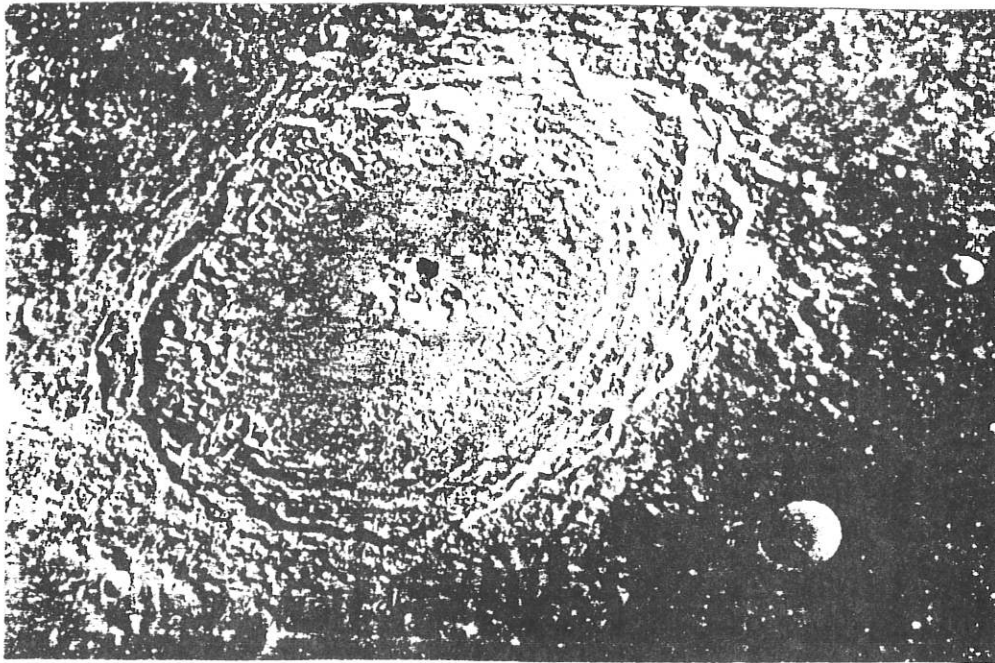


Fig. 5.-

C'est au cours de la mission Apollo 8 qu'a été prise cette photographie du cirque Langrenus.

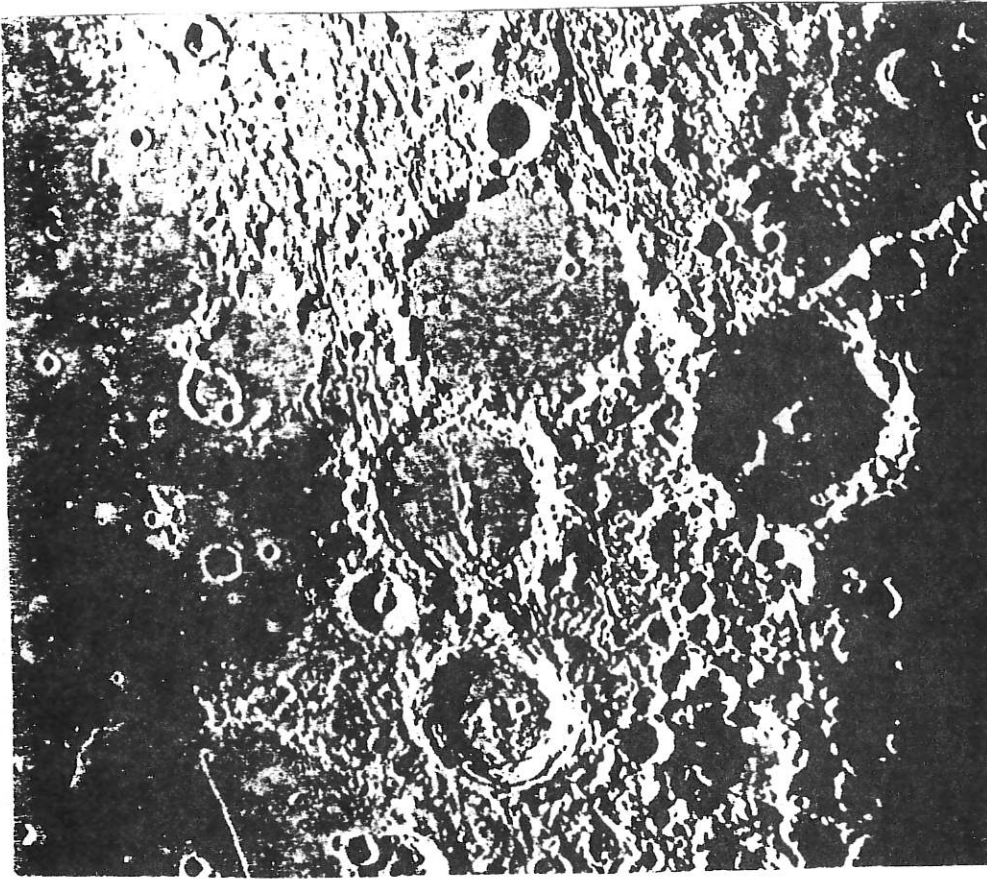


Fig. 6.- Plusieurs cirques lunaires célèbres
et caractéristiques :

Au centre, de haut en bas, Prolemée (diamètre : 150 km), Alphonse (diamètre : 120 km) et Arzachel (diamètre : 100 km), Hipparque (diamètre : 150 km), et Albategnius (diamètre : 140 km). On remarque les pitons montagneux d'Alphonse, d'Arzachel et d'Albategnius. En bas, à gauche, on aperçoit (ligne claire) le mur Droit.

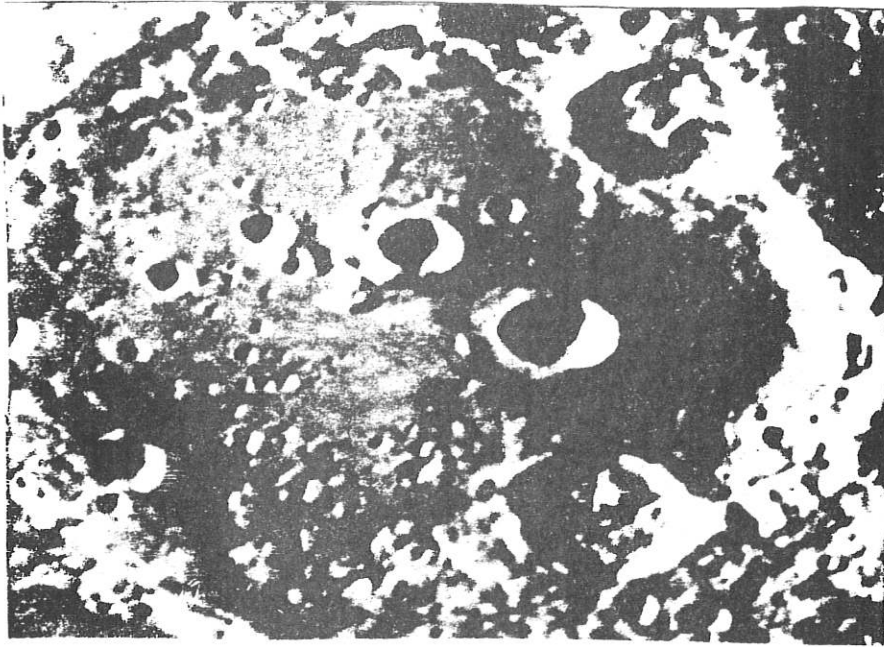


Fig. 7.- Un très grand et très ancien cirque lunaire, Clavius (diamètre : 230 km), photographié à l'aide du télescope de 5m de l'observatoire du Mont Palomar. Noter les remparts très érodés et parsemés, comme le fond de l'arène, de cratères plus récents.



Fig. 8.- Meteor Crater, Arizona. Ce cratère mesure 1,2 kilomètre de diamètre et fut probablement formé il y a entre 15000 et 40000 ans quand un morceau de fer de 25 mètres de diamètre heurta la Terre à une vitesse de 15 kilomètres par seconde. L'énergie produite par ce choc correspondait à peu près à une explosion atomique de 4 mégatonnes.

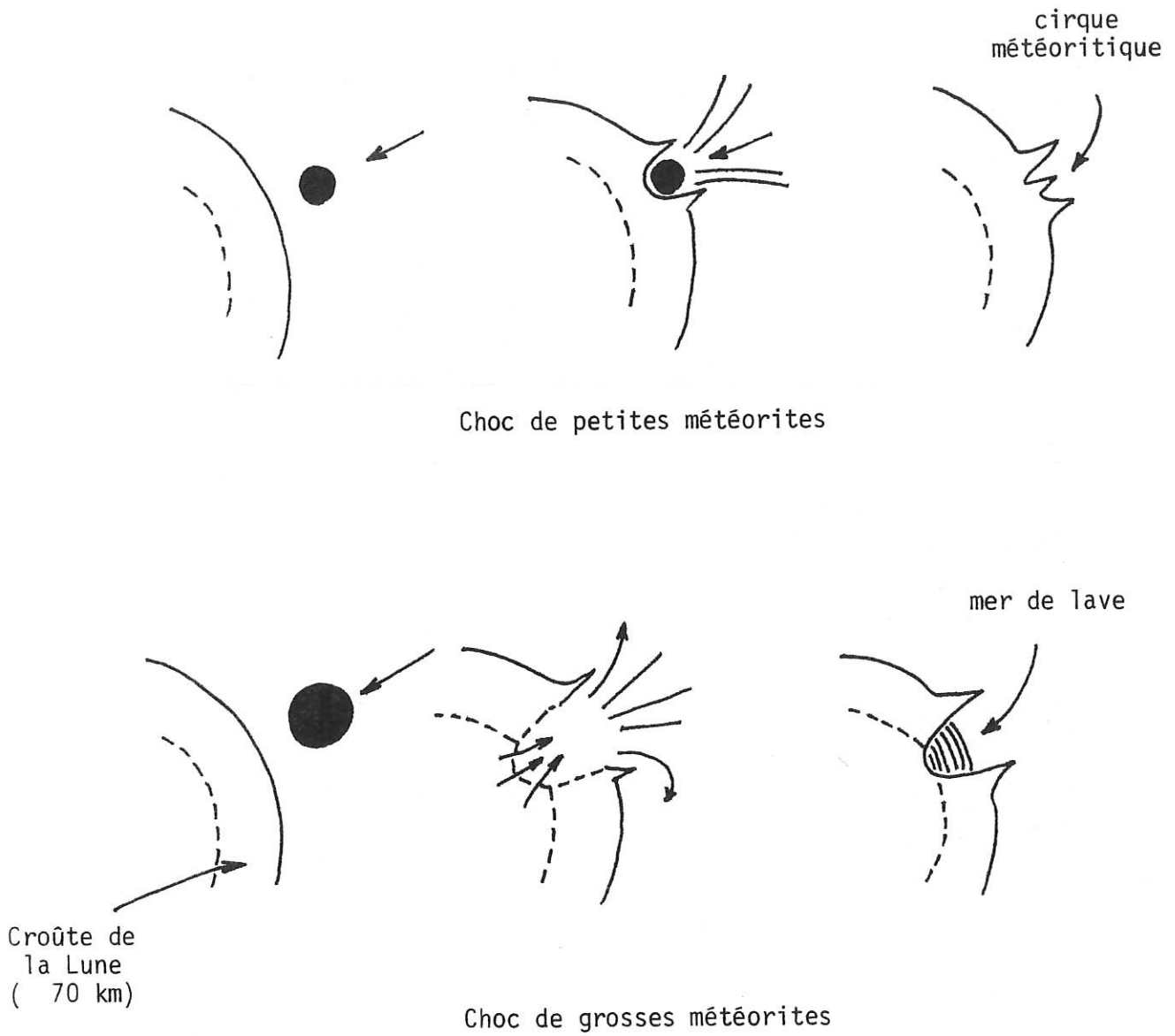


Fig. 9.- Le bombardement de la Lune a commencé dès sa formation. Il s'est ralenti au fur et à mesure que le système solaire se "nettoyait" par le passage des planètes.



Fig. 10.- La rainure Hyginus, photographiée d'une altitude de 110 km lors de la mission Apollo.

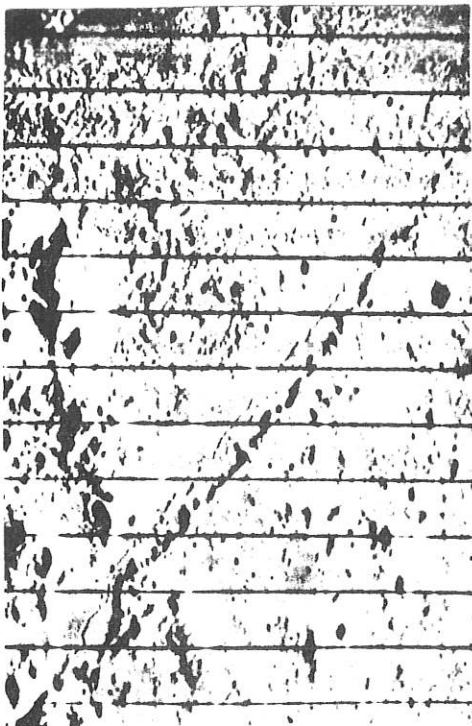


Fig. 11.- La vallée des Alpes.

Cette photographie, obtenue le 19 mai 1967 par le satellite américain Lunar Orbiter 4 d'une altitude de 2900 km, a révélé l'existence d'une fissure au fond de la vallée.

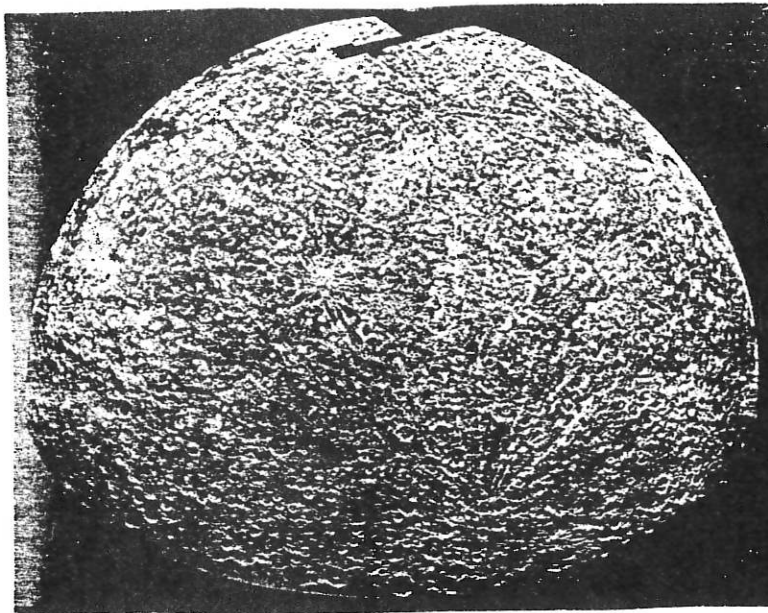


Fig. 12.- Hémisphère Sud de la planète Mercure. Cette image rapportée par Mariner 10 montre avec netteté des cratères qui se chevauchent et d'autres entourés de rayons. Si les surfaces de la Lune et de Mercure se ressemblent autant, c'est que ces deux planètes ont connu les mêmes explosions météoritiques importantes il y a des milliards d'années, et que sur l'une comme sur l'autre l'érosion est faible. Ceci est un photomontage. Les parties découpées en noir (en haut) représentent des régions qui n'ont jamais été photographiées.

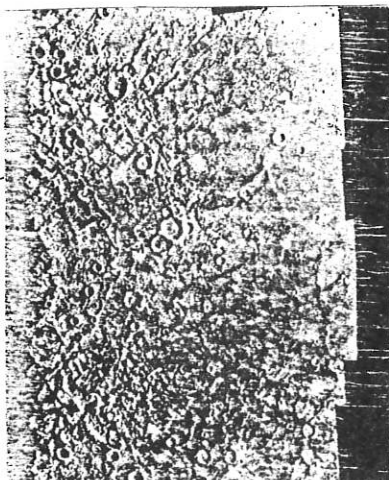


Fig. 13.- Les fissures et les crêtes concentriques que l'on voit sur la gauche entourent le Bassin Caloris de la brûlante Mercure. Photomontage Mariner 10.

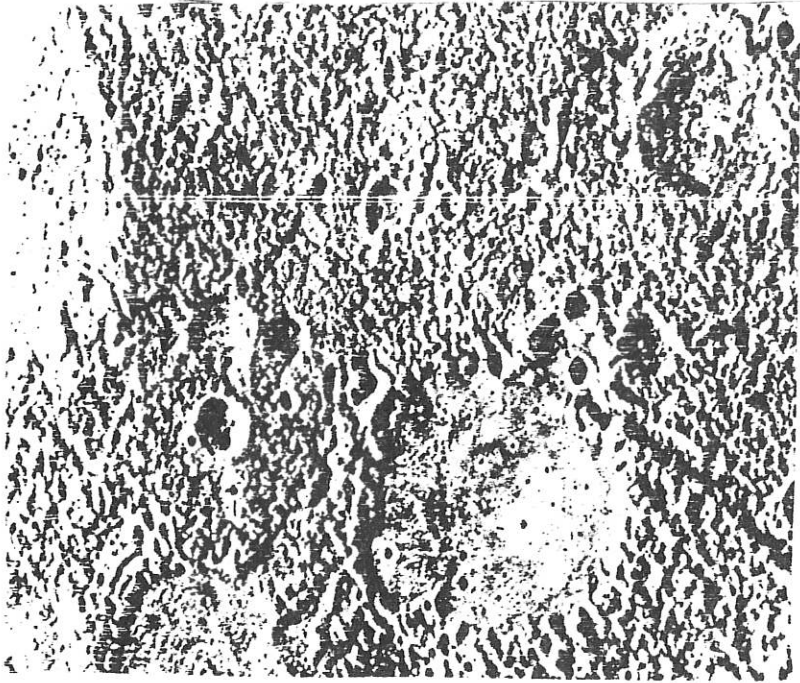
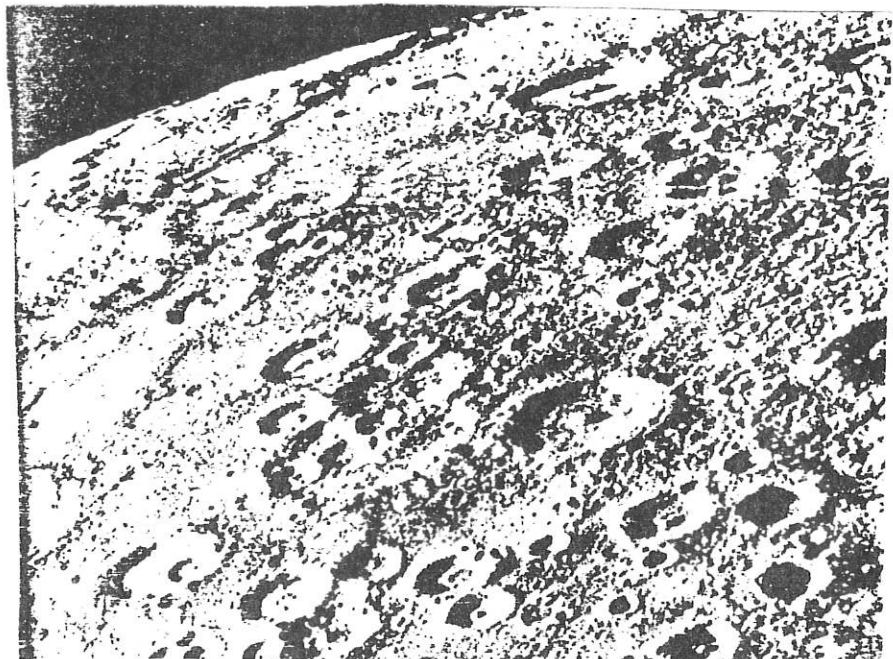


Fig. 14.- Prise d'une altitude de 35000 km par Mariner 10, cette image qui couvre environ 220 x 290 km. montre une région riche en cratères et en petites collines, dans le sud-est de Mercure. Le cratère à fond plat bien visible à droite mesure 80 km de diamètre. Il constitue le point de départ de la vallée Arecibo (à l'extrême droite, en bas), longue d'environ 100 km. En haut, à l'extrême gauche, on aperçoit une partie du cratère Ibsen, dont le diamètre atteint 160 km.

Fig. 15.- Panorama de la région nord-est de Mercure, photographié d'une distance de 78000 km par Mariner 10. Les trois principaux cratères sont Sor Juana (en haut, à droite), Gluck (plus bas, à droite, avec un piton central bien visible) et Holbein (à l'extrême gauche, en bas), dont le diamètre est de 80 km environ. On aperçoit aussi deux des principaux escarpements décelés sur Mercure : Victoria Rupes (en haut, au centre) et Endeavour Rupes (à l'extrême gauche, près du cratère Holbein).



Outre les cratères, la surface des "mers" lunaires apparaît parsemée de crevasses ou "rainures", de "vallées", de falaises et de pitons rocheux isolés. Les rainures sont grossièrement rectilignes. Étroites et peu profondes, avec un fond généralement plat, elles correspondent manifestement à des fractures (fig. 10). Les "vallées" sont nettement plus larges et plus sinueuses (fig. 11).

Le sol de la Lune apparaît jonché d'une multitude de pierres plus ou moins enfoncées dans une couche de poussière, épaisse, selon les endroits, de quelques millimètres à une quinzaine de centimètres.

La quasi-absence d'atmosphère entraîne une amplitude thermique considérable, pouvant atteindre 300°C en un point donné de la surface entre le jour et la nuit, contre quelques dizaines de degrés seulement sur la Terre.

3.- Mercure .-

La première planète que croiserait un voyageur quittant le Soleil et se dirigeant vers la périphérie du système solaire est Mercure.

La surface de Mercure offre une ressemblance frappante avec celle de la Lune. On y retrouve des régions montagneuses et de grands bassins, criblés de cratères météoriques (fig. 12, 13, 14, 15). Mercure ne possède qu'une atmosphère extrêmement raréfiée (2 milliardièmes de millibar).

4.- Vénus .-

Une immense plaine légèrement ondulée, avec quelques petits bassins, et trois vastes massifs montagneux : tels sont les grands traits du relief vénusien, enfin dévoilés par le radar de la sonde américaine Pioneer - Venus 1 (fig. 16).

On possède également une connaissance assez précise des caractéristiques de l'atmosphère vénusienne, grâce à une série de sondes soviétiques Venera, et de sondes américaines Mariner 5, 10, Pioneer Venus 1, 2.

Elle est essentiellement composée de gaz carbonique.

Les nuages qui s'étendent entre 48 et 68 km renferment des gouttelettes d'acide sulfurique. La planète apparaît donc entourée d'une atmosphère acide et toxique.

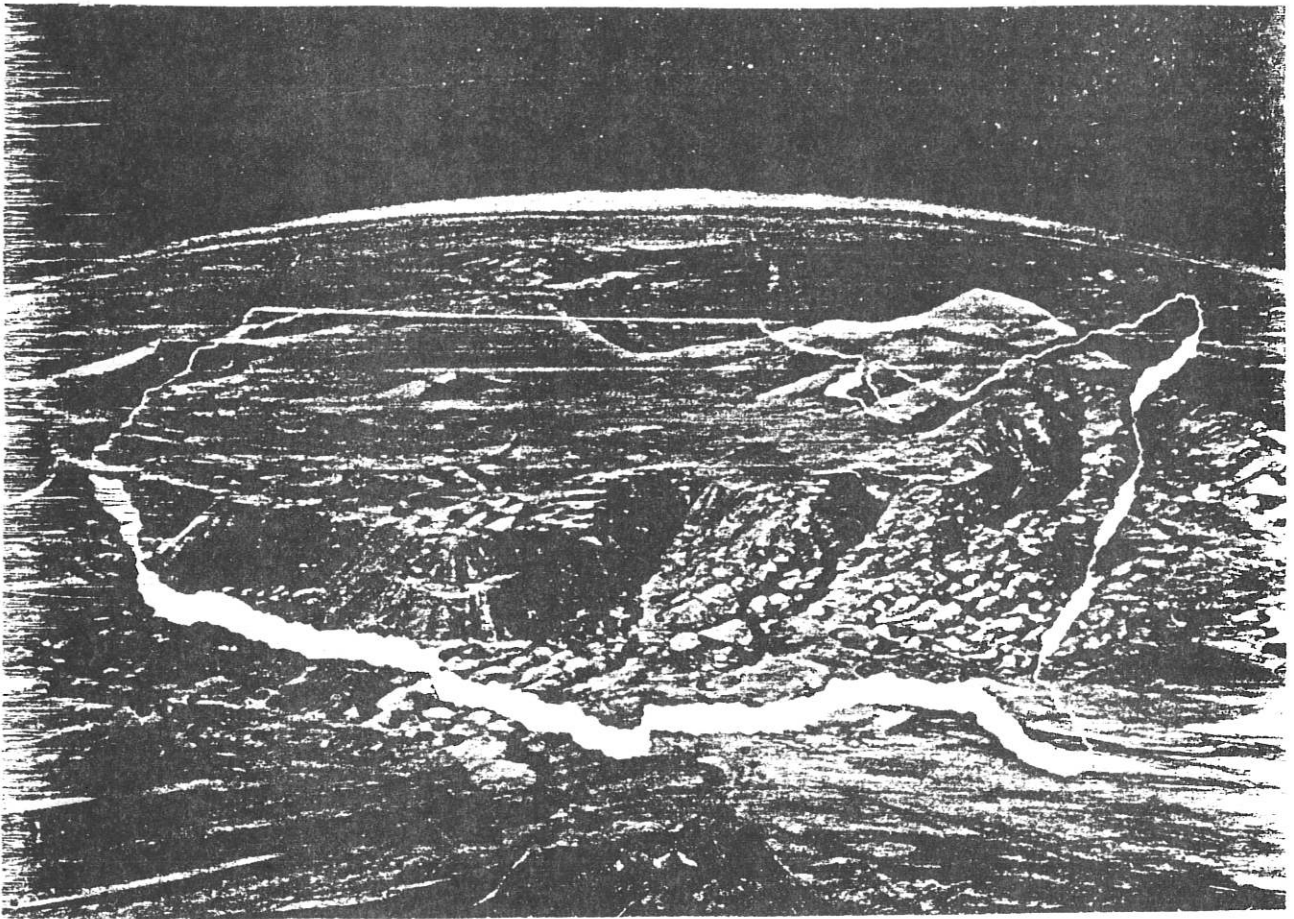


Fig. 16.- Vénus. Ce dessin réalisé d'après les données obtenues par le radar-altimètre porté à bord de la sonde américaine Pioneer-Vénus 1 montre l'un des deux grands massifs montagneux s'élevant au-dessus de la plaine vénusienne : Terra Ishbar. Un grand plateau situé à 3000 mètres d'altitude constitue l'essentiel de cette terre grande comme les Etats-Unis ; il est bordé par des chaînes montagneuses, le point culminant de Vénus se trouvant à l'est à une altitude de 11 800 mètres.

La température à 250 km d'altitude est voisine de + 30°C. Elle s'abaisse à - 90°C vers 100 km puis remonte ensuite pour atteindre environ - 40°C au sommet des nuages et + 100°C vers 48 km à la base des nuages.

Au sol, tous les engins ayant jusqu'à présent transmis des informations ont enregistré des températures comprises entre + 450°C et + 480°C et des pressions de l'ordre de 90 bars (90 fois la pression atmosphérique moyenne au sol sur la Terre).

4.- Mars.-

Le mythe des canaux : En 1864, l'astronome britannique Darvès remarqua que de nombreuses "mers" martiennes se terminent par des pointes effilées d'où partent de longs bras sombres très étroits, s'étendant à travers les régions "continentales". Le père Angelo Secchi, jésuite et astronome italien, observant à son tour ces étranges formations, leur donna le nom de "canali" que l'on traduisit en français, assez improprement, par canaux.

L'affaire connut un grand retentissement à partir de 1877.

En 1882, les astronomes se divisèrent en 2 camps : les canalistes et les autres. En 1894, l'un des plus fervents partisans de l'hypothèse des canaux, l'américain Perceval Lowell, décida de se consacrer à l'étude de la planète et à cette fin, investit sa fortune dans la construction d'un observatoire doté d'une lunette de 60cm d'ouverture.

Après quelques années d'études il acquit la conviction que ce réseau géométrique de canaux ne pouvait qu'être d'origine artificielle. D'où l'apparition des Martiens dans la littérature ...

En 1965, lors du survol de Mars par la sonde américaine Mariner 4, la légende s'effondra définitivement.

Comparativement à la Terre, Mars est d'assez petite dimension.

Une grande diversité de terrains a été mise en évidence sur Mars par Mariner 9 et les engins Viking.

Le relief de la planète se caractérise non seulement par des cratères et des bassins d'impact, analogues à ceux que l'on rencontre sur Mercure ou sur la Lune, mais aussi par des plaines volcaniques, de nombreuses failles, des vallées sinuées, des champs de dunes, etc ... On y observe tout à la fois des indices d'un bombardement météoritique ancien et des preuves d'une importante activité tectonique, de phénomènes de volcanisme, d'érosion par l'eau, d'usure et de sédimentation à grande échelle par le vent (fig. 17, 18, 19, 20, 21).

Avant d'atteindre le sol, les 2 Viking landers ont traversé l'atmosphère martienne, dont la composition a pu ainsi être précisée :

- 95,3% de gaz carbonique,
- 2,7% d'azote,
- 1,6% d'argon et de traces d'oxygène, d'oxyde de carbone et d'autres gaz.

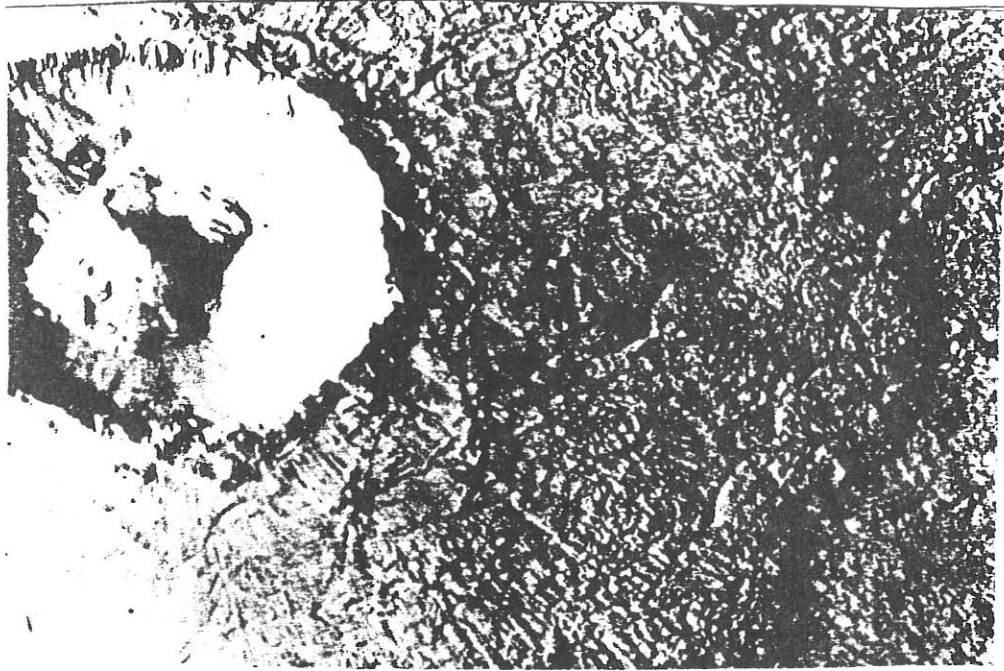


Fig. 17.- Mars. Arandas, un cratère d'impact martien de 25 km de diamètre, photographié par Viking Orbiter 1, juillet 1976, d'une altitude de 1857 kilomètres.



Fig. 18. Cratère de Yuty, située à 22° nord et 34° ouest sur Mars. Autour on voit différentes couches de matières éjectées au cours de l'impact. Le dessin des éclaboussures autour du cratère permet de penser que les matériaux s'écoulèrent autour du point d'impact sur une surface glissante, probablement de la glace fondue par l'explosion. Juste en-dessous du cratère de Yuty, on en voit un autre, plus petit qui n'a pas été recouvert par les éjections. Ceci prouve bien que la couche formée par ces éjections était assez fine. Photo Mariner 9.

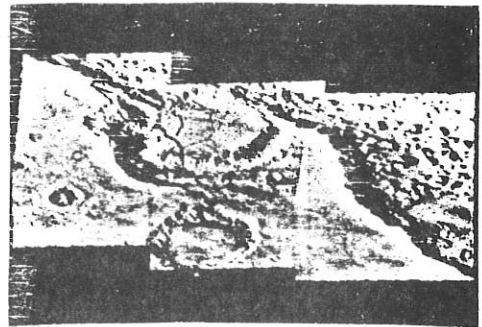
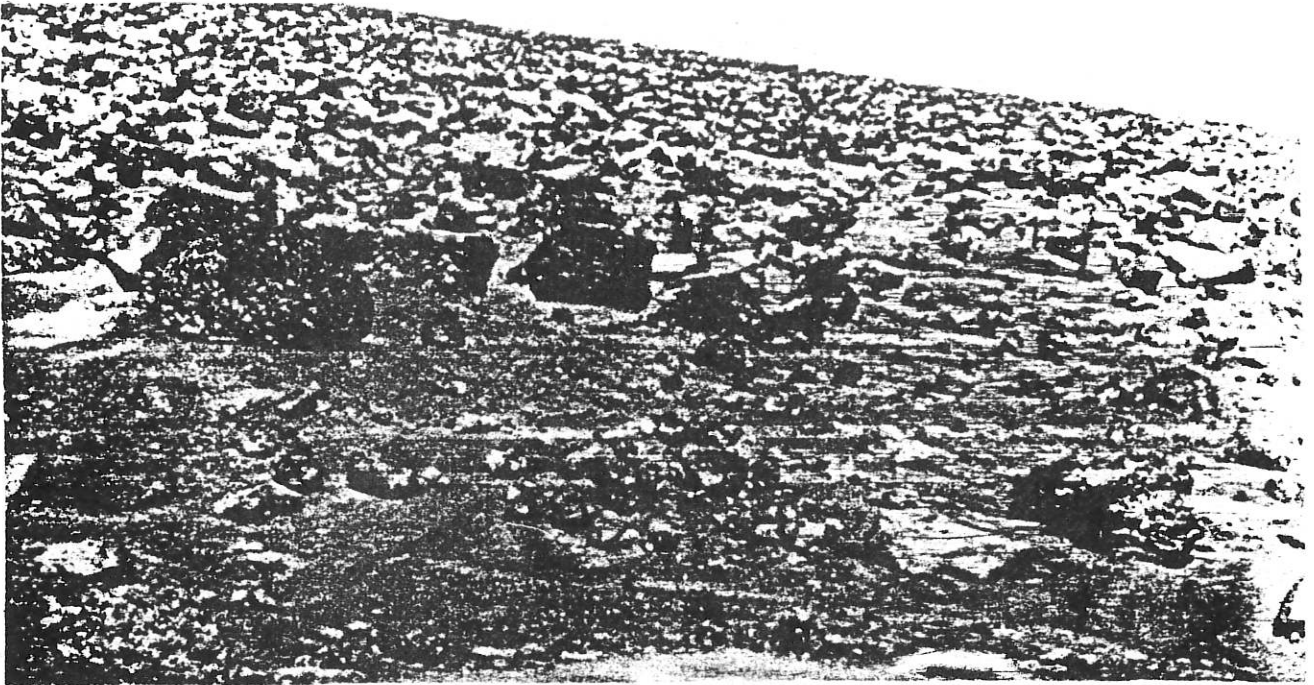


Fig. 19. Cratère situé sur le flanc nord de Capri Chasma, sur Mars. La vallée s'élargit lentement, entraînant une érosion et la formation de fissures sur le cratère. Photo-montage Mariner 9.

A



B

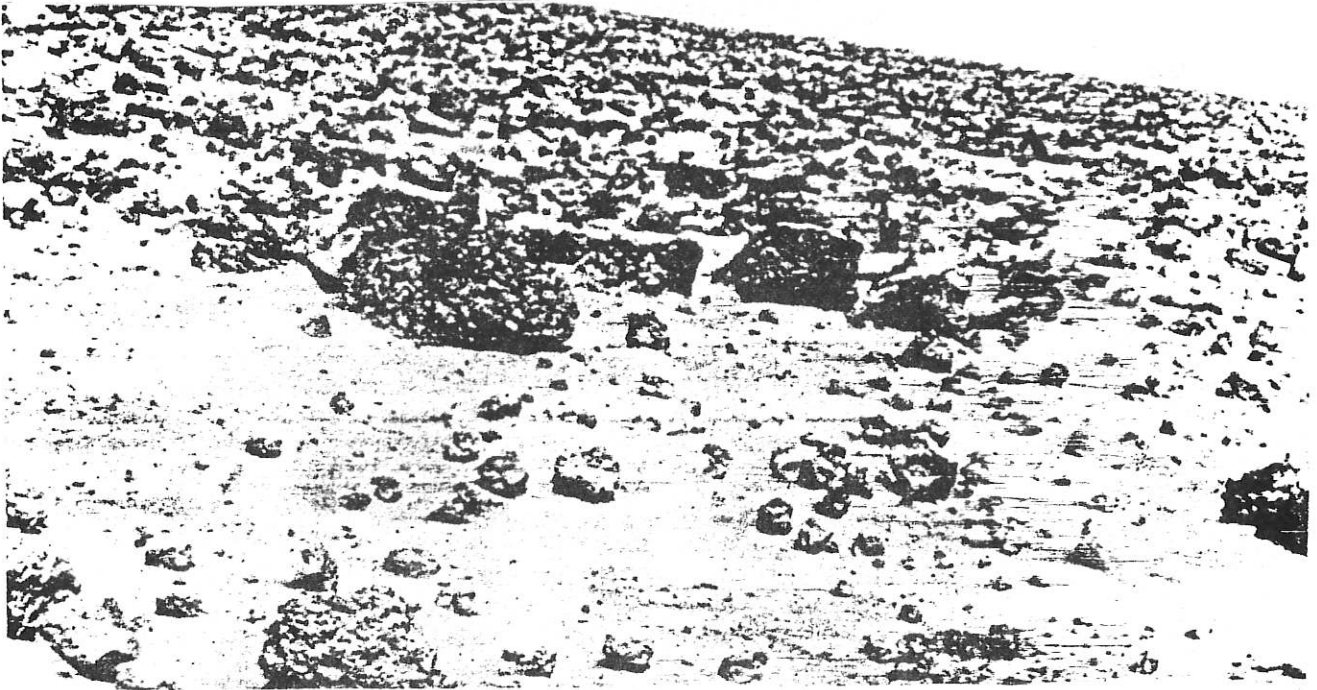


Fig. 20. Ces deux vues furent prises par Viking 2 avant (A) et après (B) les tempêtes de poussière et la formation de dépôts gelés au cours de l'hiver septentrional. L'azimuth et la hauteur du soleil sont presque les mêmes, ce qui facilite la comparaison. On voit bien que le sol devient plus clair lors des tempêtes de poussière et de la formation des produits de condensation. L'explication la plus probable est l'accumulation d'un dépôt, de 1 à quelques dizaines de microns d'épaisseur de fines particules, ayant probablement constitué les noyaux de minuscules grêlons de H_2O et CO_2 . Quand la glace se fut évaporée, elle laissa les particules au sol.

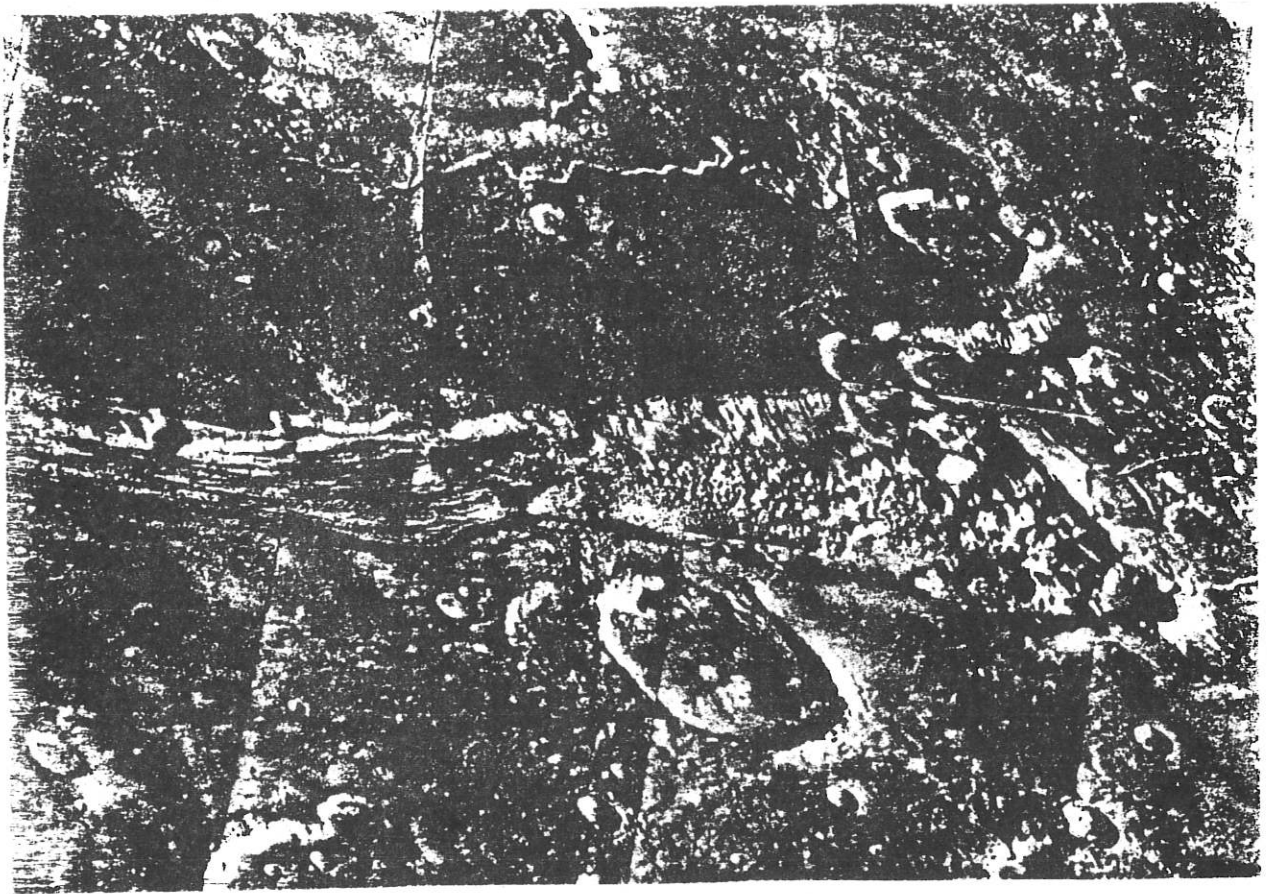


Fig. 21.- Cette mosaïque prise par Viking Orbiter représente une vaste zone de terrain effondré ou chaotique donnant naissance à une série de canaux. L'explication la plus plausible à ces structures réside dans la présence sous les plaines d'un mélange de roche et de glace. La fusion géothermique de la glace, et la formation de failles ont libéré des masses d'eau importantes qui ont creusé les canaux. La région chaotique a environ 150 km de long et 50 de large. Si elle est vraie, une telle explication implique que la croûte martienne contient d'importantes quantités d'éléments volatils piégés.

La pression atmosphérique au niveau du sol des plaines varie de 5 à 7 millibars environ (sur Terre 1013 millibars).

Les températures sont basses (+ 22°C à - 143°C).

Les écarts thermiques semblent être le principal agent de la circulation atmosphérique : d'un jour à l'autre, aux mêmes heures, les vents soufflent toujours dans la même direction et aux mêmes époques ; ils paraissent retrouver la même intensité. Balayant un sol sec, ils soulèvent des poussières ferrugineuses qui provoquent une absorption et une diffusion de la lumière solaire, donnant à l'atmosphère une teinte rose ocre, pâle vers l'horizon et tirant vers le jaune au zénith.

On connaît l'existence, autour de Mars, de 2 petits satellites (fig. 22, 23) Phobos et Deimos.

5.- Jupiter.-

Elle est, de loin, la plus grosse planète du système solaire.

Son diamètre équatorial atteint 142796 km soit 11,2 fois celui de la Terre et son diamètre polaire 133540 km.

Quant à sa masse, elle représente 318,95 fois celle de la Terre.

Observé à la lunette ou au télescope, le disque de Jupiter présente un aspect strié très caractéristique.

Des bandes brillantes et des bandes sombres, disposées parallèlement, alternent de part et d'autre de l'équateur.

On note également la présence de formations apparemment permanentes, mais dont le contour, la couleur ou le contraste se modifient au cours du temps : la plus célèbre est "la grande tache rouge", dans l'hémisphère Sud.

La faible densité moyenne de Jupiter, qui est seulement de 1,3 fois celle de l'eau, implique une composition très différente de celle des planètes telluriques. Elle traduit une structure à base d'hydrogène et d'hélium, ces deux éléments étant les seuls susceptibles d'avoir une densité suffisamment faible dans les conditions de température et de pression régnant vraisemblablement au sein de la planète.

A l'état liquide, et à l'état solide, l'hydrogène et l'hélium ne peuvent se mélanger entre eux que dans certaines proportions. Pour cette raison, on considère que l'inté-



Fig. 22.- Phobos, la plus proche des lunes de Mars. En haut on aperçoit le cratère de Stickney. Si l'objet qui a produit ce cratère en heurtant Phobos avait été à peine plus grand, Phobos se serait peut-être désintégrée.



Fig. 23.- Gros plan sur les rainures qui marquent la surface de Phobos. Ces rainures sont peut-être dues aux forces gravitationnelles de Mars. La présence de matière organique à la surface de Phobos et de sa lune soeur Deimos expliquerait leur couleur sombre. Ces deux lunes sont peut-être deux anciens astéroïdes capturés par la gravitation de Mars. Elles mesurent environ 27 x 21 x 19 kilomètres et pointent vers le centre de Mars leur axe le plus long. Photo Viking 1 Orbiter.

rieur de Jupiter comporte une succession de couches de matière bien différenciées, les unes riches en hydrogène, les autres riches en hélium.

Parmi les découvertes à inscrire à l'actif des sondes spatiales Voyager, figure la mise en évidence, autour de Jupiter, d'un mince anneau de matière.

Les satellites galiléens, Io, Europe, Ganymède et Callisto - constituent, avec Jupiter lui-même, une véritable réplique en miniature du système solaire.

Io gravite à quelque 420000 km de Jupiter. Des images particulièrement saisissantes en ont été recueillies en 1979 par Voyager 1 qui s'en est approché à 18170 km seulement. La surface de cet astre de 3640 km de diamètre apparaît dominée par la présence de formations volcaniques entre lesquelles s'étendent de vastes plaines séparées par des escarpements.

La découverte la plus spectaculaire a toutefois été celle des volcans en éruption, d'où s'échappent des panaches de gaz à des altitudes atteignant jusqu'à 280 km ce qui implique une vitesse d'éjection de l'ordre de 1000 m/s. A proximité de l'orbite du satellite, Voyager 1 a détecté un tore de plasma riche en soufre et en hydrogène ionisés provenant vraisemblablement des éjections volcaniques.

6.- Saturne.- (voir le compte rendu de la conférence du 8 décembre 1981 par Madame Leblanc).

Au delà de Jupiter gravite Saturne, la plus lointaine des planètes connues depuis l'Antiquité.

En dehors de ses anneaux, Saturne est entouré d'un ensemble de satellites dont les plus gros sont vraisemblablement constitués d'un mélange de roches et de glace, et paraissent nés selon un processus d'accrétion à partir d'une nébuleuse primitive, à l'instar des planètes du système solaire.

7.- Uranus.-

Uranus gravite en moyenne à 2875 millions de kilomètres du Soleil.

Il semble qu'il y ait 9 anneaux autour d'Uranus. En dehors des anneaux, 5 satellites ont été identifiés. Ce sont des objets de faible éclat, visibles seulement dans de grands instruments.

8.- Neptune.-

On connaît très mal cette planète.

Elle a 2 satellites.

9.- Pluton.-

C'est la limite du système solaire. Le 22 Juin 1978 l'astronome américain J. W. Christy examinait attentivement des agrandissements de photographies de Pluton prises quelques semaines auparavant à l'aide du télescope astrométrique de 155 cm de l'U.S. Naval Observatory. Il remarque que l'image de la planète présentait une protubérance dont l'orientation variait régulièrement, effectuant une rotation complète en un peu plus de 6 jours. Il en conclut à l'existence d'un satellite, trop proche de Pluton pour en apparaître séparé. Cette découverte se trouva confirmée quelques jours plus tard par l'examen de nouvelles photographies ainsi que de clichés datant de 1965 et 1970. On dénomma ce satellite Charon.

Au delà de ces planètes il y a de la poussière qui, de temps en temps, se rapproche du Soleil, est captée, éclairée et chauffée par celui-ci. Elle forme ainsi des comètes.

La comète de Halley est la plus célèbre de l'histoire.

Elle fut repérée en 1758 puis revue en 1835 et 1910.

Le 8 mai 1986 elle passera à sa distance minimale de la Terre : 9 900 000 km.

Plusieurs sondes seront lancées en direction de la comète avec pour objectifs l'obtention d'images du noyau, l'identification des composants volatils et des processus physico-chimiques qui se développent dans la chevelure ...

Cet exposé a vivement intéressé le public qui posa de nombreuses questions.

ANNEXE 1

L'envoi de sondes automatiques vers la Lune débute en 1959, avec la série des "Luna" soviétiques : Luna 3, en particulier, fournit les premières photographies de la face arrière de la Lune, mais ce n'est qu'avec Luna 9, en 1966 que sera réalisé le premier atterrissage en douceur sur le sol de l'astre. L'exploration par les hommes du satellite naturel de la Terre débute le 20 juillet 1969 avec l'atterrissage de deux astronautes (Amstrong et Aldrin) dans la mer de la Tranquillité à bord du module lunaire d'Apollo 11. Le programme Apollo s'achève en 1972.

En 1962 le survol de Vénus par la sonde américaine Mariner 2 marque le début de l'exploration des planètes par des engins spatiaux. Mars est survolé pour la première fois avec succès en 1965 par Mariner 4 (U.S.A.), Jupiter en 1973 par Pioneer 10 (U.S.A.), Mercure en 1974 par Mariner 10 (U.S.A.) et Saturne en 1979 par Pioneer 11 (U.S.A.).

La mise en orbite d'engins autour de Mars intervient à partir de 1971 avec Mariner 9 (U.S.A.) et autour de Vénus à partir de 1975 avec Venera 9, 10 (U.R.S.S.).

Dès 1967, Venera 4 (U.R.S.S.) réussit à se poser en douceur sur Vénus et en 1971, Mars 3 (U.R.S.S.) réalise à son tour le même exploit sur Mars. Ce n'est toutefois qu'avec les engins américains Viking 1 et 2 en 1976 que débute l'étude in situ du sol martien. Enfin des photographies d'une qualité jamais obtenue des satellites de Jupiter et des anneaux de Saturne, sont transmises respectivement en 1979 et 1980 par les sondes américaines Voyager.

ANNEXE II

L'ORIGINE DE L'UNIVERS ET DES GALAXIES (fig. 1 et 2)

Notre système solaire appartient à l'une des innombrables galaxies de l'Univers.

Disons, très simplement, quelle peut être l'origine des galaxies.

Actuellement toutes les "choses" contenues dans l'Univers s'écartent les unes des autres à très grande vitesse ; on peut donc penser qu'à l'origine elles ont dû se trouver réunies. Cela constitue la base de la théorie du "bing-bang" sur l'origine de l'Univers.

Il y a 15 milliards d'années, cet amoncellement conduisit à une formidable explosion, le bing-bang, qui dura quelques centièmes de seconde, atteignit cent milliards de degrés et fit que chaque particule de matière s'éloigna de toutes les autres ; l'expansion suivit l'explosion. La tempête dura trois minutes ; lorsque la température atteignit un milliard de degrés, les noyaux d'hydrogène et d'hélium commencèrent à se former.

Puis, la température s'abaissant, ces noyaux purent se joindre à des électrons errants pour produire les véritables atomes de gaz. Ceux-ci, sous l'influence de leur propre gravité, formèrent alors des nuages ou des masses de gaz qui finirent par se condenser en galaxies.

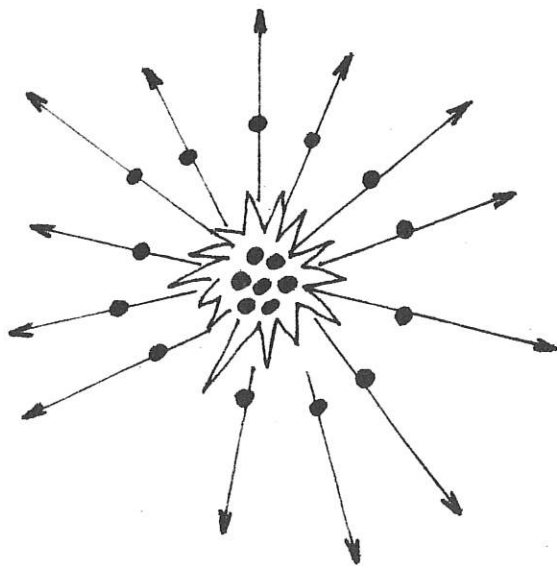


Fig. 1.- Le Bing-bang.

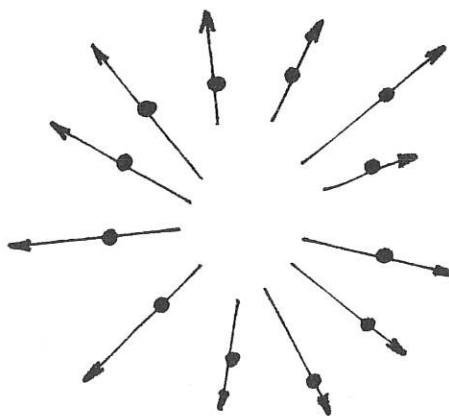


Fig. 2.- L'expansion.