

Mars.

Introduction.

Mars est appelée « planète rouge » à cause d'orages planétaires qui drainent de la poussière riche en fer.

Elle a un diamètre de 6787 km (la moitié de la Terre), sa densité est de l'ordre de 3,9 (plus faible que la Terre : 5,5) et sa masse représente 11% de celle de la terre. Un jour martien fait 24h 27.

Mars présente :

- Le plus grand volcan de l'univers : le Mont Olympus (27 km).
- Des canyons profonds : « Vallée Marineris » : 4000km de long, 260 km de large et 9 km de profondeur.
- Des sols polygonaux géants.
- Le plus grand désert de sable du monde connu.
- Des vents de plus de 300km/h au sol.
- Des dépressions fermées de plus de 4000 mètres de profondeur.
- Des températures très basses (-70°C en moyenne).
 - C'est un monde froid et sec.
 - Mars présente une zonalité marquée avec : une zone intertropicale et une zone froide.

I\ L'exploration moderne.

Cette exploration a été réalisée grâce aux survols (entre 1960 et 1976) de sondes.

- US mariner 4 : 6 x 7 : image dont la résolution minimale était de 500 mètres.
- US mariner 9 : en orbite autour de mars dès 1974, elle a réalisé 7300 photos de résolution inférieure ou égale à 100 mètres et a permis de grandes découvertes, comme : des canyons, des volcans géants, des grands lits fluviaux asséchés.
- CCCP-Mars lander 3 : 1^{er} atterrissage (ou amarsissage) mais avec la télévision détériorée !
- Deux missions Vikings : une uniquement en orbite : Viking Orbiter et l'autre qui a atterri (Viking lander).
 - Viking 1 (1975-1976) a réalisé des photos systématiques de la surface de Mars.
 - Viking 2 (1975-1976) a réalisé des photos des régions polaires (16000 clichés).
- Survol de DEIMOS, le plus petit des 2 satellites.
- En 1996 : Mars global surveyor a réalisé la cartographie de l'ensemble de Mars et l'évolution des nuages. Les images de surface obtenues (avec un détail de 3 mètres) pourraient montrer des lacs, des sédiments. L'altimétrie laser a révélé la topographie et la répartition des masses profondes. La spectrométrie à émission a été utilisée pour l'étude des minéraux, de la température et de la pression.
- Mars Pathfindow était équipé d'une caméra couleur, d'une station météo et du robot « séjourner » de 10kg (vidéo, spectrométrie).

II\ Caractéristiques astronomiques.

On a deux facteurs majeurs :

- La faible masse (1/8 du volume de la Terre ; deux fois la Lune), et la gravité trois fois moindre que celle de la Terre.
- L'éloignement au soleil (la distance moyenne est de 228.106km), et la période orbitale de 687 jours terrestres.

L'orbite de Mars est excentrique (ellipse) alors que la Terre a une orbite circulaire. Le soleil n'est pas au centre de l'ellipse.

Mars présente deux hémisphères :

- L'hémisphère Nord : hiver court et doux, été long et frais.
- L'hémisphère sud : hiver long et frais, été court et doux.

Mars a un très faible champ magnétique (3000 fois plus faible que celui de la Terre) à cause de sa structure interne : le noyau liquide ne tourne pas sur lui-même.

L'axe des pôles par rapport à l'écliptique a une obliquité variable (l'axe de la Terre est constant : $23^{\circ}27'$) : il varie entre 35° et 15° ; actuellement, il est de 24° . Ces changements ont de grandes influences sur les climats. Ces variations d'obliquité sont dues à Jupiter (effet de marées).

Les données de l'orbitographie.

Il existe des perturbations des trajectoires des satellites artificiels à cause d'anomalies gravimétriques → croûte ayant 10 à 60km de profondeur (aussi, différences de composition).

III\ Les enveloppes externes.

A\ L'atmosphère martienne.

Cette atmosphère est composée à 95% de CO_2 , 2,7% de N_2 et 1,6% d'Ar. L'azote présent est insuffisant pour engendrer la vie.

1\ L'eau.

La pression est de 6hPa (1000hPa sur Terre) ce qui a une incidence sur l'état de l'eau qui ne peut exister qu'à l'état solide ou gazeux. Le passage se fait de l'état solide à l'état gazeux (sans état liquide).

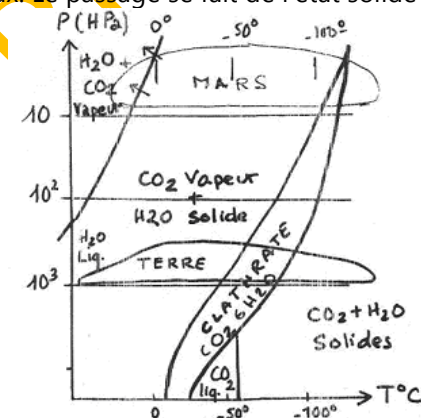


Fig. - Sur Mars, à $P \approx 6 \text{ hPa}$, l'eau passe directement de l'état solide à l'état gazeux au-delà de 0°C (-30).

On note la présence d'eau vapeur sur Mars. Au lever du soleil, on observe des nuages de sublimation d'eau → 0,03% de l'atmosphère.

2\ Circulation de l'air.

- En surface.

En surface, on observe des tourbillons cycloniques et anticycloniques zonaux et symétriques par rapport à l'équateur (comme sur la Terre) mais en hiver seulement (différent de la Terre).

Le flux typiquement martien : On observe un flux de condensation saisonnier du CO_2 aux pôles.

→ On obtient des calottes polaires de neige carbonique (CO_2 , clathrate et H_2O).

L'hémisphère Nord voit ses glaces sublimées au printemps et en été (fontes). L'hémisphère sud possède des neiges éternelles.

- **En altitude.**

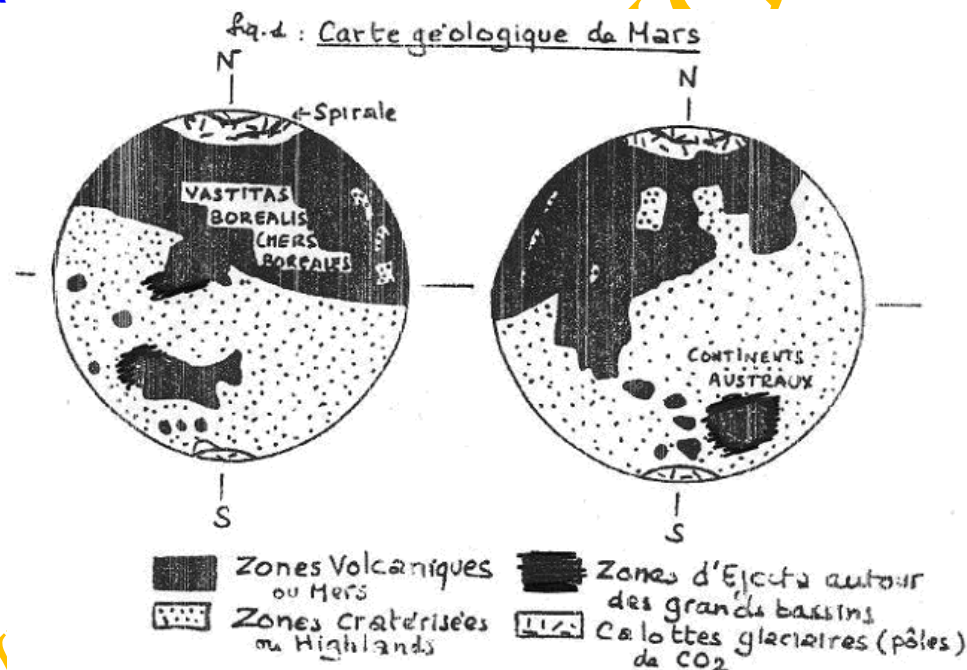
On trouve des nuages spirales aux hautes altitudes. Ces nuages sont présents surtout en été, leur diamètre est compris entre 200 et 500km. Ils tournent hors des calottes et ont une durée de vie de 3 à 6 jours (rotation dans le sens anti-horaire).

- **Originalité martienne.**

Mars voit à sa surface se créer des tempêtes de poussière. Ces tempêtes ont pour origine les nuages spirales atmosphériques, l'absence de végétation et donc, un sol désertique minéral et un contact brutal entre une masse d'air polaire contre une équatoriale.

Les tempêtes ont une altitude de 70km (hauteur) et une vitesse de 500km/h. Elles créent un obscurcissement général.

B\ A la surface de Mars.



1\ Cartes géologiques de la planète.

On peut observer des dissymétries entre les deux hémisphères.

- **Les mers boréales de l'hémisphère nord (basaltes).**

Ces mers sont des plaines basses faiblement cratérisées qui forment « l'océan nordique » ou « vastitas borealis ».

On voit une énorme cassure qui donne naissance à des failles provoquant la variation en épaisseur de la croûte.

- **Les continents austraux de l'hémisphère sud.**

Ces continents sont appelés « Highlands lunaires » et sont densément cratérisés. Cette forte cratérisation montre une vieille croûte.

- **Frontière abrupte nette.**

Cette frontière est due à une différence dans l'épaisseur de la croûte. Celle-ci est sûrement une faille. Les anomalies observées sont plutôt dues à du volcanisme.

→ C'est la dorsale de Tharsis (élément original) : c'est une dorsale (un bombement) d'une douzaine de volcans.

Aux pôles, les basaltes forment une spirale. Un canyon entaille la glace.

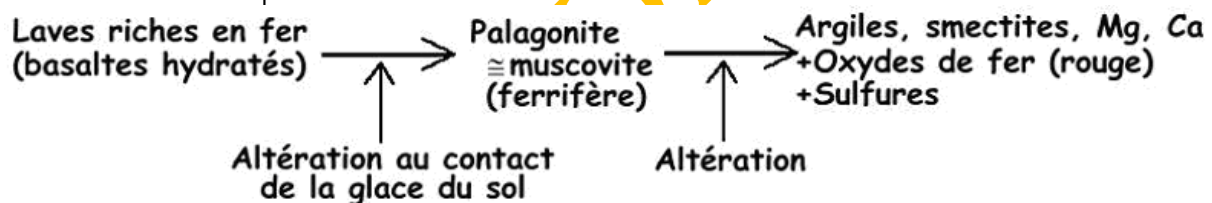
2\ Les formes de relief dues au climat froid et venteux dans un environnement aride.

α\ Les formes éoliennes.

Le transport se fait selon trois modalités : suspension, saltation (galets) et glissement en masse (creep). La vitesse minimale de transport du sable par les vents est de 400km/h. On trouve deux types de zones : zones cratérisées → forte érosion éolienne ; zones basaltiques → zones calmes, les mers.

La sédimentation dans les endroits abrités : au fond des cratères, on trouve des champs de dunes en croisant (= Barkhanes). Le sable des dunes a pour origine l'impactisme sur les basaltes. Ce sont des petits grains de basalte arrachés par le vent ou par un impact.

L'érosion chimique :



β\ Pentes et glissements de terrain.

Ces pentes et glissements de terrain sont trouvés préférentiellement près des rifts.

- Reliefs accidentés : des reliefs de 7000 mètres de haut partent en glissements de terrains gigantesques.
- Cônes de déjection : on trouve ces cônes sur la frontière mers/océans.
- Vallées simili glaciaires : les cirques donnent des moraines terminales par solifluxion.

Dans les vallées, on a des plaines qui reçoivent le matériel éolien. Dans les replats (à forte réflexion dans la lumière) on pourrait trouver des carbonates, sulfates → Des roches sédimentaires.

δ\ Les formes périglaciaires.

Ces formes ont un environnement de basses températures, avec des alternances de gels et de dégels (qui provoqueraient des catastrophes) et une action éolienne intense.

Comme il n'y a pas d'eau, les formes périglaciaires ont en héritage un passé à climat plus doux.

Le permafrost est un sol gelé en permanence (pergélisol) constitué de glace épaisse ancienne (de 1 à 3km à l'équateur et de 3 à 7km aux pôles). Les contractions séculaires (gels/dégels) ont donné de gigantesques sols polygonaux dont le diamètre varie entre 5 et 10km (les plus grands sur Terre font

100 mètres). D'énormes fissures de plusieurs centaines de mètres de large apparaissent aussi avec ces sols.

Les dégels partiels vont entraîner la formation de thermokarsts géants. Ce sont d'énormes cavités remplies d'eau et blocs plurikilométriques au pied de l'escarpement.

Les chenaux et vallées sont des oueds de 2.10^3 km de long, très anciens. Leur formation est située entre 2 milliards d'années et 500 millions d'années (voir même 4.6 milliards d'années). Ces formations ont été créées par des eaux courantes anciennes. On trouve quatre types de formation :

- Grands chenaux et terrains chaotiques : vallées de débâcle.
 - Chenaux moyens étroits et sinueux, avec terrasses.
 - Chenaux anastomosés.
 - Chenaux volcaniques, donc, structuraux.
- ➔ Le problème est de savoir quel est l'origine de l'eau ayant façonné ces vallées :
- Y a-t-il eu des précipitations ?
 - Écoulements temporaires par dégel du permafrost (réchauffement rapide par intense et brusque volcanisme ou météorisme).
- ➔ On suppose que toute l'eau de Mars permettrait la présence de 400 mètres d'eau sur toute la surface de la planète.

3\ Les calottes polaires et les régions polaires.

La dissymétrie martienne présente :

- Une calotte boréale d'un kilomètre d'épaisseur qui sont grandes et bien connues (spirales) ; pas de CO₂ solide.
- La calotte australe, petite, est mal connue. C'est la plus froide : -125°C en hiver. La calotte est composée d'eau (glace) et de glace carbonique.

➔ Il y aurait, sous les pôles, de l'eau liquide à plus de 3500 mètres de profondeur.

IV\ Le volcanisme.

Le volcanisme martien est présent sous la forme de la vastitas borealis (grande plaine, trapp) et de deux formes de volcanisme :

- Les grands volcans à caldera centrale sont présents dans deux régions : Tharsis et Elysium.
- Les pateras (soucoupes) qui sont des cônes isolés en différents lieux (Hellas austral).

A\ Les grands volcans à caldera centrale.

1\ Tharsis montes, les plus grands volcans connus de l'univers.

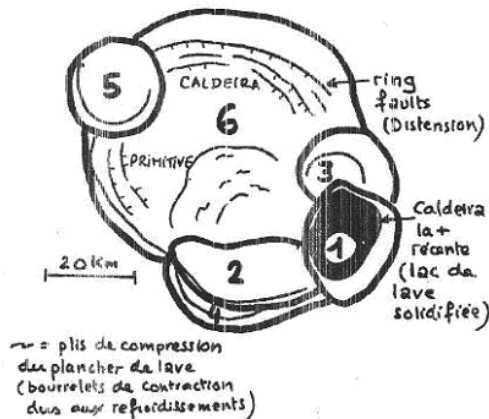
On a trois édifices alignés : Arsia mons, Pavonis mons, Ascraeus mons. Ils sont sur la dorsale de Tharsis (bourrelet) nord-est, sud-ouest, haute de 9000 mètres et longue de 2000 kilomètres. ➔ 18km de haut sur la dorsale, soit, au total, 27 kilomètres au-dessus du zéro de référence.

On voit aussi un édifice isolé, faisant 27km de haut et 600km de diamètre : Olympus mons. Ce volcan est éteint depuis 800 millions d'années à cause d'un épuisement des éléments radioactifs. Sa pente est proche de 6°.

2\ Olympus mons.

Au sommet de ce volcan, on trouve une caldera complexe avec des cratères d'effondrement successifs. La caldera a un diamètre de 20km, une profondeur de 3km et des parois en pente forte. La caldera est divisée en 5 petites calderas et une grande.

fig. 7 : Caldera sommitale d'OLYMPUS MONS



La caldera 1 est la plus récente, avec un lac de lave solidifiée.

La 6 présente des plis d'origine non sûre.

→ Ces failles montrent que le volcan était alimenté par une chambre magmatique qui était située au-dessus du zéro du géoïde ; c'était un point chaud permanent.

À côté de ce volcan, on trouve :

- Des failles périphériques.
- Une méga-faille de plusieurs kilomètres qui alimente d'énormes éboulis que l'on a pris pour des nuées ardentes.

B\ Les pateras.

Exemple du Thyrrenum patera (hémisphère sud).

C'est un volcan ancien, érodé, de 400km de diamètre âgé de 3,5 à 4 milliards d'années. La caldera est entourée d'une fracture circulaire. On y trouve de nombreux chenaux (mesos) et crêtes, ce qui donne un aspect étoilé.

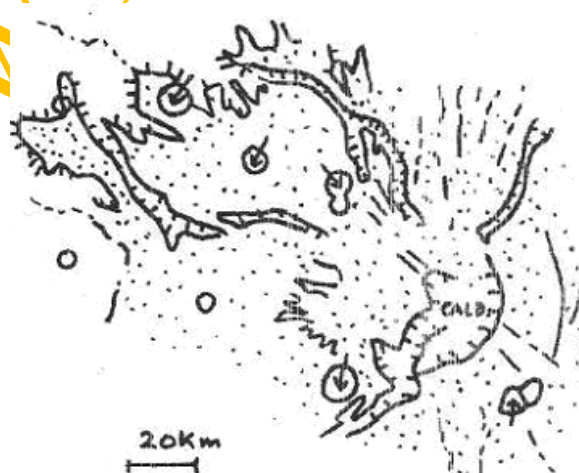


fig. 10 - Thyrrenum Patera

C\ Comparaison du volcanisme sur Terre et sur Mars.

Sur Terre, le volcanisme est lié aux plaques. On le trouve dans quatre sites :

- Rifts-dorsales (zone de distension).
- Subduction (compression).
- Hot Spot (intraplaque, Hawaï).
- Trapps (Deccan, Columbia).

Mars, les différences.

Sur Mars, l'évolution des volcans est différente : on a d'abord la phase explosive (cendres) puis la phase effusive (l'inverse de l'ordre terrestre).

La lithosphère martienne est fixe, d'où la stabilité des sources de magma et les énormes édifices.

L'âge des volcans de Mars.

On observe une cratérisation cataclysmique jusqu'à 3,5 milliards d'années. La création des volcans va de - 4 milliards d'années à l'actuel.

Autour d'Hellas planitia : 3,5 à 4 milliards d'années.

Elysium planitia (plus grandes plaines) : 1 à 2 milliards d'années.

Tharsis : 500 à 200 millions d'années (seulement).

V\ Tectonique et déformation.

A\ Les grands canyons équatoriaux.

Exemple : Vallée Marineris : 4000km de long, 250km de large, 3000 mètres de profondeur. → C'est un Graben : fossé d'effondrement bordé par des failles normales.

Cette vallée est comparable à la dorsale atlantique ou au rift est-africain.

Un rift est un soulèvement de la croûte par une remontée du manteau de la lithosphère. Son origine peut être un panache ou une convection mantellique.

La largeur du rift est égale à la largeur de la croûte (sur terre) → 75km en moyenne (sur Mars) au lieu de 49 sur Terre.

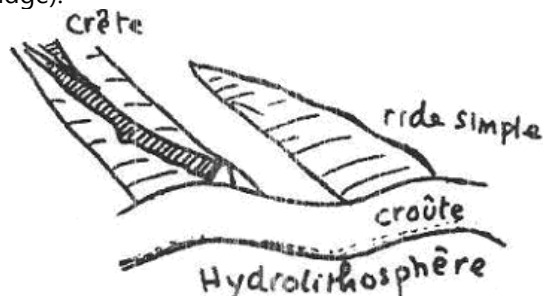
Des cisaillements sont probables sur Mars bien qu'il n'y ait ni tectonique des plaques, ni aucune trace de collision, ni de subduction.

B\ Les rides et plateaux.

On trouve :

- Des rides simples (Arch), de 5 à 10 kilomètres de large, 400 mètres de haut et au maximum, 100 kilomètres de profondeur.
- Des crêtes étroites (Narrow ridge).

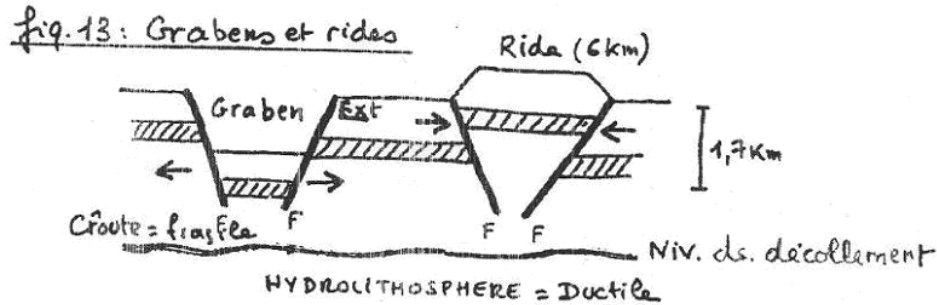
fig. 12 = rides
et crêtes



Les noms des rides sont liés au volcanisme (différent pour la lune). Les rides suivent des réseaux de fracture et sont toujours sur une croûte mince (discordante sur l'hydrolithosphère sous-jacente = cendres volcaniques + eau).

→ Elles sont la conséquence d'une compression (raccourcissement).

Cette phase est liée à l'existence probable d'un niveau de décollement (1 à 2 kilomètres de profondeur) entre un niveau ductile et un niveau fragile.



→ On a une compression due uniquement aux impacts.

VI\ Les deux satellites de Mars.

Les deux satellites de Mars sont Phobos (la Peur) d'un diamètre de 27 kilomètres et Deimos (la Terreur) d'un diamètre de 15 kilomètres. Ces deux masses sont des ellipsoïdes, irréguliers. Chacun tourne avec la même face vers Mars. Phobos se rapproche de Mars alors que Deimos s'en éloigne.

Phobos et Deimos n'ont pas d'atmosphère, leur surface est sèche, cratérisée et recouverte de régolithe. Leur âge est compris entre 2,5 et 3 milliards d'années. Ils ont une couleur gris-noir caractéristique des chondrites carbonatées.

→ Ce sont des **planétoïdes primitifs** (astéroïdes capturés).

VII\ La vie sur Mars.

Les conditions sur Mars :

- Absence ou quasi-absence d'O₂ → uniquement des unicellulaires anaérobies.
- Radiations UV mortelles pour tous les organismes terrestres (actuels).
- Pas assez d'azote, ni de phosphore, indispensables à la vie terrestre.
- Amplitude thermique, donc, présence d'eau favorable, notamment à 5000 mètres de profondeur où la température permet de maintenir de l'eau liquide.

La NASA aurait découvert des possibles archéobactéries sur des météorites issues de Mars. Météorite martienne (Antarctique), SNC, poids de 1,9kg → « Allan Hills 84 001 » Son âge est de 3 milliards d'années mais serait tombée sur Terre il y a 13000 ans après un impact sur Mars il y a 16 millions d'années.

• Les arguments pour :

- Structure tubulaire.
- Les « bactéries de la météorite » ressemblent à des bactéries terrestres (méthanococcus) des fosses océaniques (-2,5km).
- Ces « bactéries » étaient associées à : des globules de carbonate, des oxydes de fer (magnétite), des sulfures de fer (qui est la nourriture de certaines bactéries) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui sont produits par les bactéries (dégradation).

• Les arguments contre :

- Ces bactéries ne seraient que des vulgaires cristaux de magnétites (Fe₃O₄).
- Leur taille est 100 fois plus petite que la plus petite des bactéries terrestres.

- On trouve des globules de carbonate formés à 700°C → température incompatible avec la vie.
- Présence de ^{34}S de FeS_2 alors que les bactéries terrestres utilisent du ^{32}S .
- Il n'y avait pas de membrane cellulaire connue, pas d'ADN.
- Les HAP existent dans le milieu interstellaire et les chondrites carbonatées.
- Aucune vie n'a été décelée par Viking qui a recherché de la vie active et non fossile.

WWW.BIODEUG.COM