



Histoire de l'exploration de Mars

Pierre-Jean Riou



SOMMAIRE

Intro - Où est Mars ?

Mars à l'œil nu

Mars au télescope

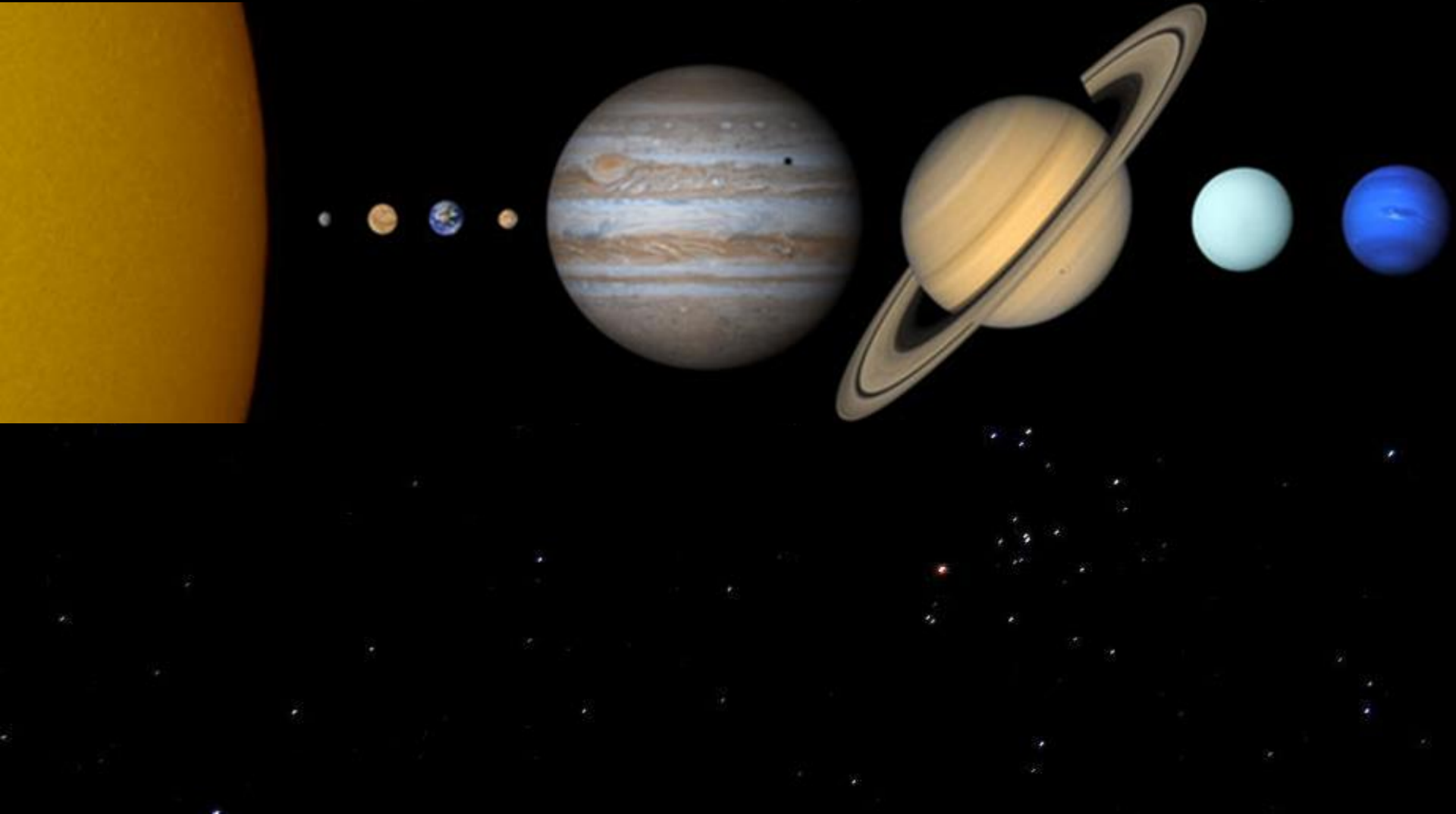
Début de l'exploration de Mars 1964 -1976

**Une exploration de plus en plus précise
1996-2024**

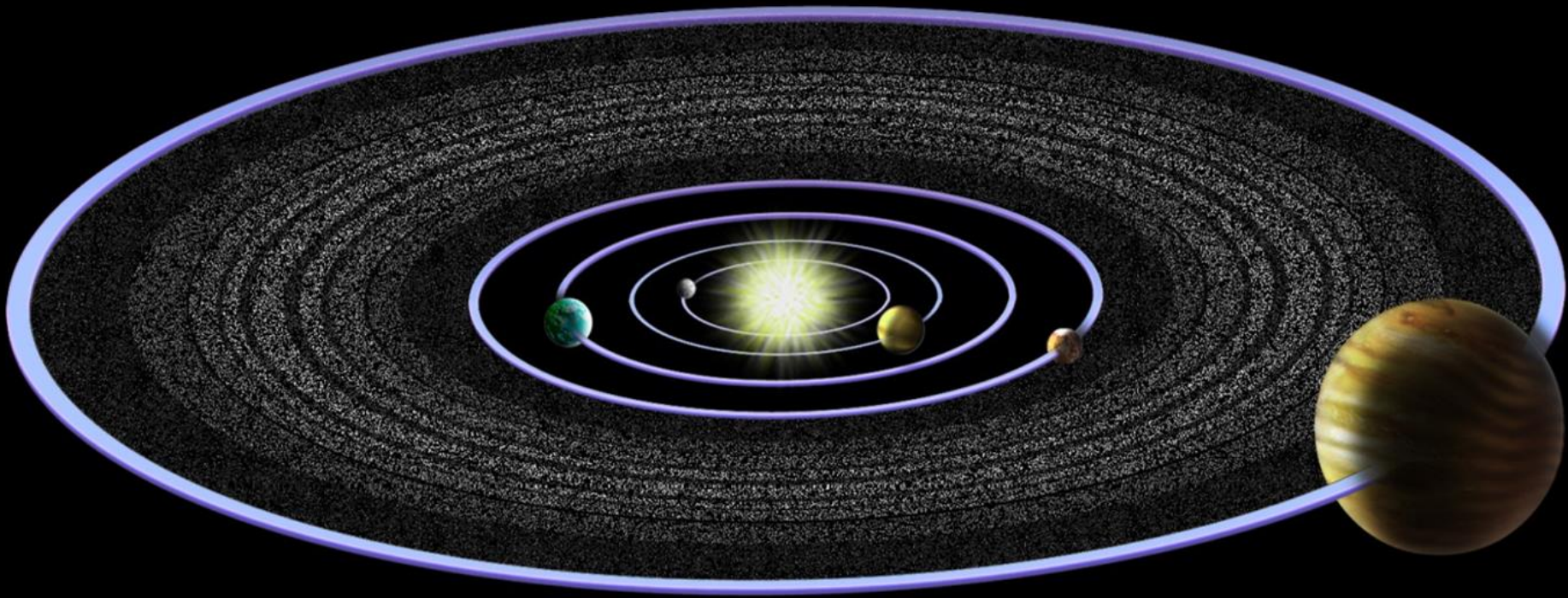
De la vie sur Mars ?

Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Introduction : Où se situe Mars ?



Où se situe Mars ?



Mars est la quatrième planète du système solaire par rapport à sa distance au Soleil

Mars à l'œil nu



Mars à l'œil nu

Observation dans le ciel



Mars et la Lune dans le ciel



Mars est visible comme un point rouge orangée

Mars à l'œil nu

La mythologie martienne



Dans la mythologie romaine, Mars est le dieu des guerriers, de la jeunesse et de la violence.

Mars porte ce nom car appelée Mars car sa couleur rouge fait penser au sang associé à la guerre.

Il est également dieu du printemps car c'est à la fin de l'hiver que commencent les activités guerrières, et dieu de la jeunesse parce que c'est elle qui est employée dans les grandes guerres.

Exploration aux télescopes



Exploration au télescope

Occultation de Mars derrière la Lune

Mars passe derrière la pleine Lune en décembre 2022



Exploration au télescope

Rapport de taille Lune-Mars

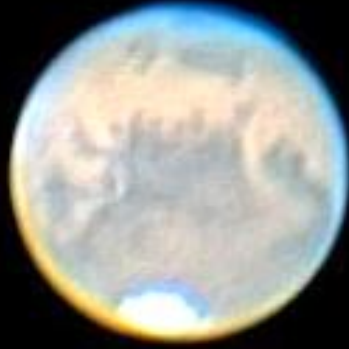


Mars est environ deux fois plus grande que la Lune mais au minimum
fois plus loin que la Lune,
Elle apparaît donc dans le ciel $150/2 = 75$ fois plus petite que la Lune

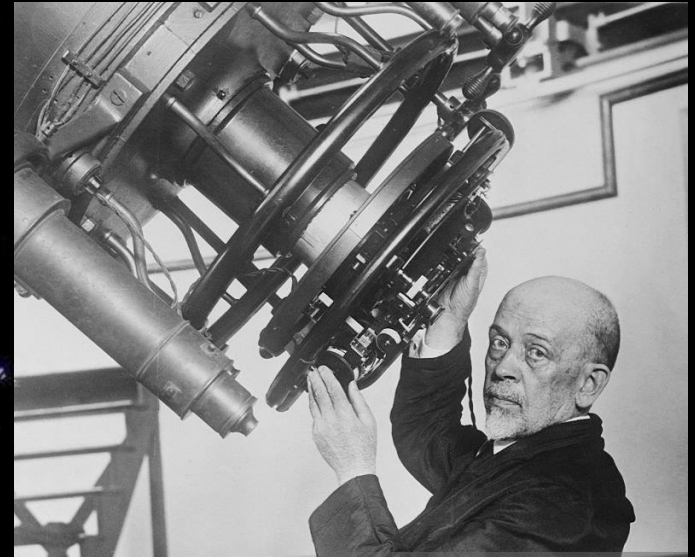
Exploration au télescope :

Découverte des 2 Lunes de Mars

Phobos



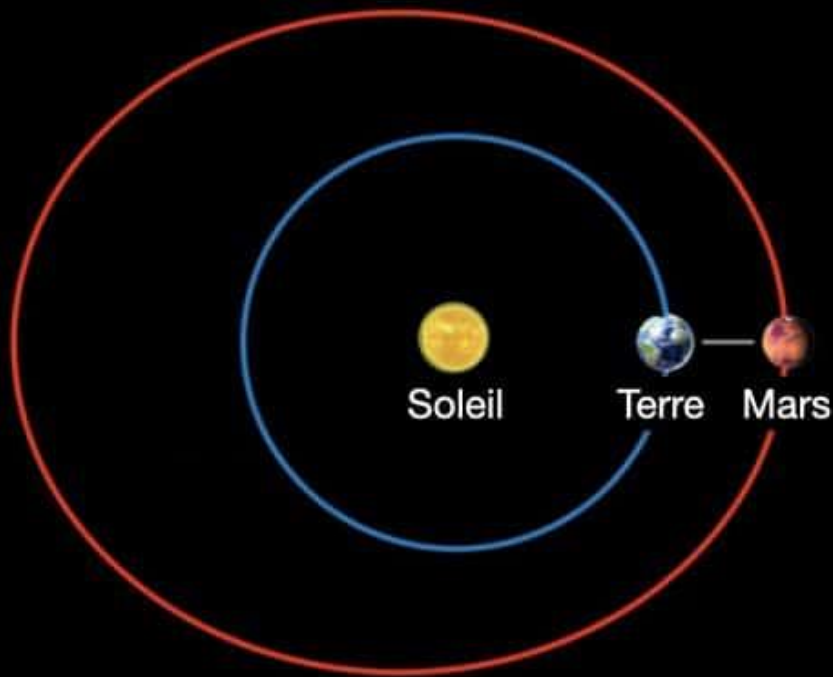
Deimos



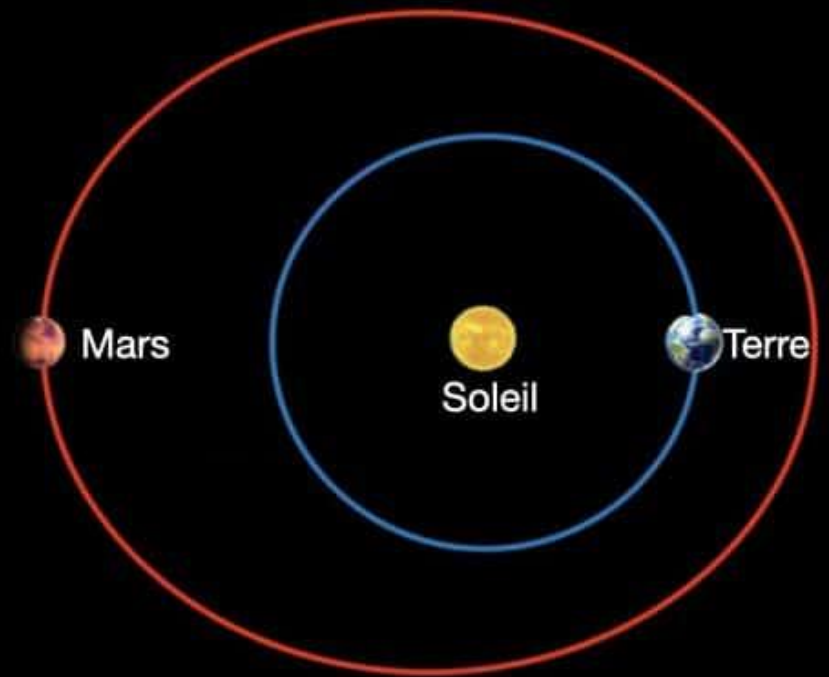
1877 : L'astronome états-unien Asaph Hall découvre les 2 Lunes de Mars qui sont nommées Phobos et Deimos, c'est-à-dire les jumeaux que le dieu Mars a eu avec la déesse Vénus. Phobos veut dire peur et Deimos la terreur.

Exploration au télescope :

Mars n'est pas toujours visible



Opposition Terre - Mars

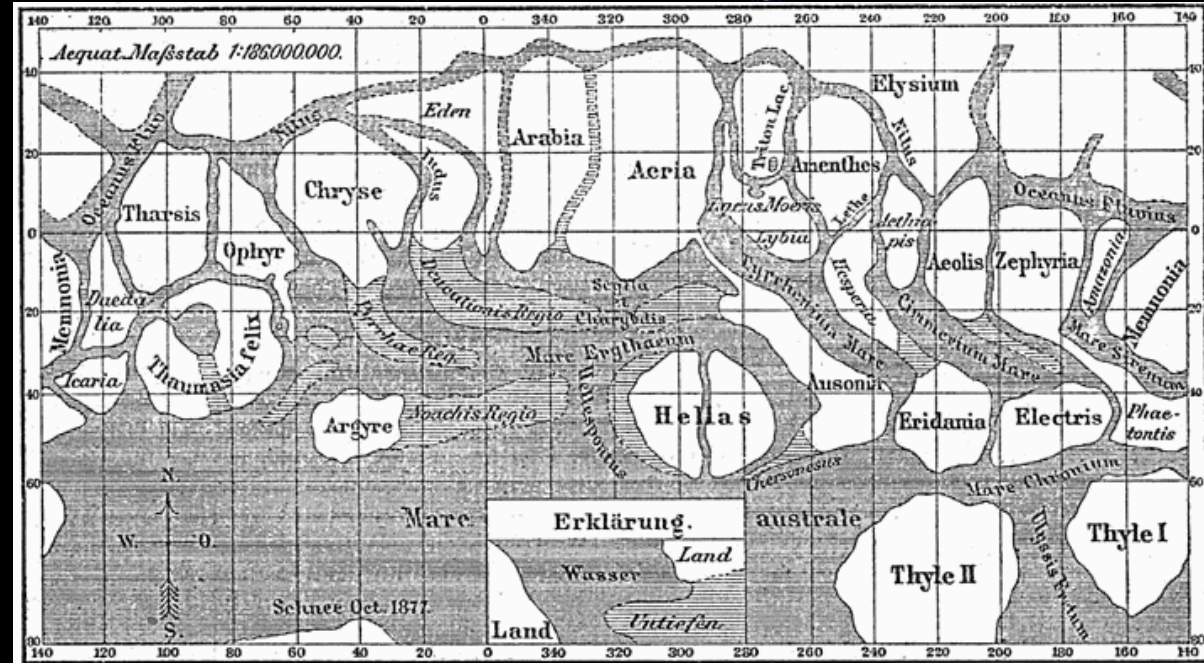


Conjonction Soleil - Mars

Exploration au télescope : L'origine des petits hommes verts



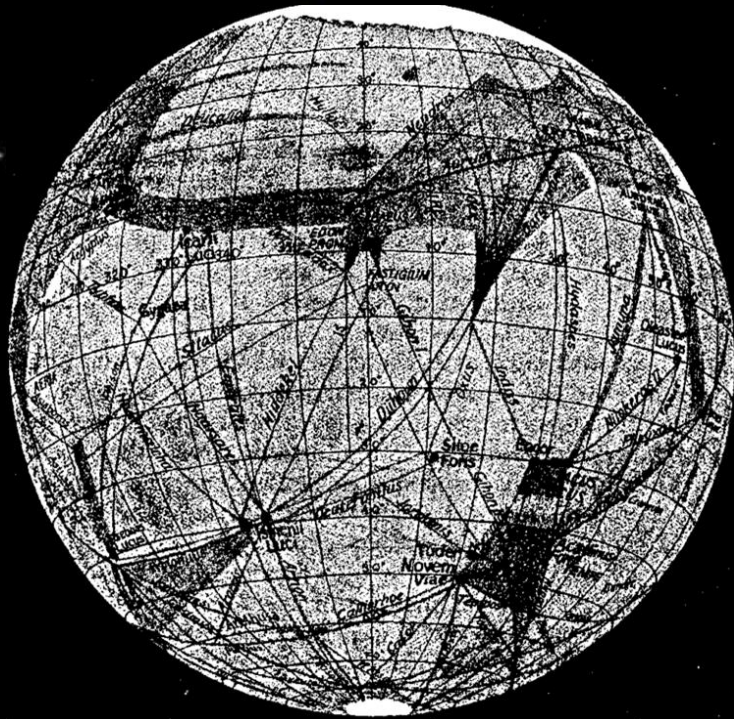
Mars observée au télescope dans les meilleurs conditions possible depuis la Terre.



Carte de Mars par Giovanni Schiaparelli établie en 1877
Cet astronome italien désigne certaines structures par le mot « *canali* » qui désigne aussi bien un canal artificiel qu'un chenal naturel

Exploration au télescope :

L'origine des petits hommes verts



L'américain Percival Lowell traduit le termes de « canali » par canaux artificiels.

En 1896, il fait une carte encore plus précise que Schiaparelli (alors que ce n'est pas possible).

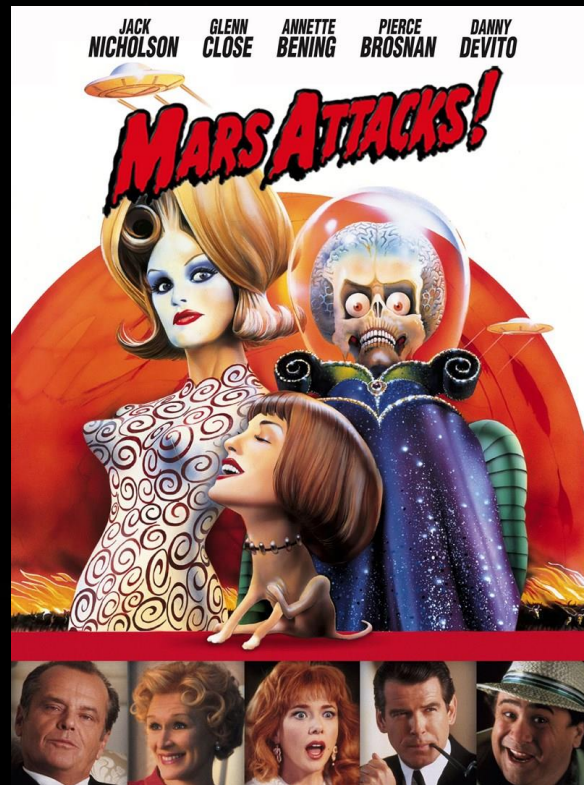
Il était convaincu de l'existence sur Mars d'habitants qui luttaienent contre la sécheresse et la désertification

Exploration au télescope : L'origine des petits hommes verts

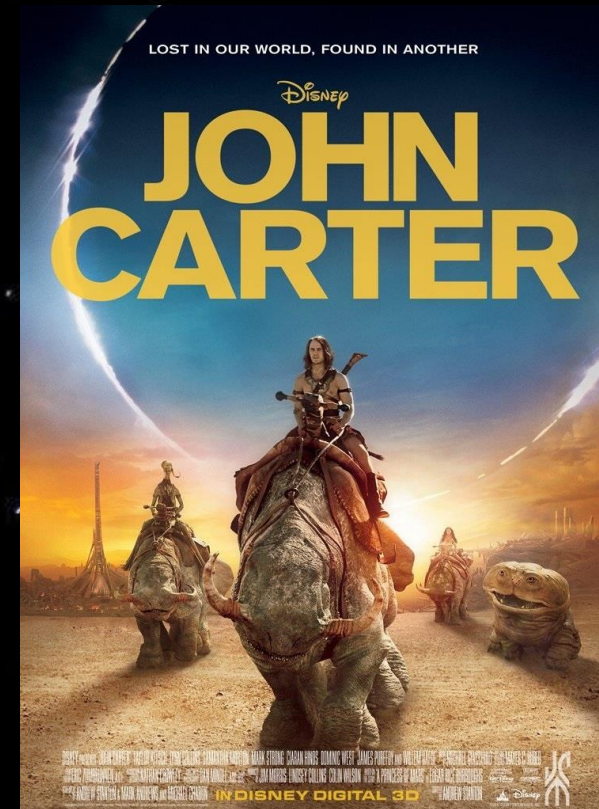
Le mythe crée par Lowell perdure dans la référence populaire où il y a souvent des extraterrestres d'origine martienne qui veulent conquérir la Terre



Le film la guerre des mondes en 1953 par Byron Askin



Mars Attacks en 1996 par Tim Burton



John Carter-Walt Disney-2012

Premières explorations par des sondes spatiales

1964-1976

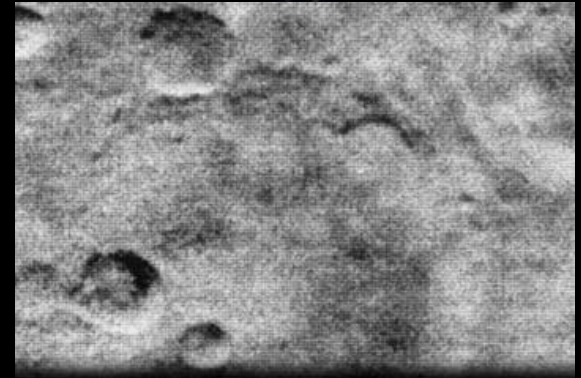


Premières explorations par des sondes spatiales

Premiers survols et mise en orbite



Mariner 4 1965



Mariner 9 1971



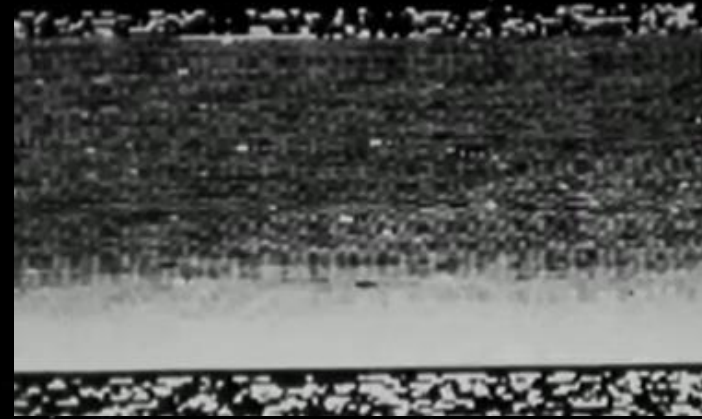
Premiers survols de Mars par des sondes américaines : grande déception car on pensait encore avant 1965 que Mars pouvait abriter une vie luxuriante comme sur Terre. Or la surface de Mars ressemble à celle de la Lune

Premières explorations par des sondes spatiales

Premiers atterrissages - Lander

Mars 3 1972

Premier atterrissage sur Mars
Cependant tombe en panne 20 secondes après..



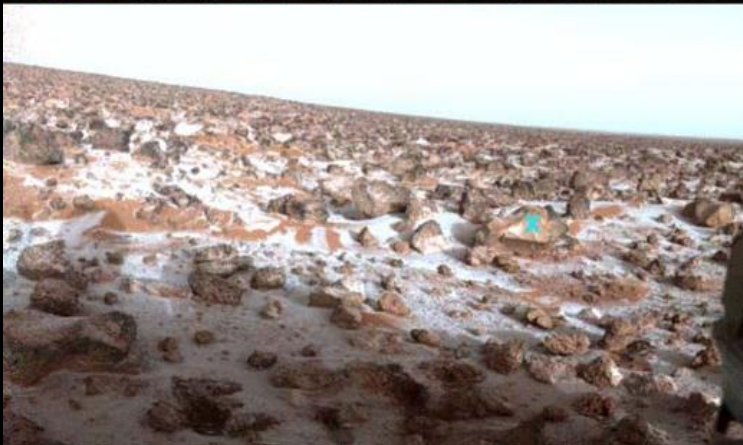
Viking 1 1976



Premiers atterrissages sur Mars par les soviétiques et américains.
Seul les sondes jumelles Viking 1 et 2 réussissent ce défi d'atterrir sur Mars

Premières explorations par des sondes spatiales

Premiers atterrissages - Lander



Composition (à 6,1 mb)

| | |
|-----------------------|---------------------|
| CO₂ | 95,32% |
| N ₂ | 2,7% |
| Ar | 1,6% |
| O ₂ | 0,13% |
| CO | 0,07% |
| H₂O | 0,001 – 0,1% |

Formation de glace d'eau à la surface en hiver
(atterrisseur Viking 2)

Viking 1 et 2 permettent d'étudier la composition de l'atmosphère de Mars de manière très précise, la faible quantité d'eau suffit pour provoquer un léger givre au matin.

Premières explorations par des sondes spatiales

spatiales

Une planète aux caractéristiques proches de la Terre

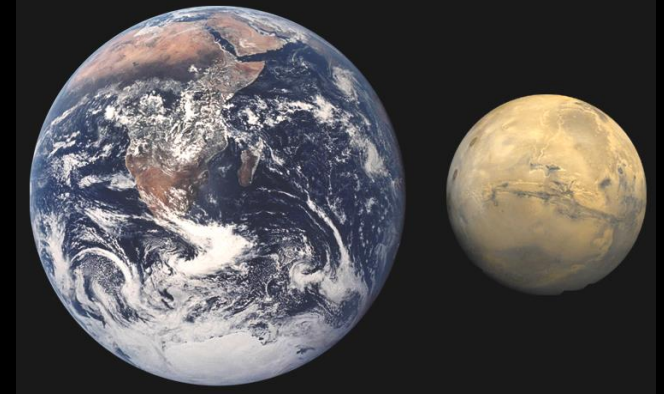
Taille : 6800 km

Rotation (jour martien): 24h37min

Révolution (année martienne) :
687 jours

Température à la surface : - 60C°

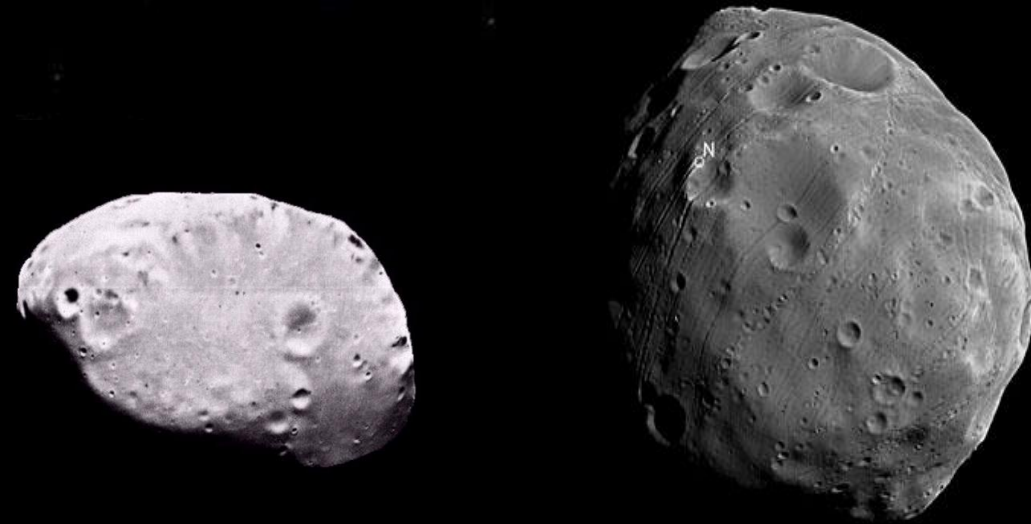
Présence d'atmosphère : Oui
mais de faible épaisseur



Premières explorations par des sondes spatiales

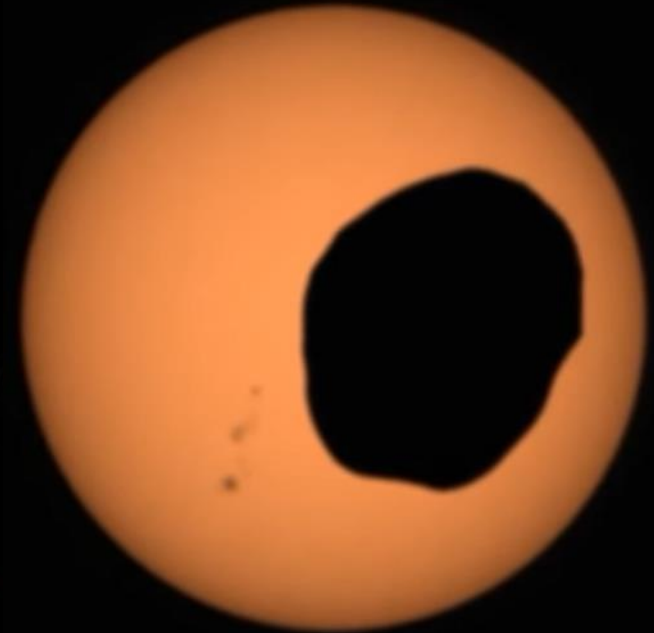
spatiales

Deux petites Lunes ressemblant à des astéroïdes



Deimos
15,0×12×10,4 km
Orbite à 23 500 km

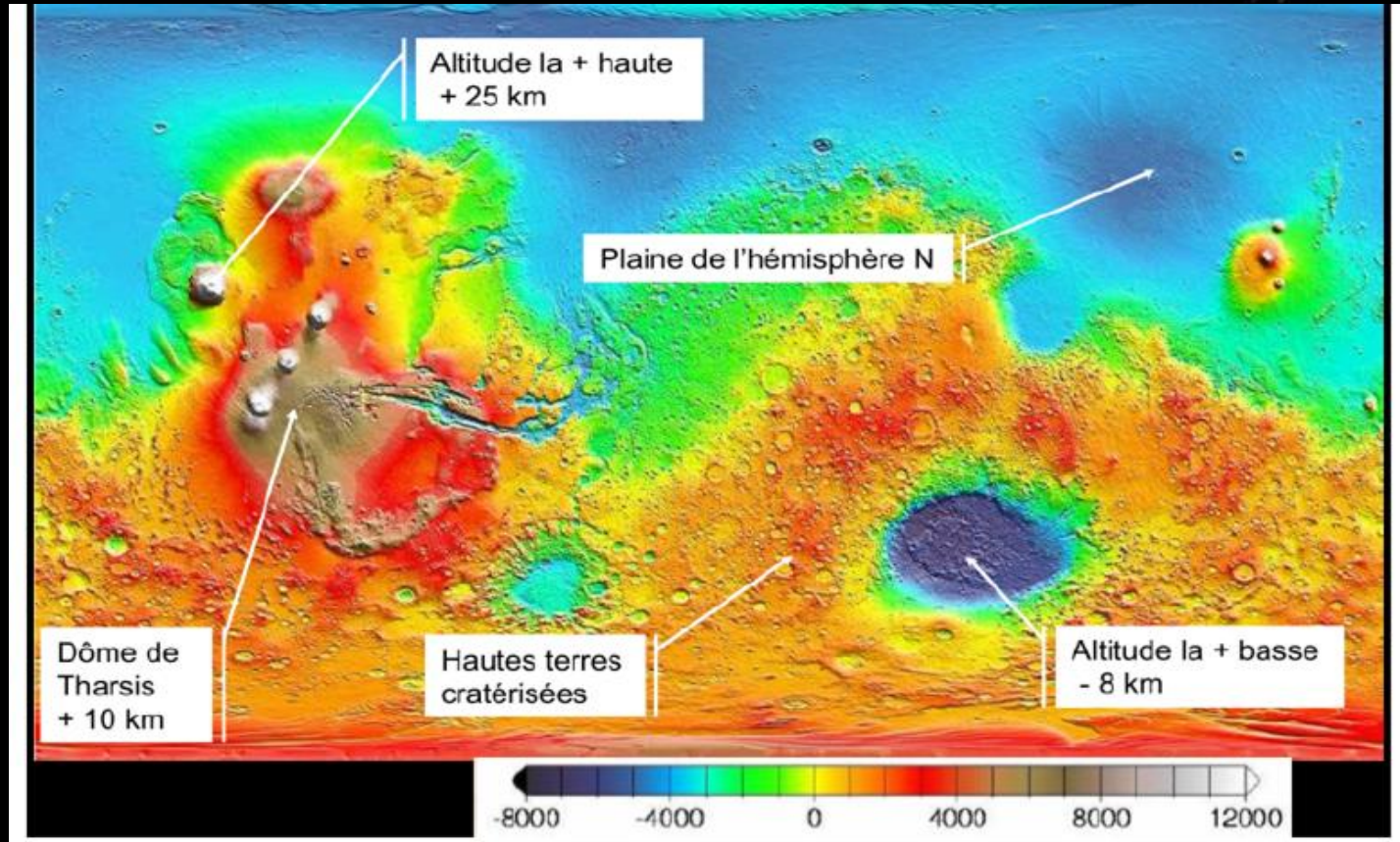
Phobos
26,8×22,4×18,4km
Orbite à 6000 km



« Eclipse de Soleil » sur Mars par la Lune Phobos

Premières explorations par des sondes spatiales

Topographies



Sur Mars, l'hémisphère nord présente de faibles altitudes et un terrain peu cratérisé.
L'hémisphère sud a de fortes altitudes et il est très cratérisé.

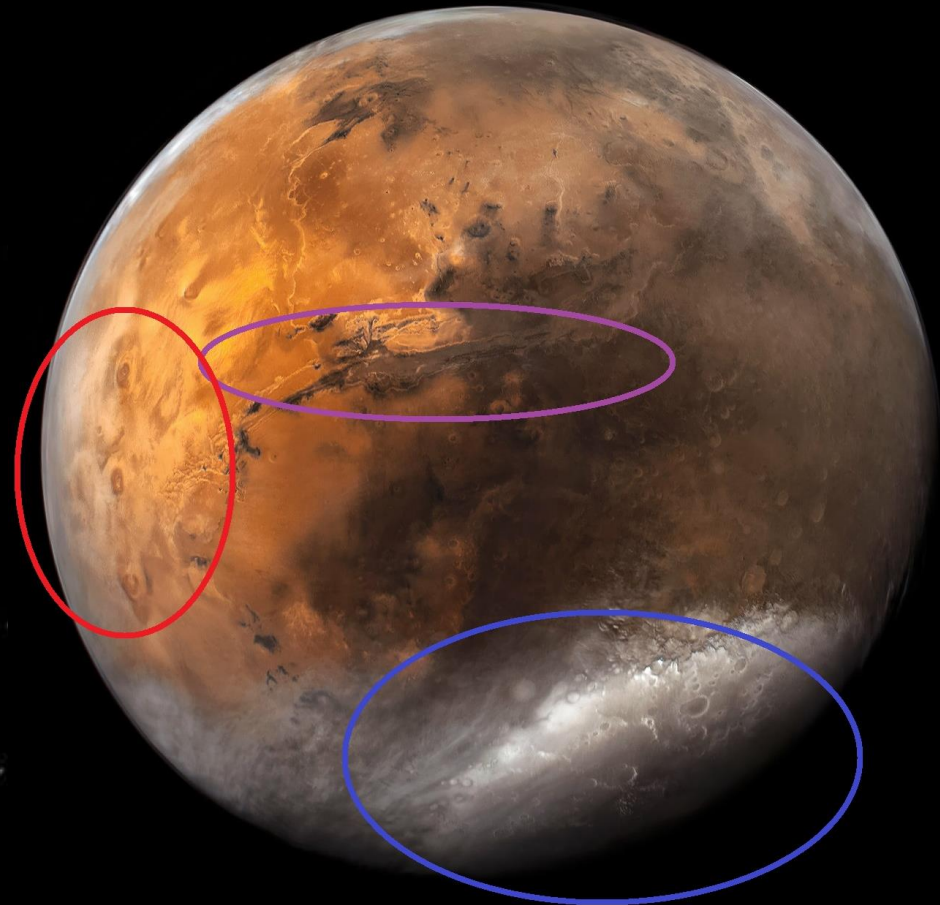
Premières explorations par des sondes spatiales

spatiales

Une géologie impressionnante !

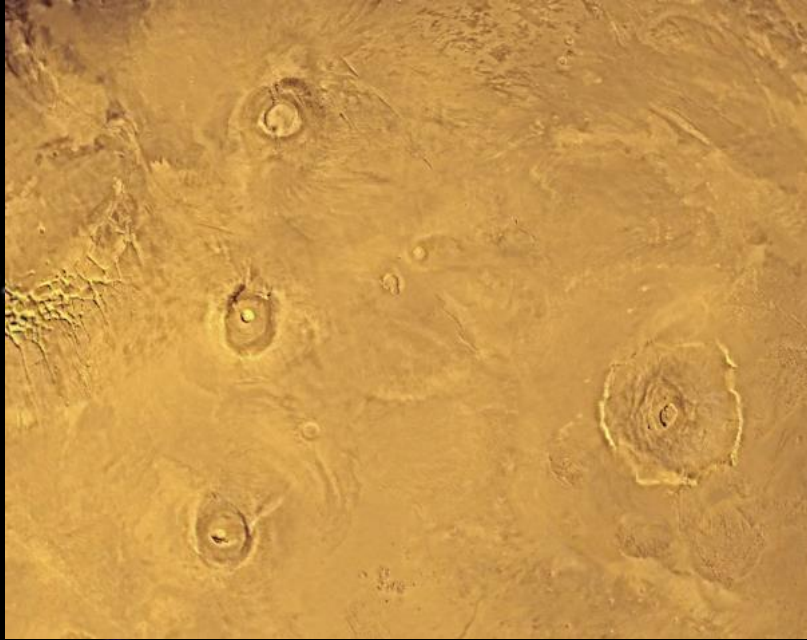
Certaines structures géologiques sont énormes sur Mars : bien plus que sur Terre !

En rouge : Des super volcans
En violet : un canyon énorme
EN bleu : calotte polaire et neige carbonique



Premières explorations par des sondes spatiales

Les Volcans



Tharsis Mons : 4 hyper-volcans

Olympus Mons : le plus grand volcan du système solaire :
près de 24 000 m de haut !

Premières explorations par des sondes spatiales

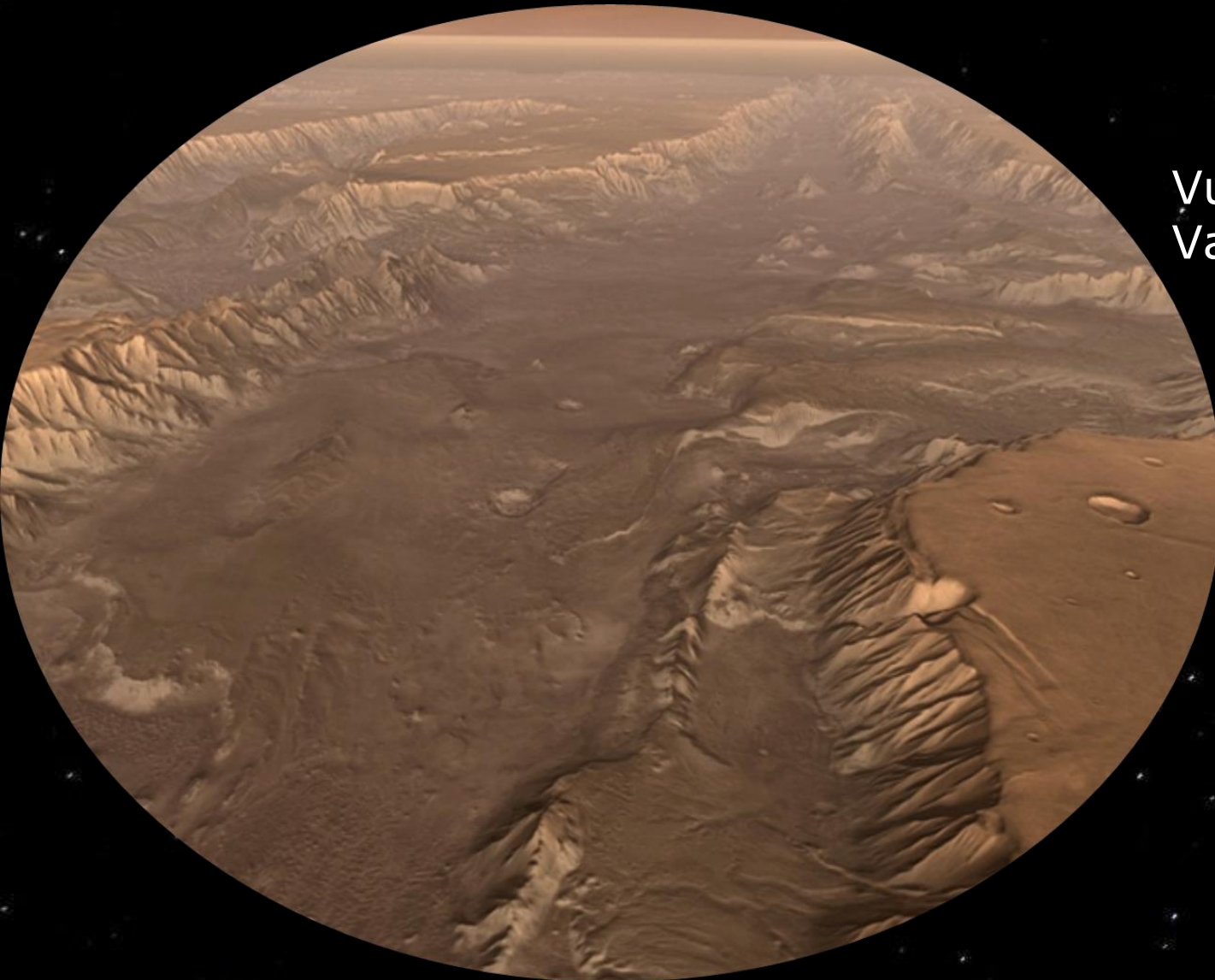
Valles Marineris



Valles Marineris est un giga-canyon :
long de près de 4000 km et de
profondeur jusqu'à 8 km !

Premières explorations par des sondes spatiales

Valles Marineris



Vue d'un survol de
Vales Marineris

Premières explorations par des sondes spatiales

Une planète de tempêtes

La fine atmosphère martienne



Tempête globale de poussière sur Mars :
Ces tempêtes peuvent durer plusieurs
mois et ont lieu régulièrement tous les 5
à 10 ans.



4 Septembre 2001

Premières explorations par des sondes spatiales

Une planète de tempêtes

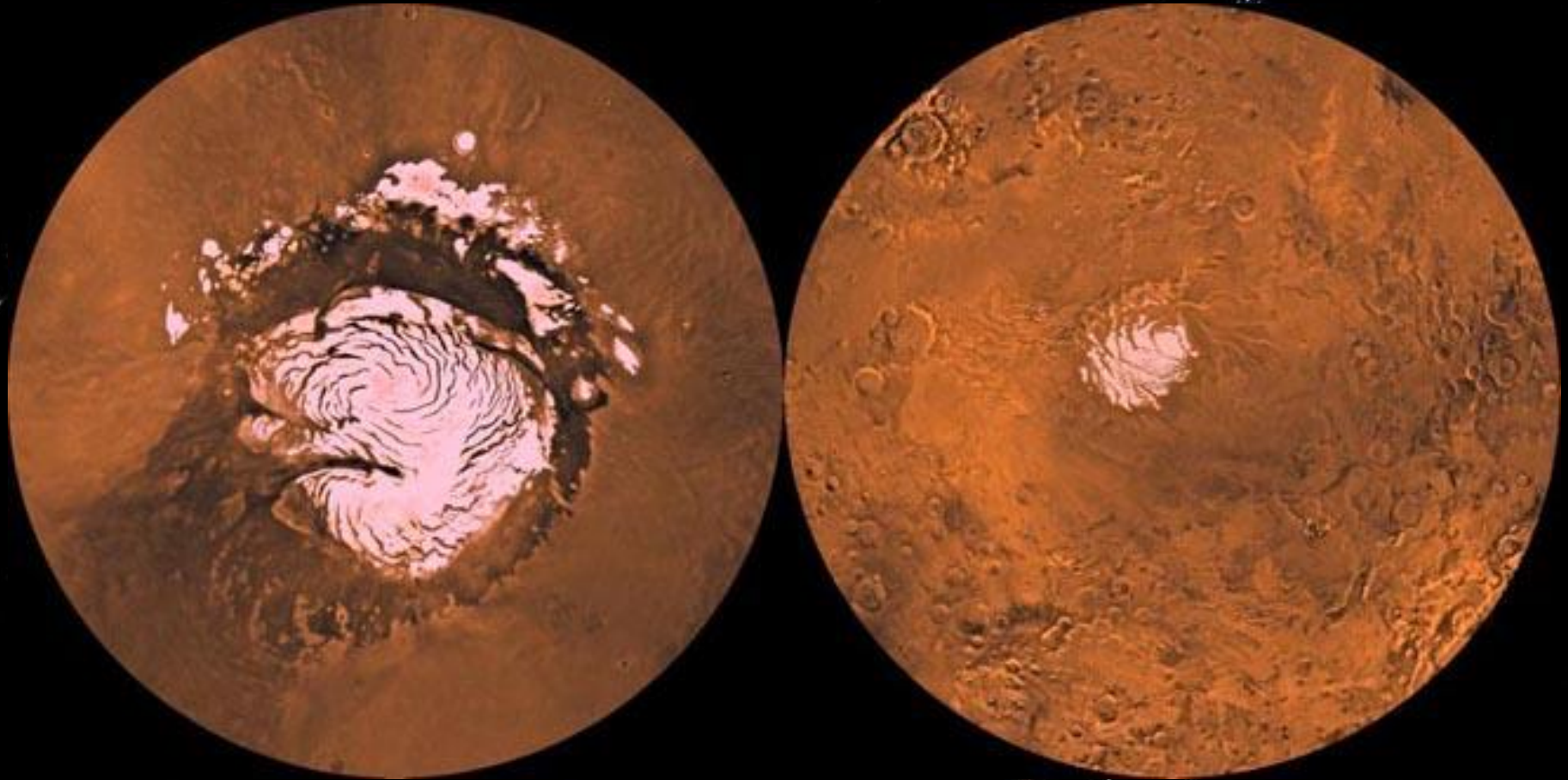


Des vents parfois très violents causent de véritables tornades sur Mars.

Cependant la force de ces tornades n'ont rien à voir avec les tornades terrestre : une tornade sur Mars a la même force qu'une rafale de vent à 30 km/h sur Terre...

Premières explorations par des sondes spatiales

Deux calottes polaire de glace d'eau



La calotte boréale (au nord) est bien plus imposante que la calotte australe (au sud) : elle a une superficie de 1000 km²

Premières explorations par des sondes spatiales

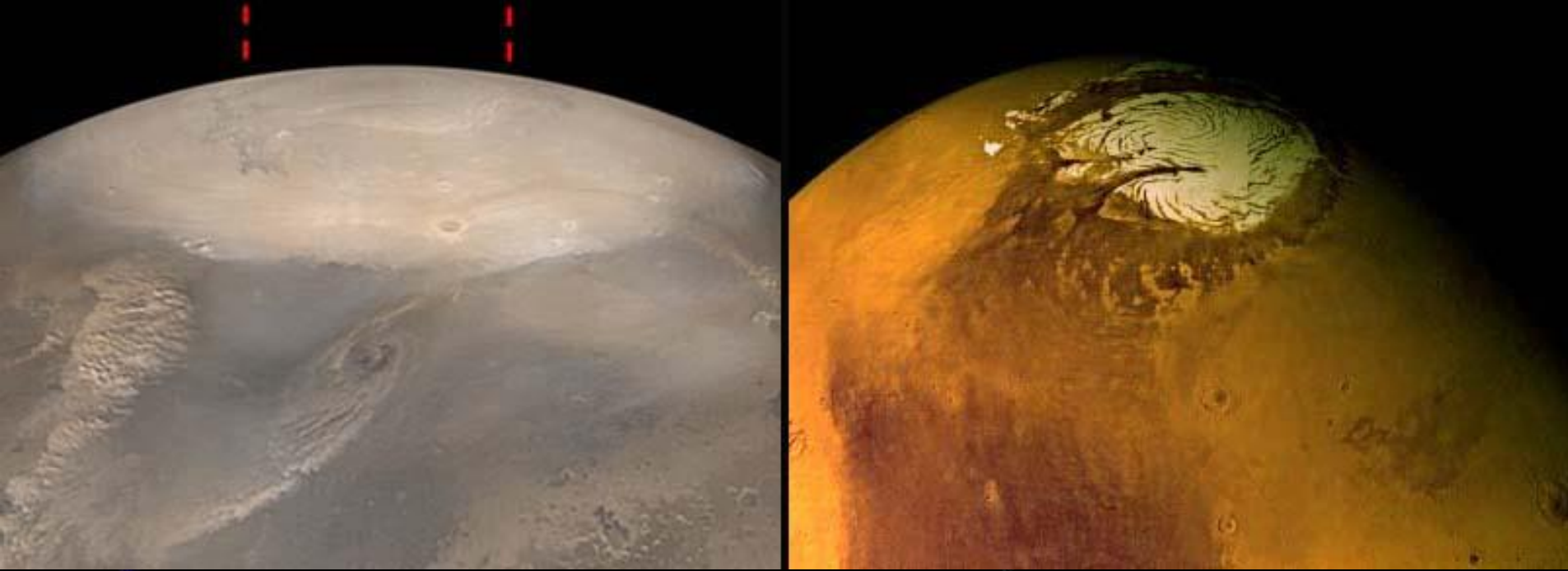
Calotte saisonnière et calotte permanente



Le cratère Korolev : Il a un diamètre de 81,4 kilomètres et contient entre 1 400 et 3 500 km³ de glace d'eau

Premières explorations par des sondes spatiales

Calotte saisonnière et calotte permanente



Calotte saisonnière et calotte permanente sur le pôle nord
Il y fait tellement froid (-130°C) pendant l'hiver polaire que le CO_2 de l'air « gèle » (on dit que l'atmosphère se « condense ») et se dépose en surface créant une calotte polaire saisonnière.

Premières explorations par des sondes spatiales

spatiales

Des cratères particuliers témoins de glace en profondeur

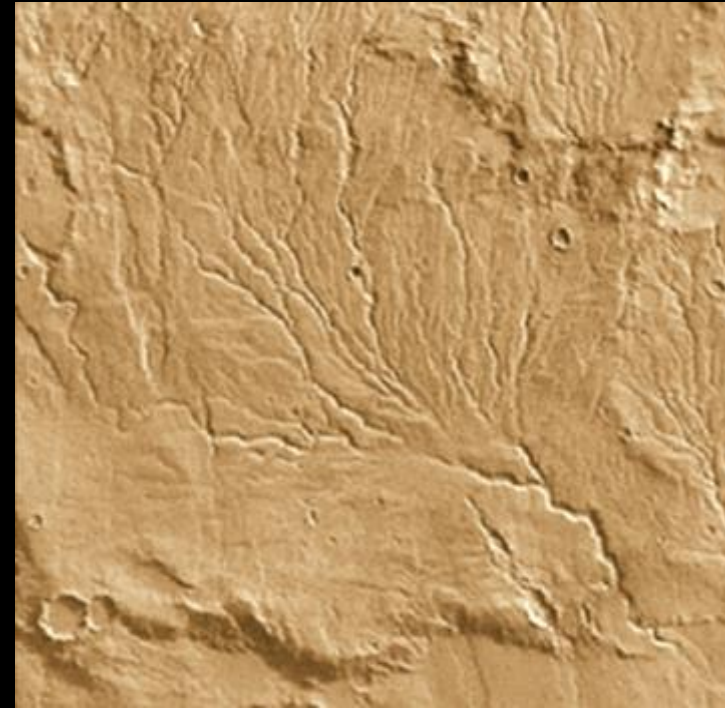
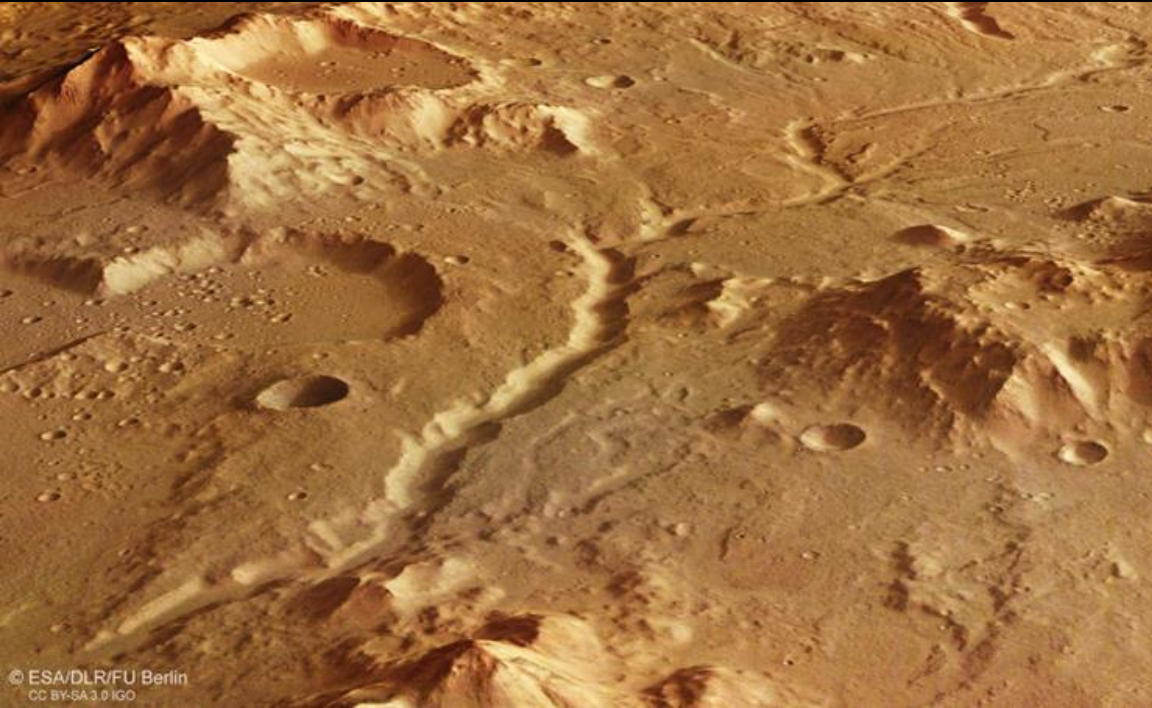


Présence d'un anneau d'éjectas lobés autour de certains cratères. Ce type de cratères lobés sont provoqués par la fonte de glace d'eau en profondeur lors de l'impact.

Premières explorations par des sondes spatiales

spatiales

Des traces de ruisseaux, rivières



© ESA/DLR/FU Berlin
CC BY-SA 3.0 IGO

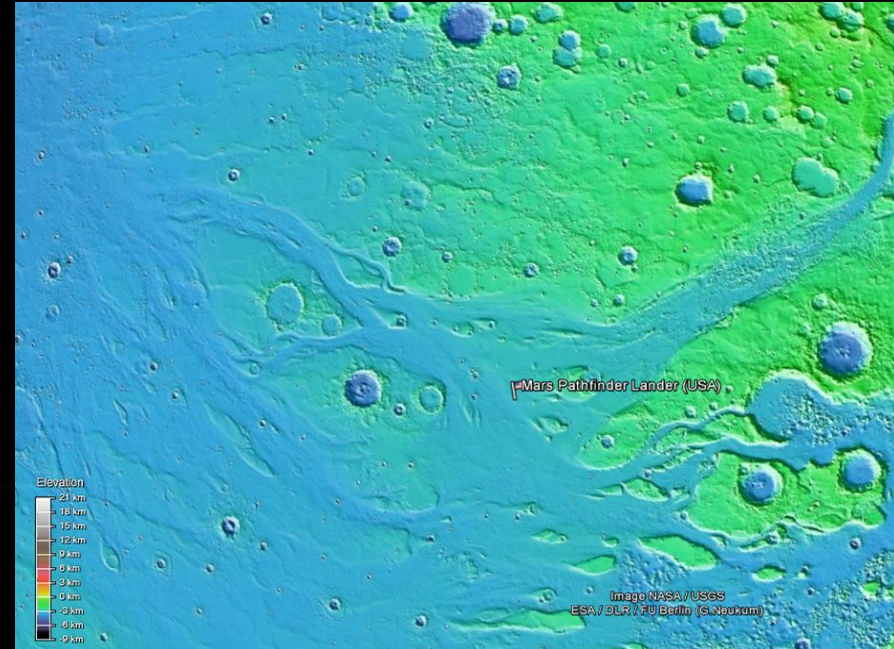
Traces d'érosions anciennes : les réseaux d'anciens ruisseaux et rivières et même fleuves sont visibles sur Mars

1996-2024 : Une exploration de plus en plus précises



Une exploration de plus en plus précise

Les écoulements catastrophiques



La sonde Mars Pathfinder a atterri en 1997 dans un réseau de débâcle, les réseaux de débâcles sont les traces des derniers grands écoulements d'eau sur Mars.

Une exploration de plus en plus précise

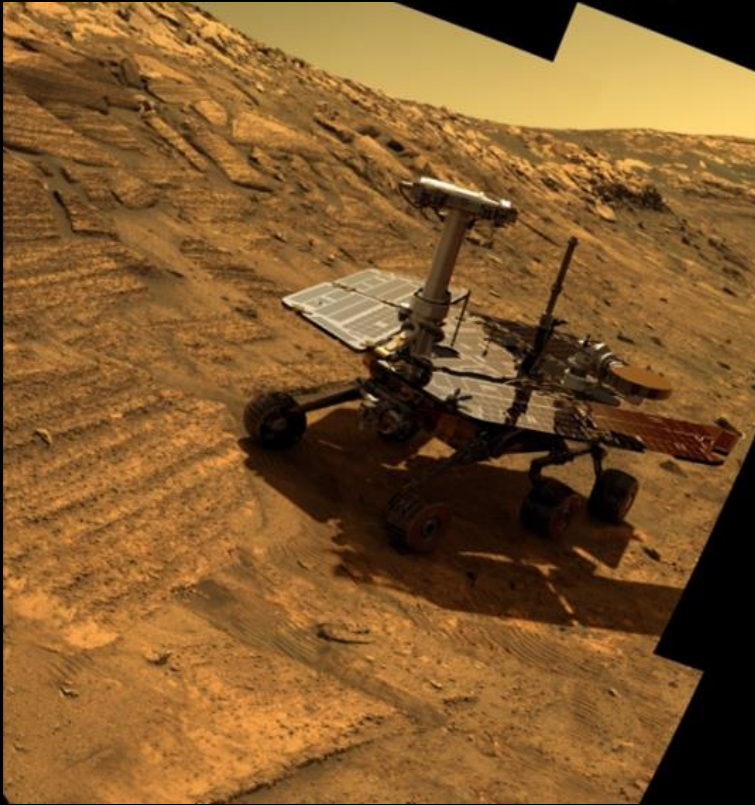
Les écoulements catastrophiques



Cette sonde a déposé un petit rover de la taille d'une boîte à chaussure ! C'est le premier rover martien. Les blocs rocheux présents ont été transportés par un torrent !

Une exploration de plus en plus précise

Les rovers américains Spirit et Opportunity :



Opportunity 2004-2017



Spirit 2004-2008

Une exploration de plus en plus précise

Les rovers américains Spirit et
Opportunity :



Opportunity : photo du cratère Endurance

Diamètre : 130 m – profondeur : 20 m

Dunes de sables visible au fond du cratère

Une exploration de plus en plus précise

Les rovers américains Spirit et Opportunity :



Argiles découvertes en mai 2013, altérées par de l'eau douce, avec un Ph neutre : C'est un environnement le favorable au développement de la vie.

Une exploration de plus en plus précise

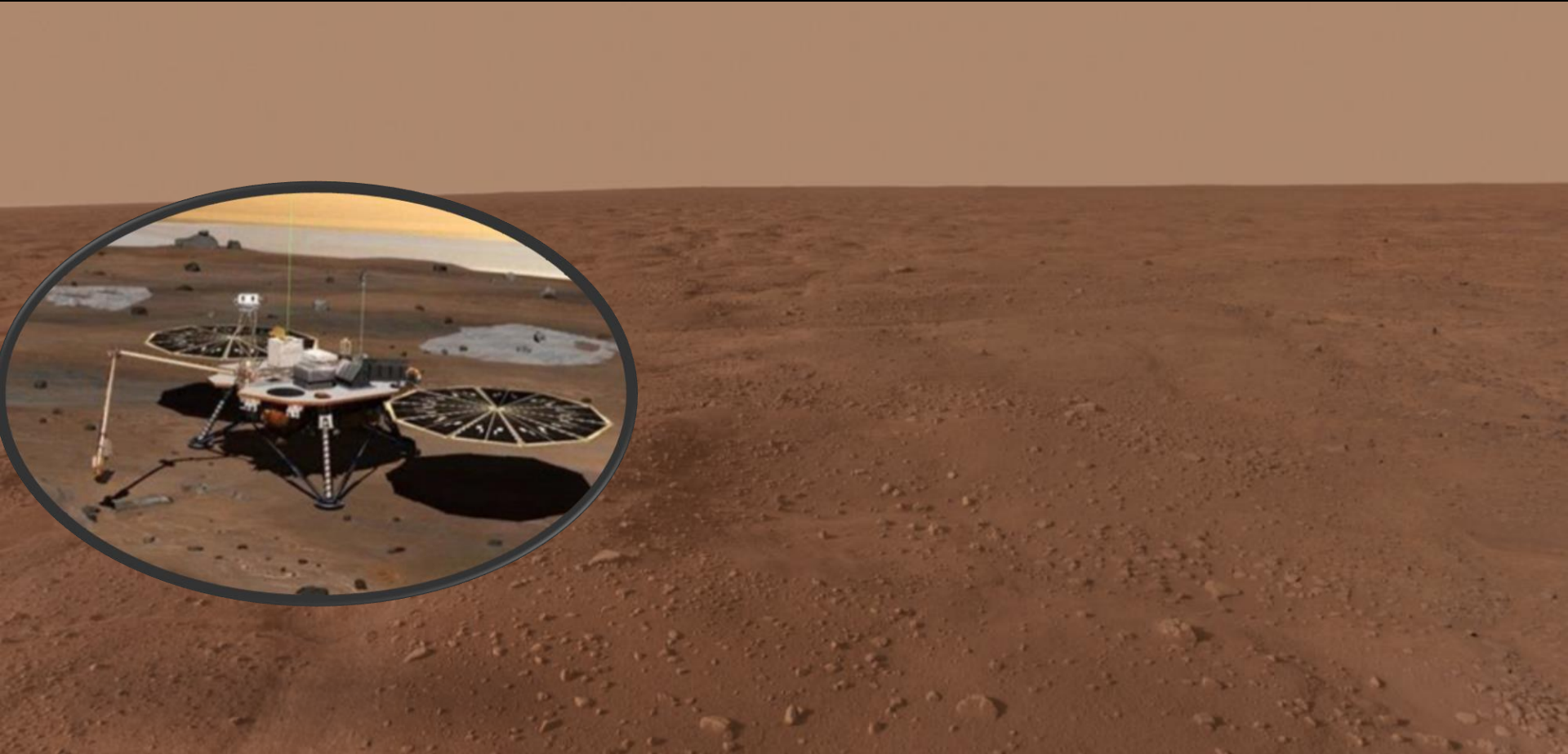
Les rovers américains Spirit et
Opportunity :



**Spirit 2004 Husband Hill, colline
d'environ 100 mètres de haut
composé de roches basaltiques =
lave refroidie.**

Une exploration de plus en plus précise

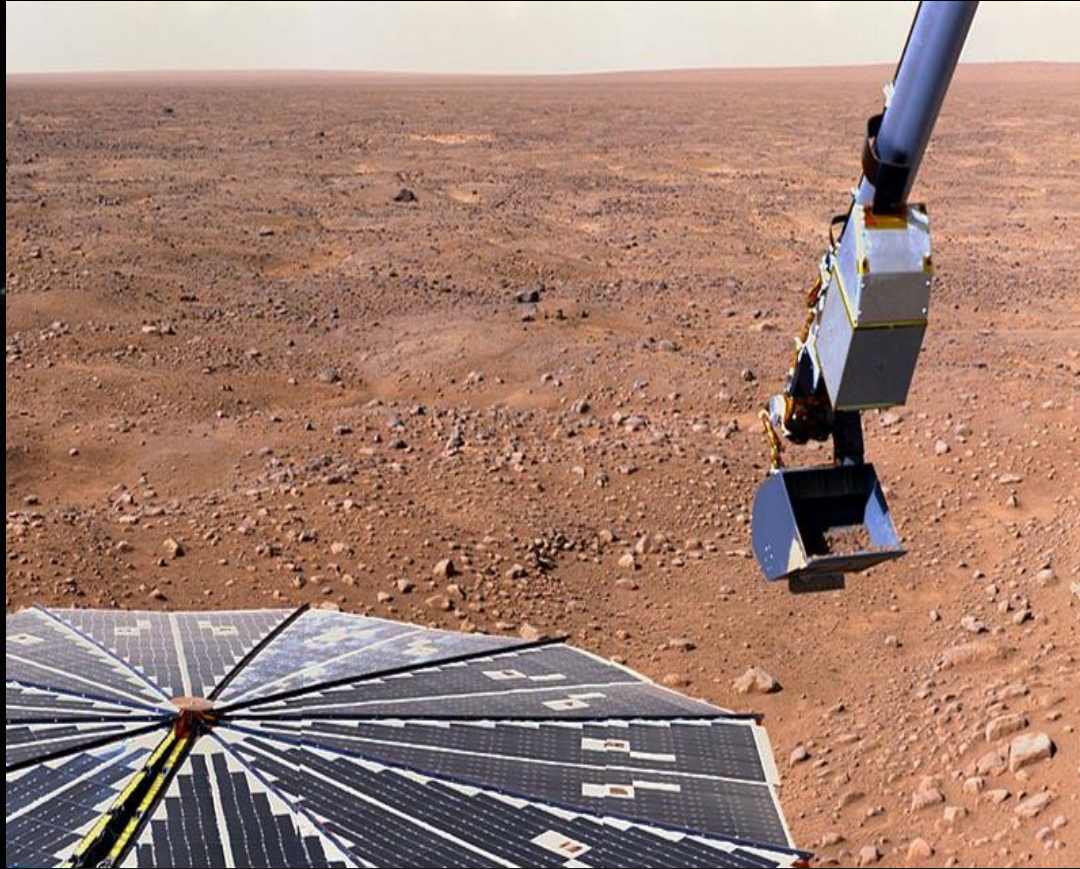
2008 : L'atterrisseur Phoenix et la glace d'eau



Panorama de l'atterrisseur Phoenix en 2008 : une très vaste plaine proche du cercle polaire nord

Une exploration de plus en plus précises

2008 : L'atterrisseur Phoenix et la glace d'eau



Phoenix creuse le sol martien avec sa petite pelle et sous quelques cm, de la glace d'eau est découverte.

Une exploration de plus en plus précise

Curiosity en 2012 dans le cratère Gale (150 km de diamètre)



Le cratère Gale mesure 155 km de diamètre.
Il est très ancien : plus de 3 milliards d'années

Le selfy de Curiosity : un super robot-laboratoire d'analyse sur roues qui mesure la taille d'une petite voiture.

Une exploration de plus en plus précises

Curiosity : le Mont Sharp à l'intérieur du cratère



Une exploration de plus en plus précise

Curiosity : Sédiments à la base du Mont

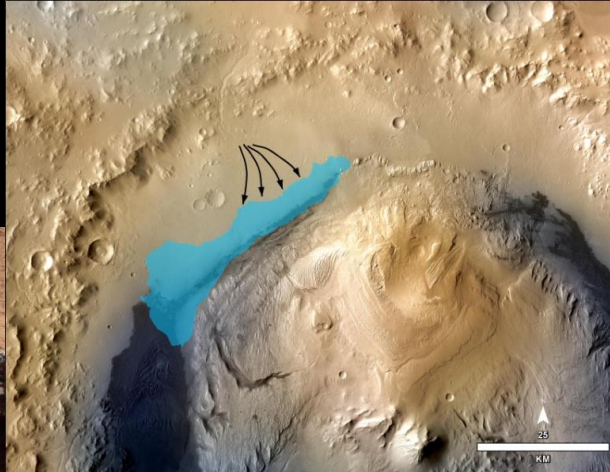
Sharp



Une exploration de plus en plus précise

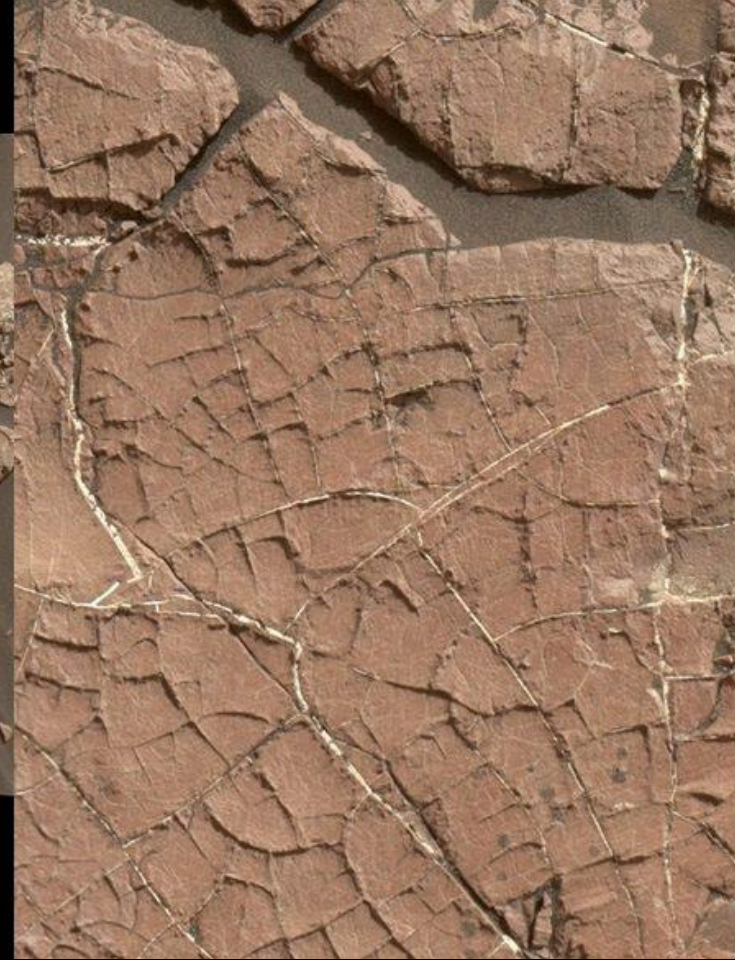
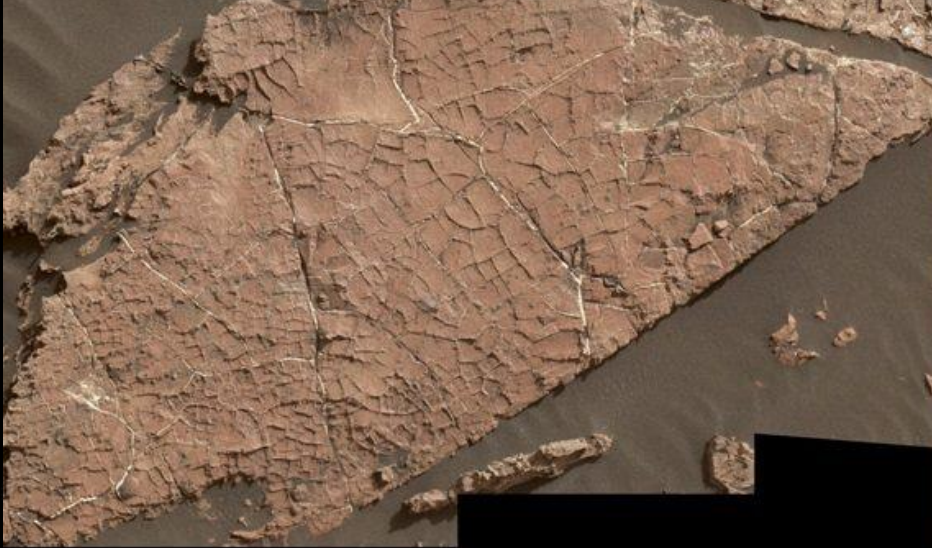
Un lit d'une ancienne rivière

Les dernières découvertes du rover Curiosity : le lit d'une ancienne rivière et la présence d'un lac d'eau douce.



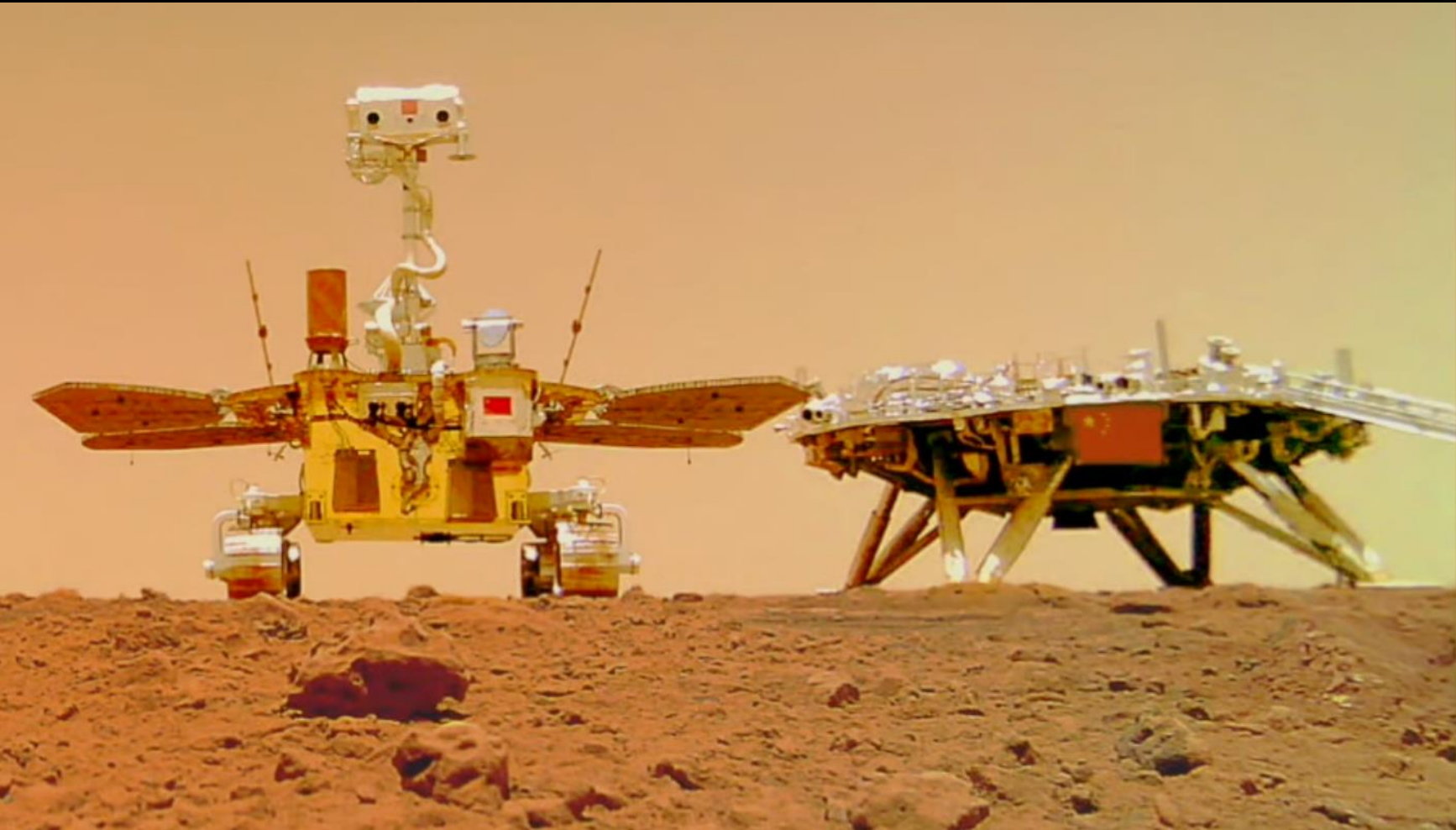
Une exploration de plus en plus précise

Curiosity observe des fentes de
dessiccations

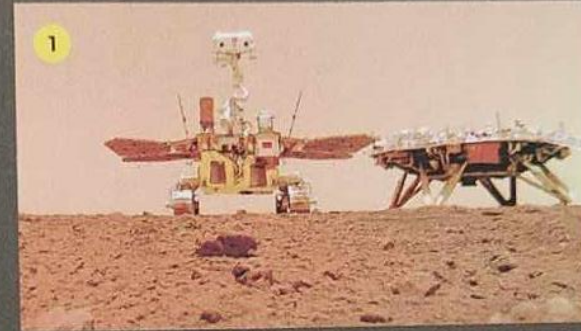


Une exploration de plus en plus précise

Zhurong : la Chine réussit l'exploit
d'atterrir sur Mars en 2021



Une exploration de plus en plus précise



Le 11 juin 2021, Zhurong a déposé une caméra au sol et envoyé un autoportrait vers la Terre pour une belle opération de communication de la CNSA, l'agence spatiale chinoise.

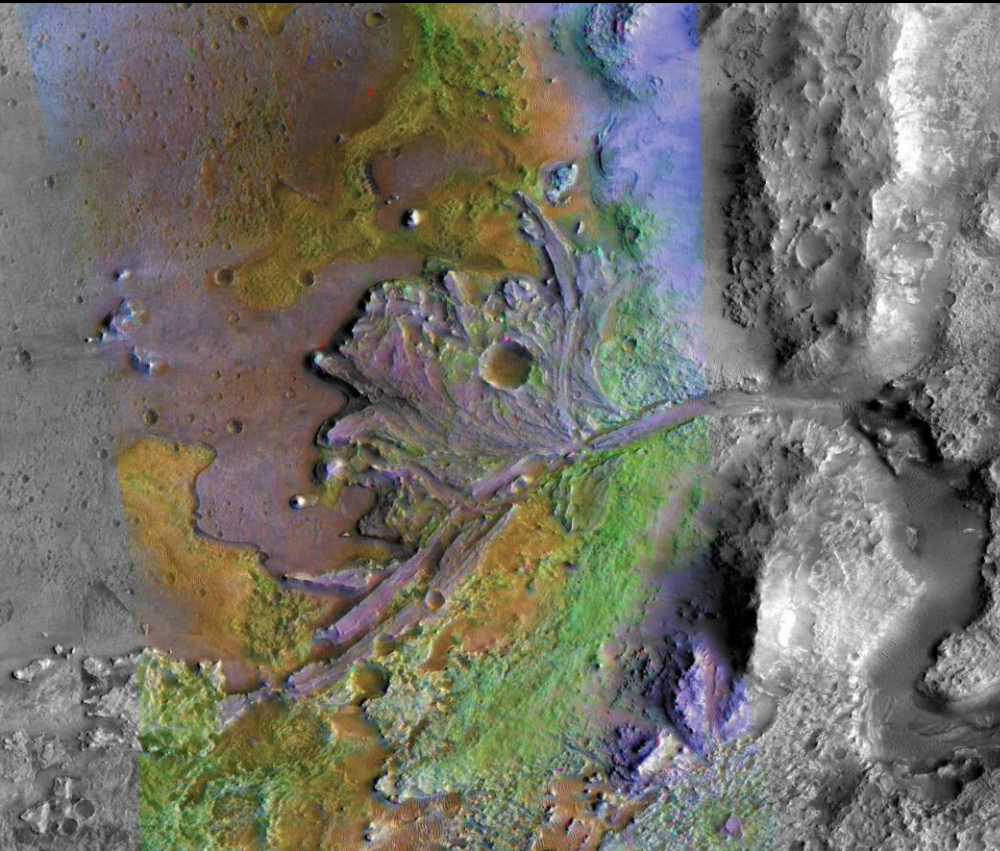


Après 350 m de route vers le sud, Zhurong approche et photographie le parachute qui a permis à son atterrisseur de se poser en douceur.

Une exploration de plus en plus précise

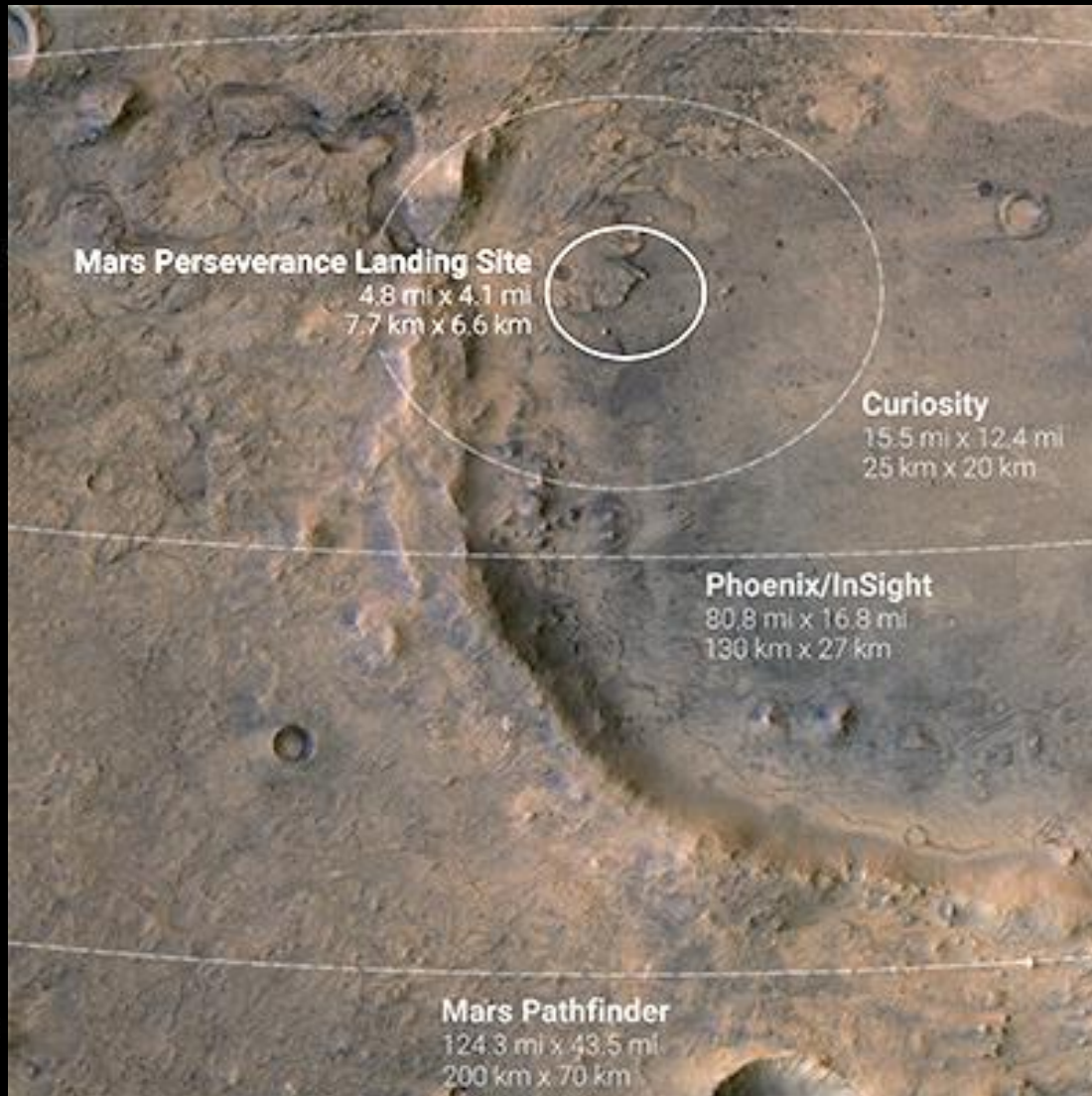
Perseverance : le dernier rover américain

Le delta du cratère Jezero est entrain d'être exploré par le rover Perseverance



Une exploration de plus en plus précise

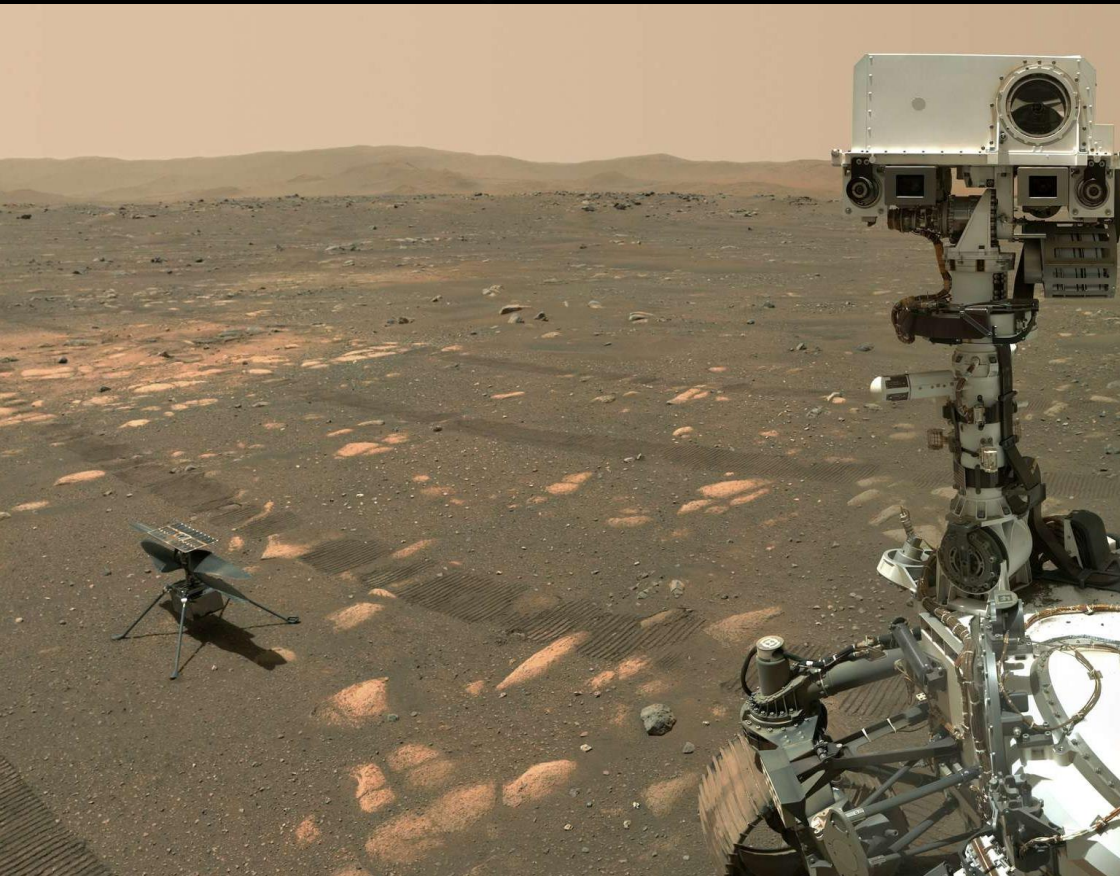
Perseverance : un atterrissage ultraprécis



Une exploration de plus en plus précise

Perseverance et son compagnon

Perseverance, frère de Curiosity et accompagné d'un petit drone : Ingenuity



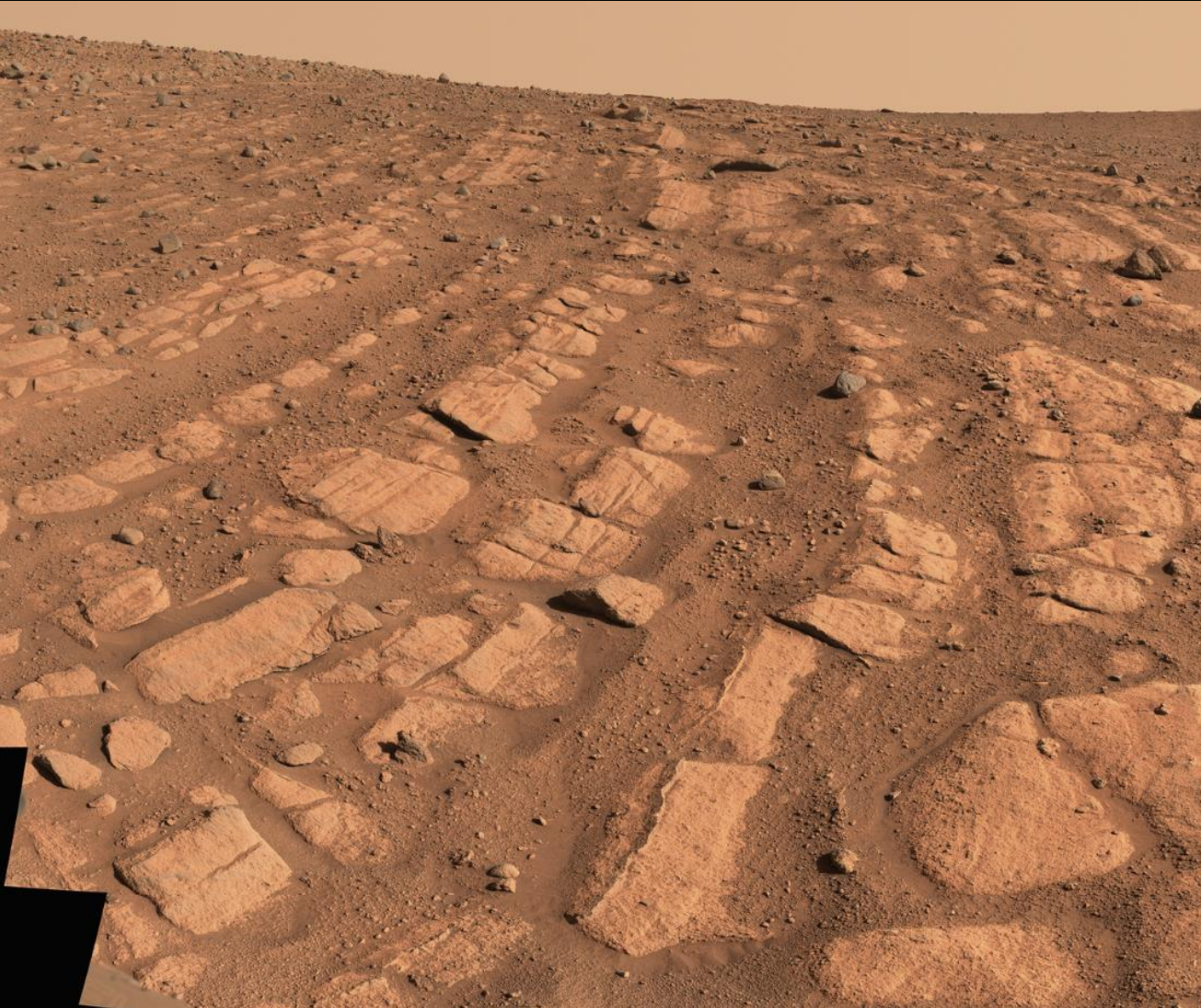
Une exploration de plus en plus précise

Perseverance récolte des échantillons



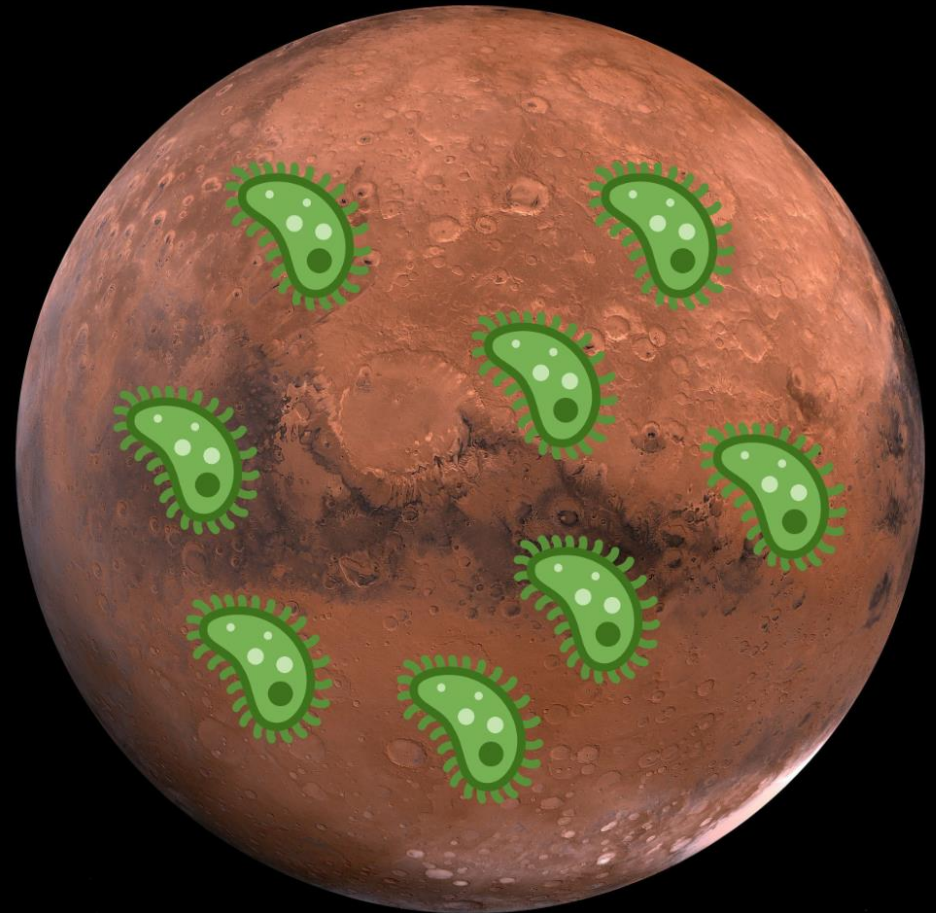
Une exploration de plus en plus précise

Perseverance découvre les dépôts
d'une ancienne rivière







New images taken by NASA's Perseverance rover may show signs of what was once a rollicking river on Mars, one that was deeper and faster moving than scientists have ever seen evidence for in the past.

De la vie dans sur Mars ?

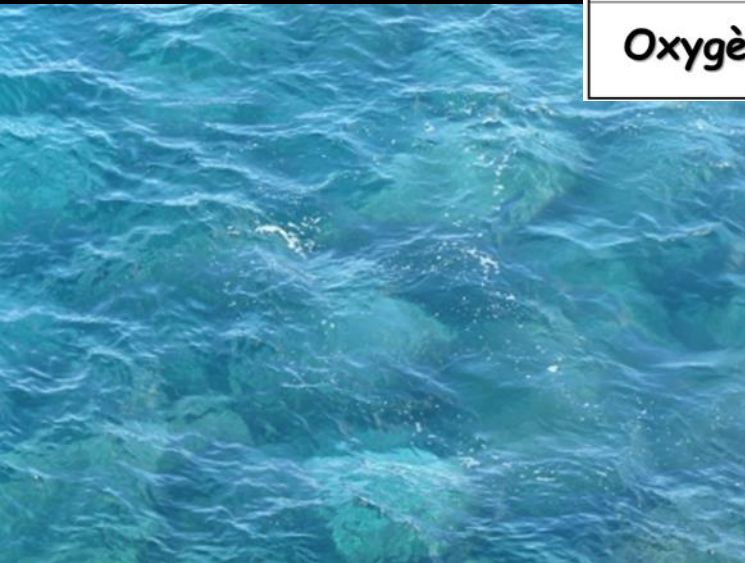


De la vie sur Mars ?

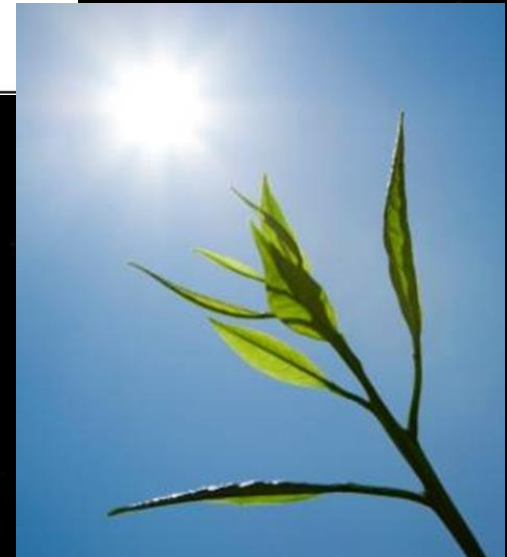
3 ressources indispensables pour la vie

| <i>Atome</i> | <i>Symbole</i> | <i>Représentation atomique</i> |
|--------------|----------------|---|
| Hydrogène | H |  |
| Carbone | C |  |
| Azote | N |  |
| Oxygène | O |  |

De la matière organique



De l'eau liquide

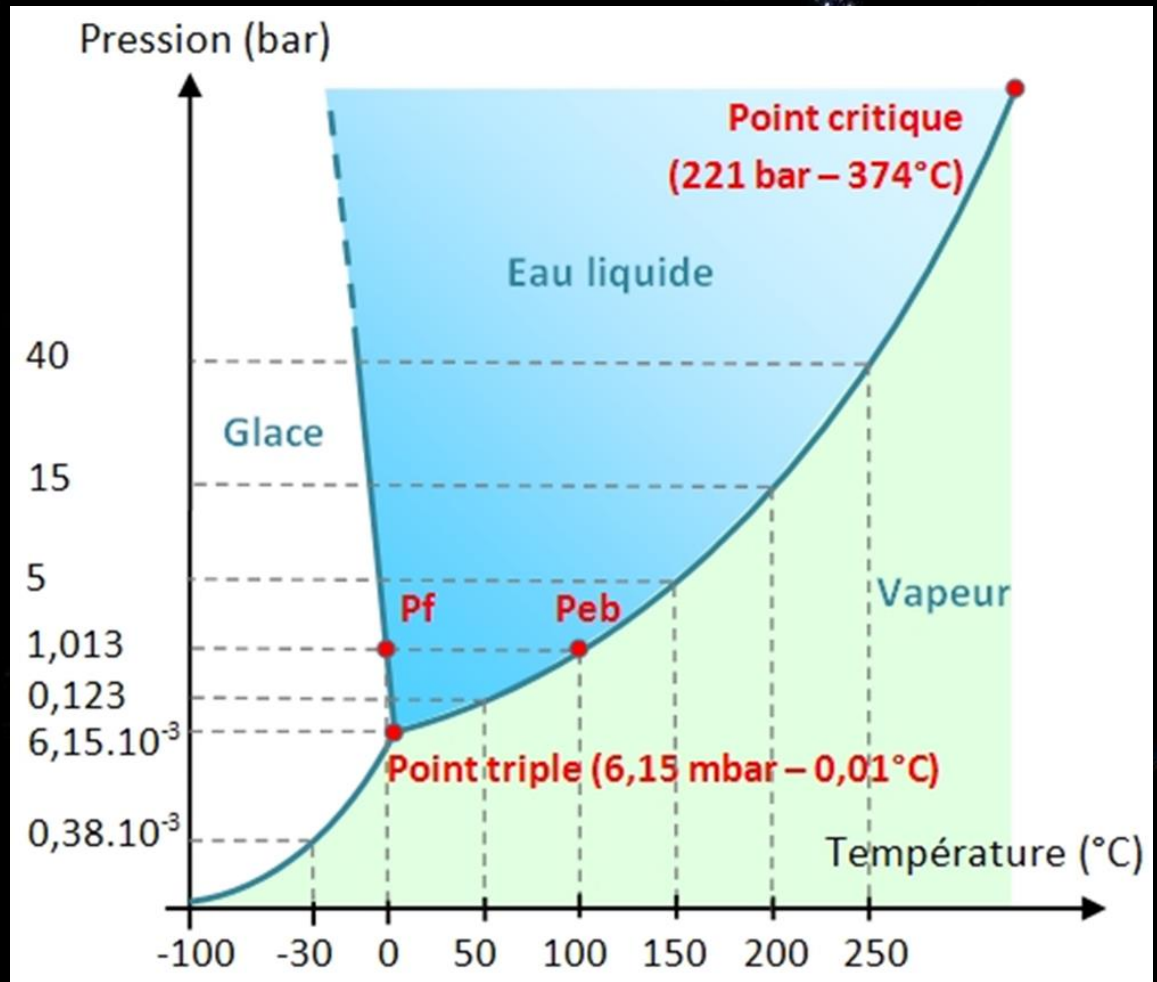


Source d'énergie (Soleil)

De la vie sur Mars ?

De l'eau liquide sur Mars aujourd'hui ?

Pression atmosphérique
sur Mars :
6 millibars



À la surface de Mars, la pression très basse qui résulte de l'absence d'une atmosphère substantielle rend la persistance de l'eau liquide impossible.

De la vie sur Mars ?

De l'eau liquide sur Mars aujourd'hui ?



Pour la
Science

S'abonner

Planétologie

Des lacs auraient été découverts sous la surface de Mars

Des observations radars suggèrent la présence de plusieurs étendues d'eau saumâtre cachées sous la surface dans la région du pôle sud martien. Mais cette interprétation ne convainc pas tous les spécialistes.

Jonathan O'Callaghan

01 octobre 2020 | Temps de lecture : 4 mn

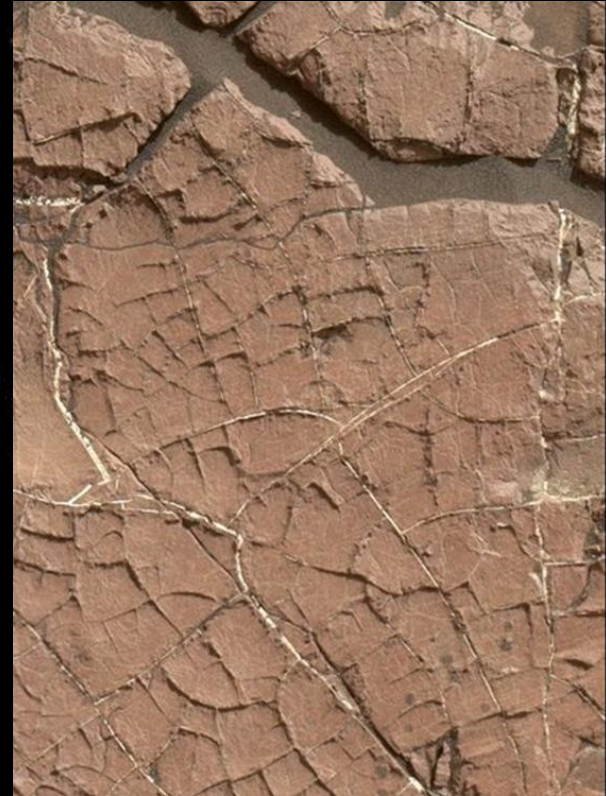
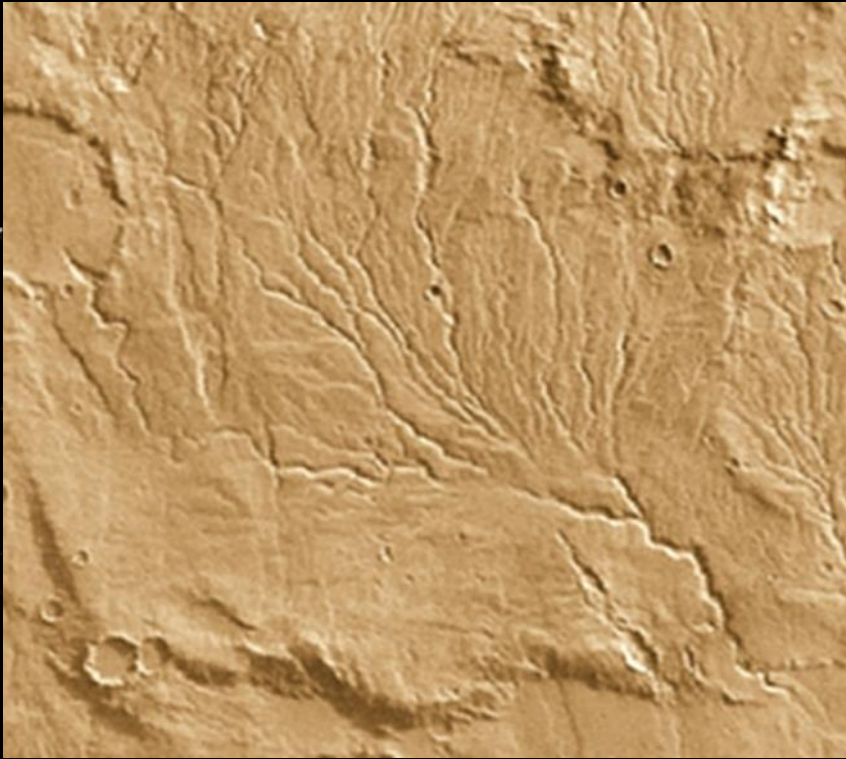


Article de Pour la science de 2020 :



De la vie sur Mars ?

De l'eau liquide sur Mars dans le passé

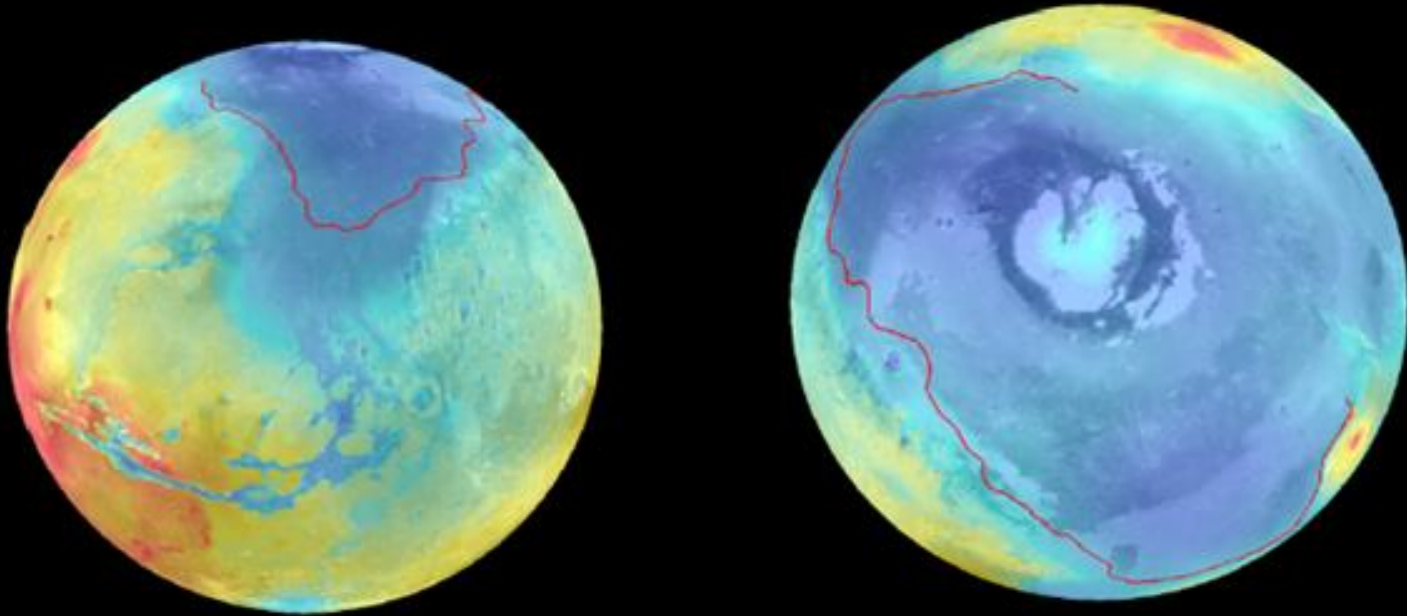


OUI, de nombreux témoins sédimentaires

De la vie sur Mars ?

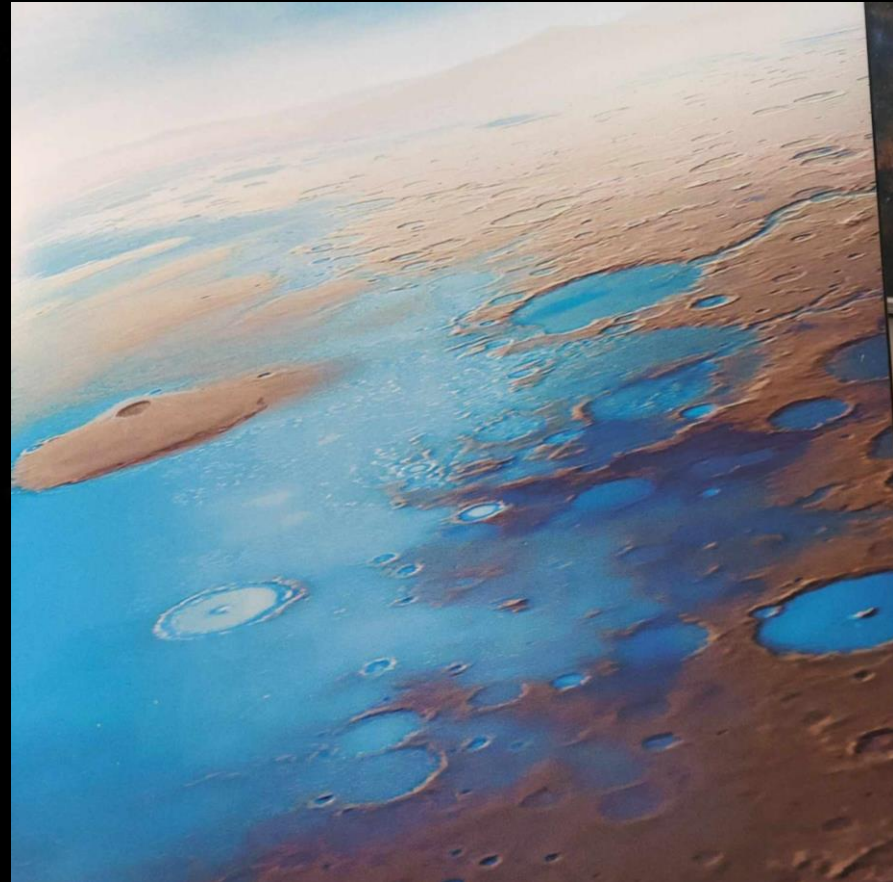
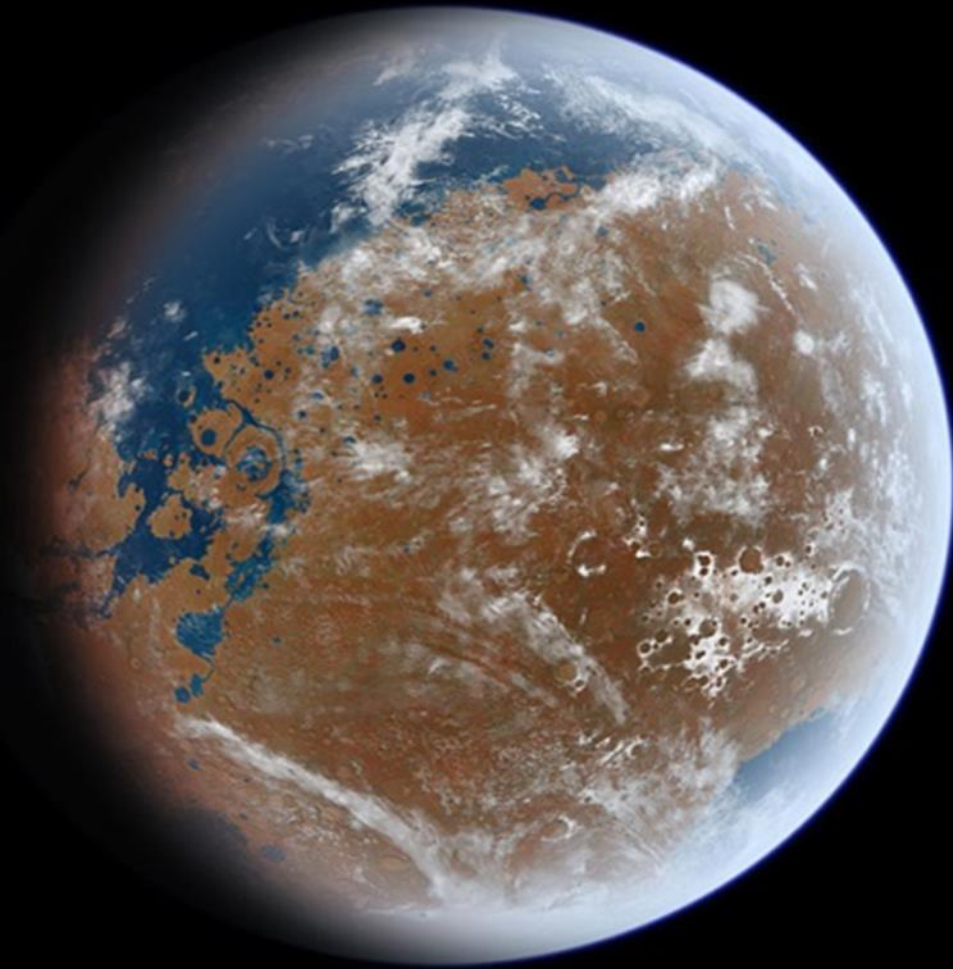
L'hypothèse d'un océan global

Oceanum Boreale?



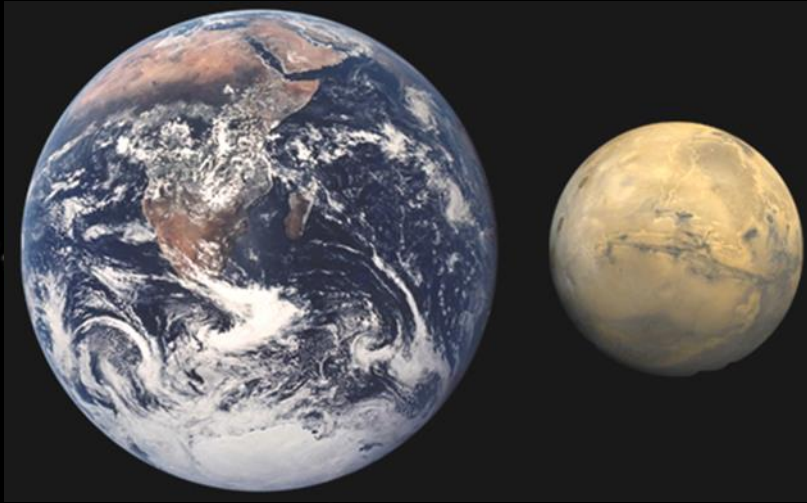
De la vie sur Mars ?

Mars, durant le Noachien de 4,5 à 3,5 milliards d'années

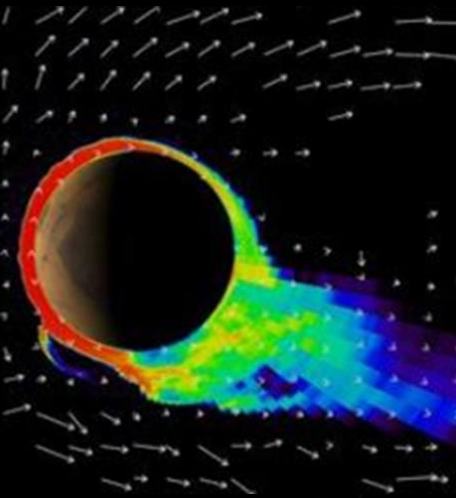


De la vie sur Mars ?

Pourquoi l'eau liquide a disparue ?

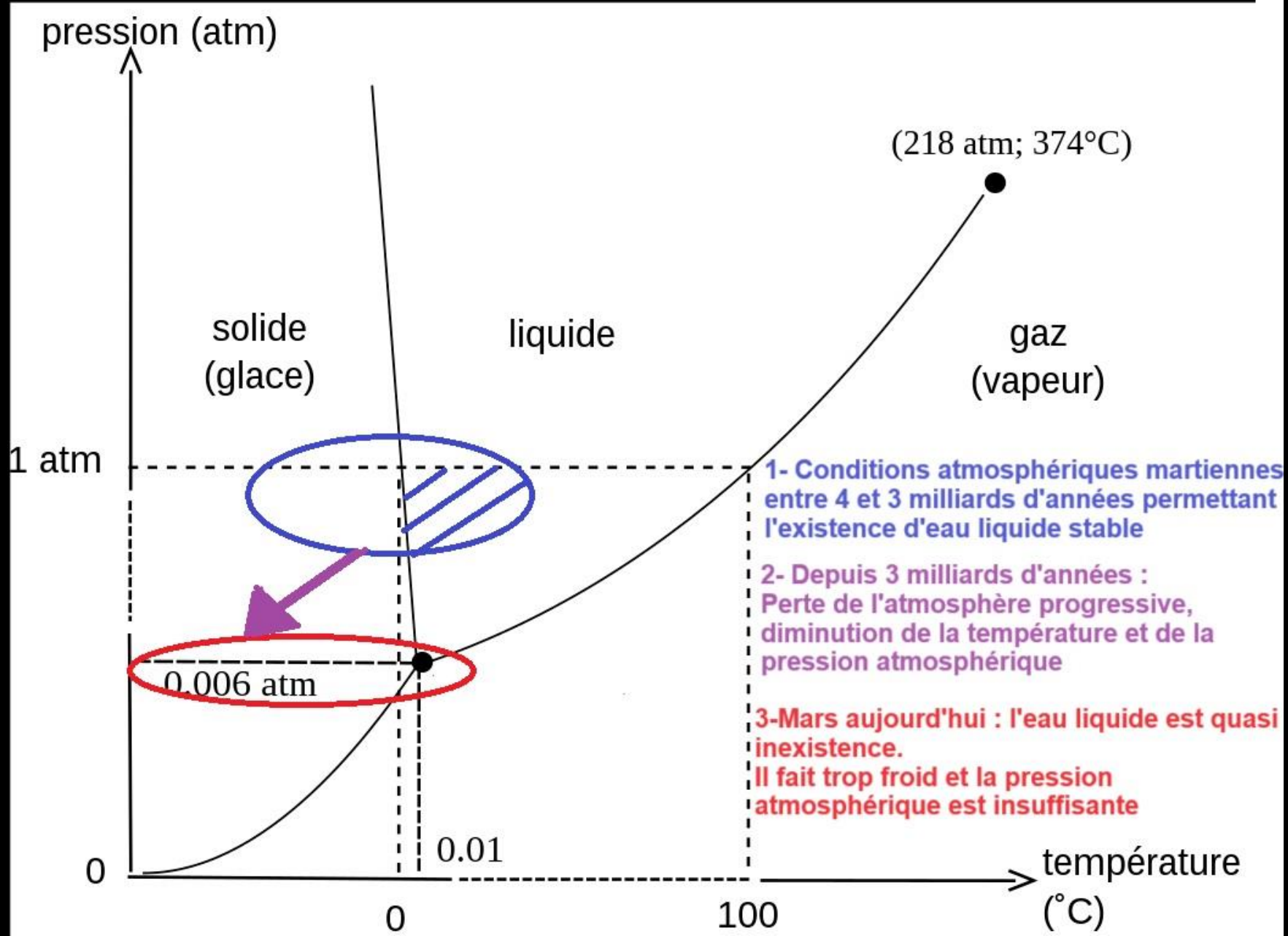


Mars a une gravité 3 fois plus faible que la Terre, de ce fait elle retient moins bien son atmosphère



La sonde Maven a mesuré la perte d'atmosphère actuelle de Mars : 100 grammes par secondes.

Le scénario de la disparition d'eau liquide à la surface de Mars

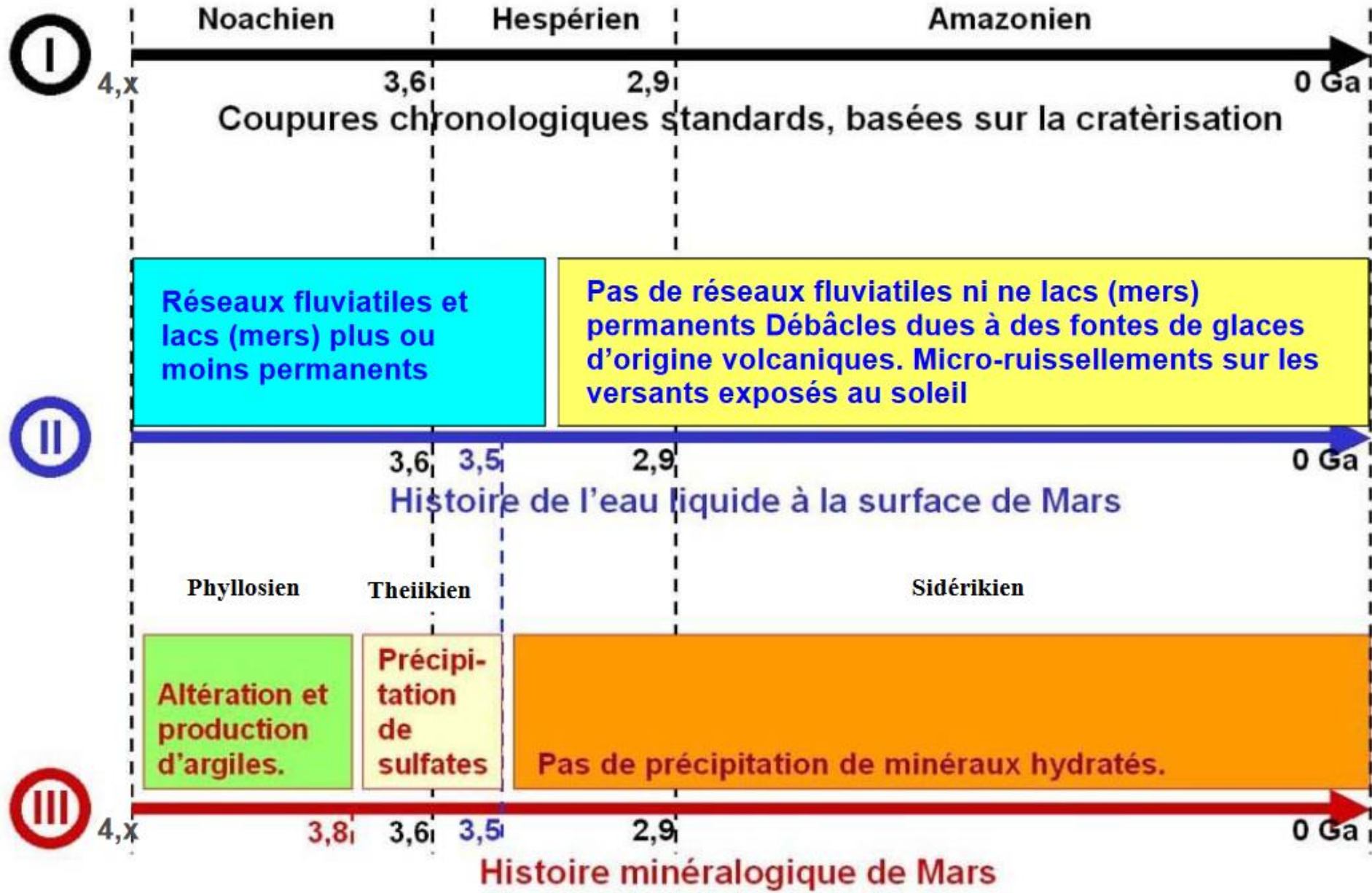


De la vie sur Mars ?

Evolution du paysage martien



-Avec la diminution des pressions atmosphérique,
diminution des températures



Un triple résumé de l'histoire de Mars

De la vie sur Mars ?

De quand date les débuts de la Vie
sur Terre ?



Les stromatolithes : plus anciens fossiles connus aujourd'hui date de 3,5 milliards d'années et ce sont des bactéries photosynthétiques qui construisent des récifs

De la vie sur Mars ?

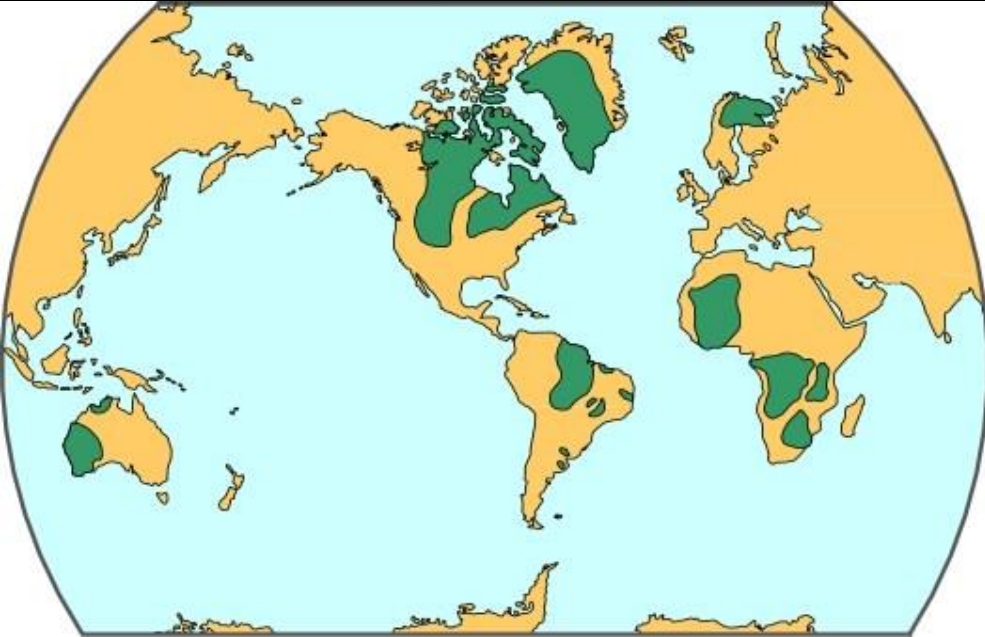
De quand date les débuts de la Vie sur Terre ?



**Plus anciens organismes pluricellulaires sur Terre :
2,1 milliards d'années, structures de Franceville au Gabon.
Mars était déjà un désert froid et aride ou glacé.**

De la vie sur Mars ?

Sur Terre : Très peu de roches très anciennes



En vert, les morceaux de continents âgés entre 3,5 et 2,5 milliards d'années

Sur Mars, une grande partie de la surface est plus ancienne que 2,5 milliards d'années.

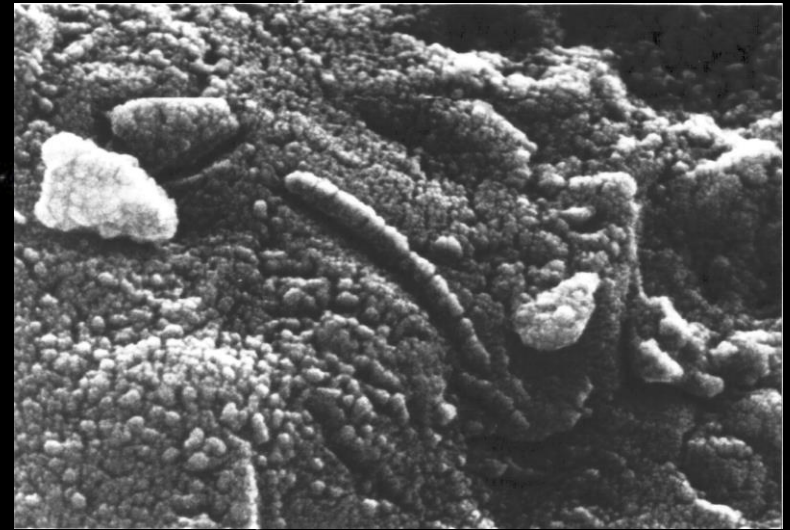
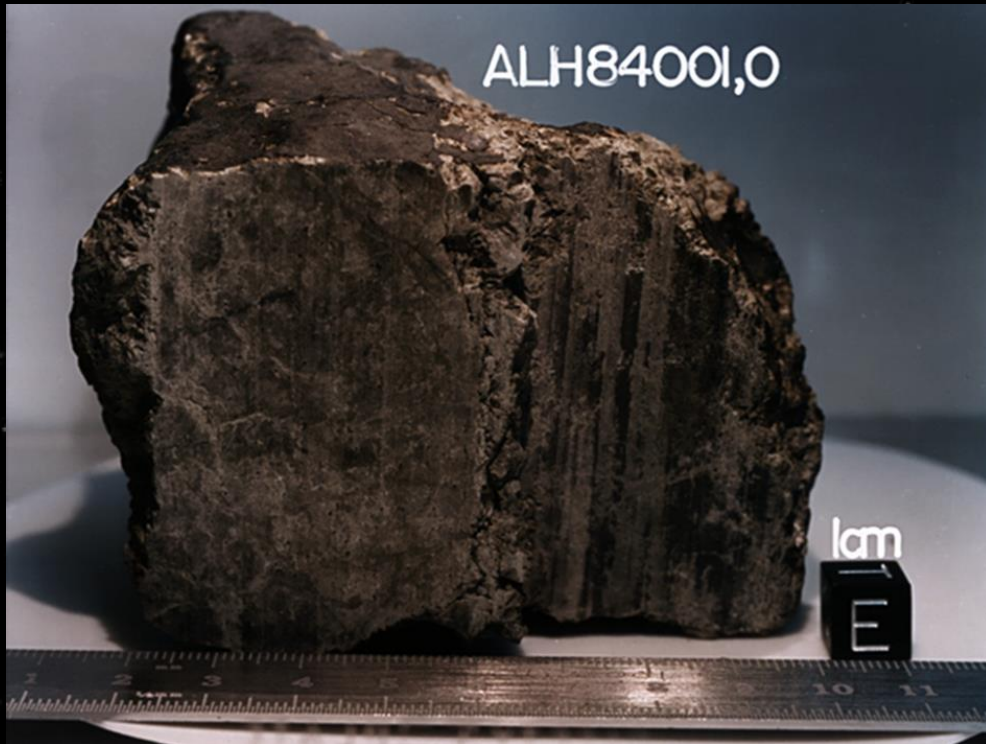
De la vie sur Mars ?

Un rêve : trouvé un fossile sur Mars

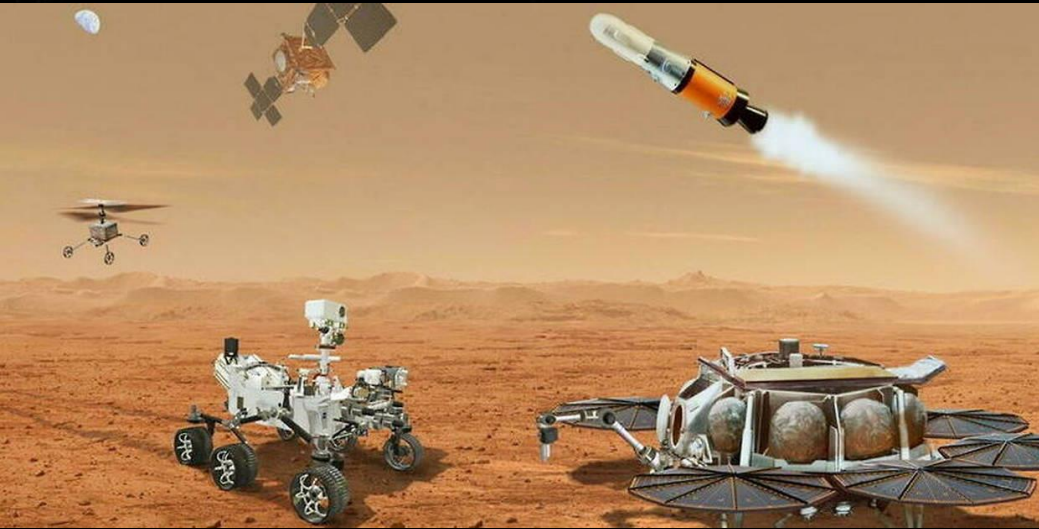


De la vie sur Mars ?

Fossiles sur Mars dans une météorite ?

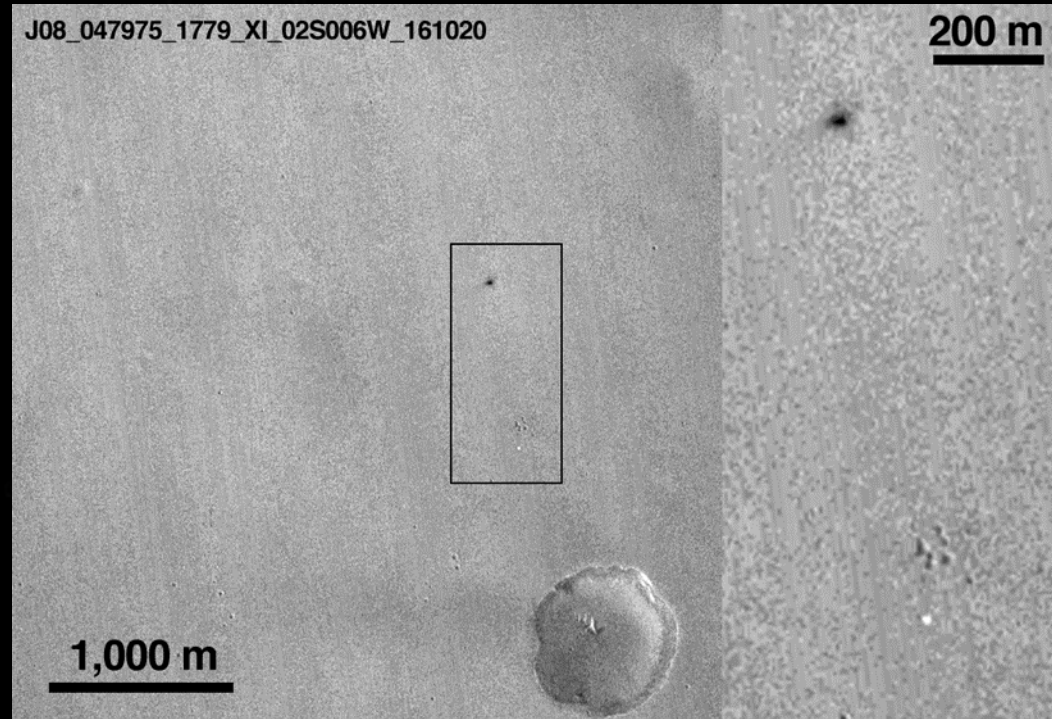


Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?



Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Un rover européen enfin sur Mars ?



Exomars 2016 : Le module Schiaparelli s'est écrasé et de la sonde Mars Trace Gas Orbiter est en orbite.

Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

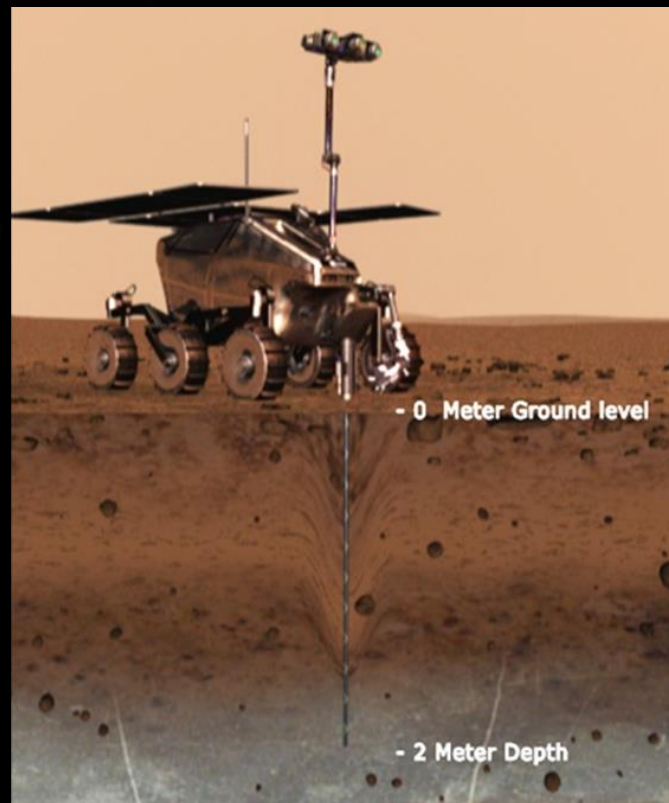
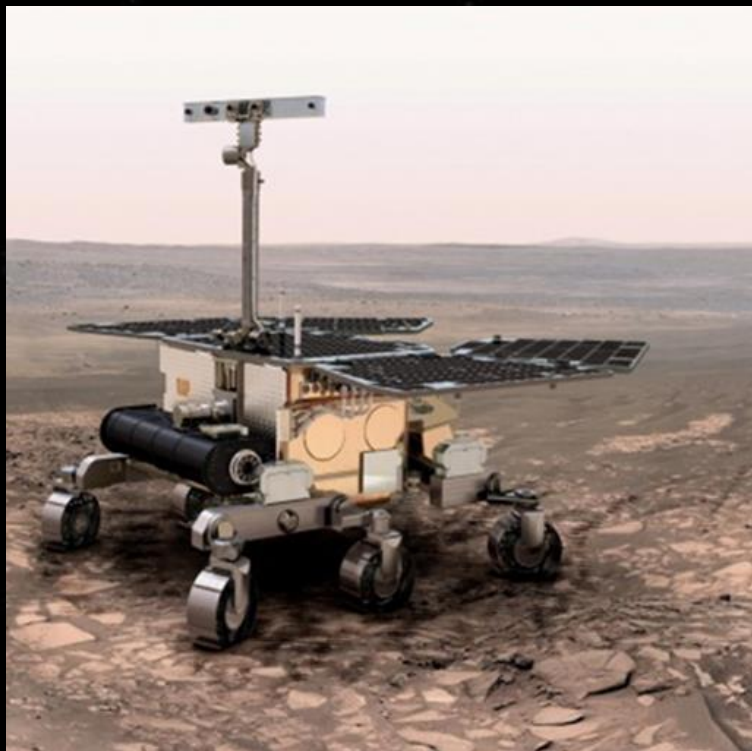
Un rover européen enfin sur Mars ?

2016 : Le rover européen de Exomars 2020 Rosalind Franklin devait décoller en 2018... mais Russes et Européens ne sont pas prêts, le décollage est donc prévu pour 2020.

2020 : La pandémie de Covid reporte le décollage à 2022

2022 : La guerre en Ukraine stoppe nette la collaboration Russo-européenne. La fusée russe n'est donc plus d'actualité...

Les américains se greffent au projet et le rover devrait décoller en **2028** ?



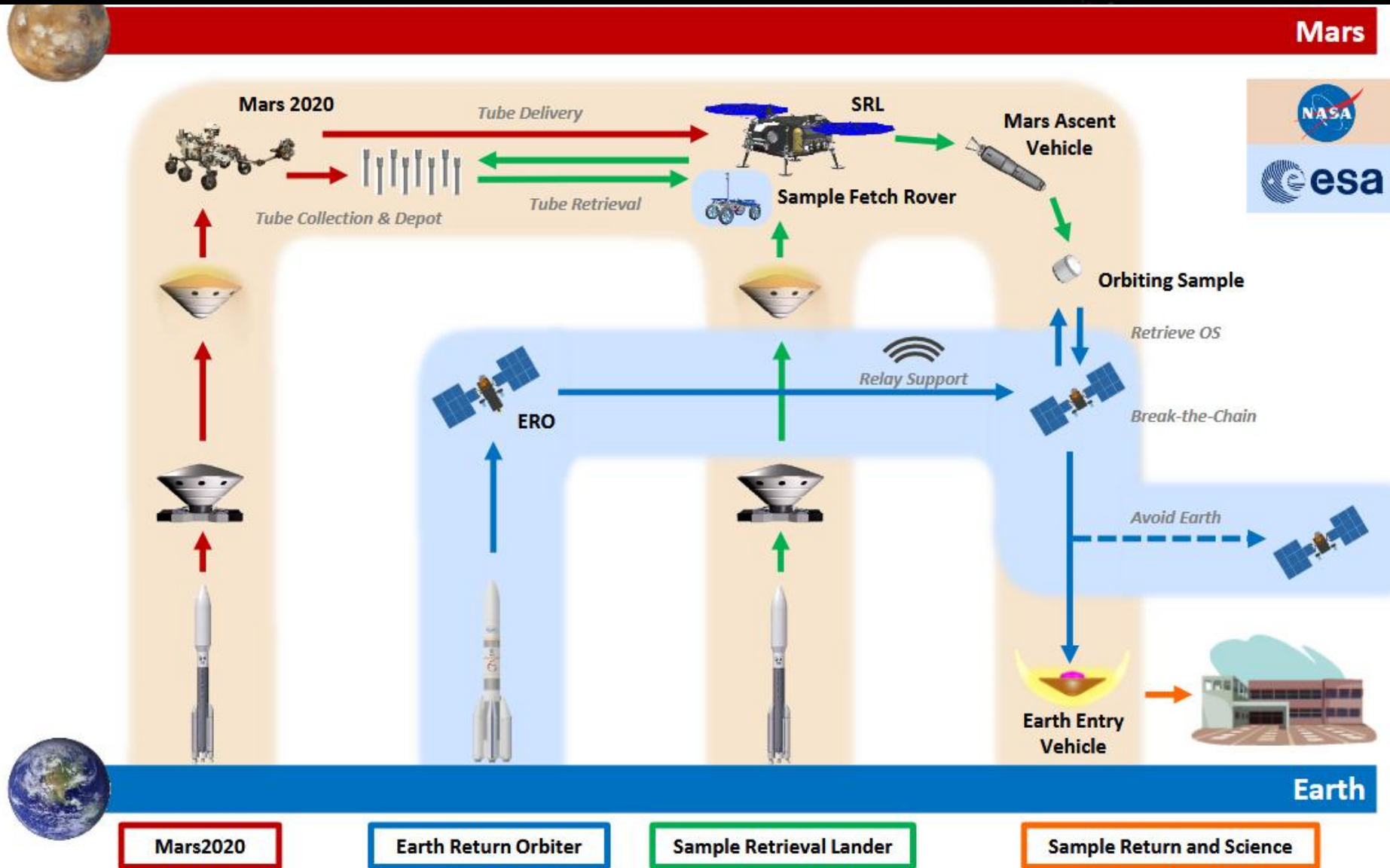
Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Retour d'échantillons martiens en 2031 ?



Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Retour d'échantillons martiens en 2031 ?



Mars



Mars 2020

Tube Delivery

SRL

Mars Ascent Vehicle

Tube Collection & Depot

Tube Retrieval

Sample Fetch Rover

Orbiting Sample

Retrieve OS

Relay Support

ERO

Break-the-Chain

Avoid Earth

Earth Entry Vehicle

Earth

Mars2020

Earth Return Orbiter

Sample Retrieval Lander

Sample Return and Science

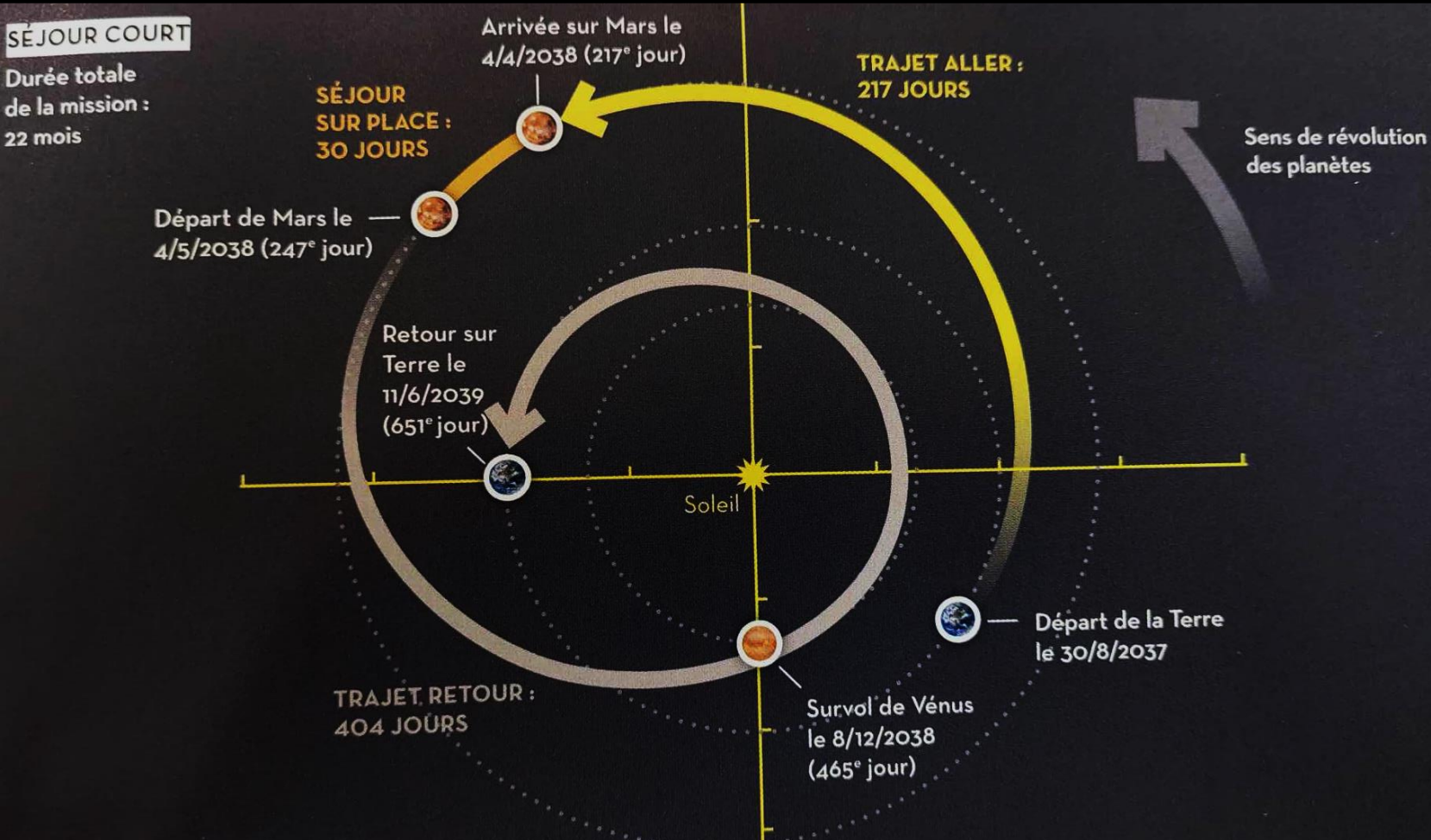
Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Le défi du siècle pour l'exploration humaine



Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Le défi du siècle pour l'exploration humaine



Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Le défi du siècle pour l'exploration humaine

SÉJOUR LONG

Durée totale de la mission : 2 ans et demi

SÉJOUR SUR PLACE : 496 JOURS

Arrivée sur Mars le 30/3/2038 (210° jour)

TRAJET ALLER : 210 JOURS

Sens de déplacement des planètes

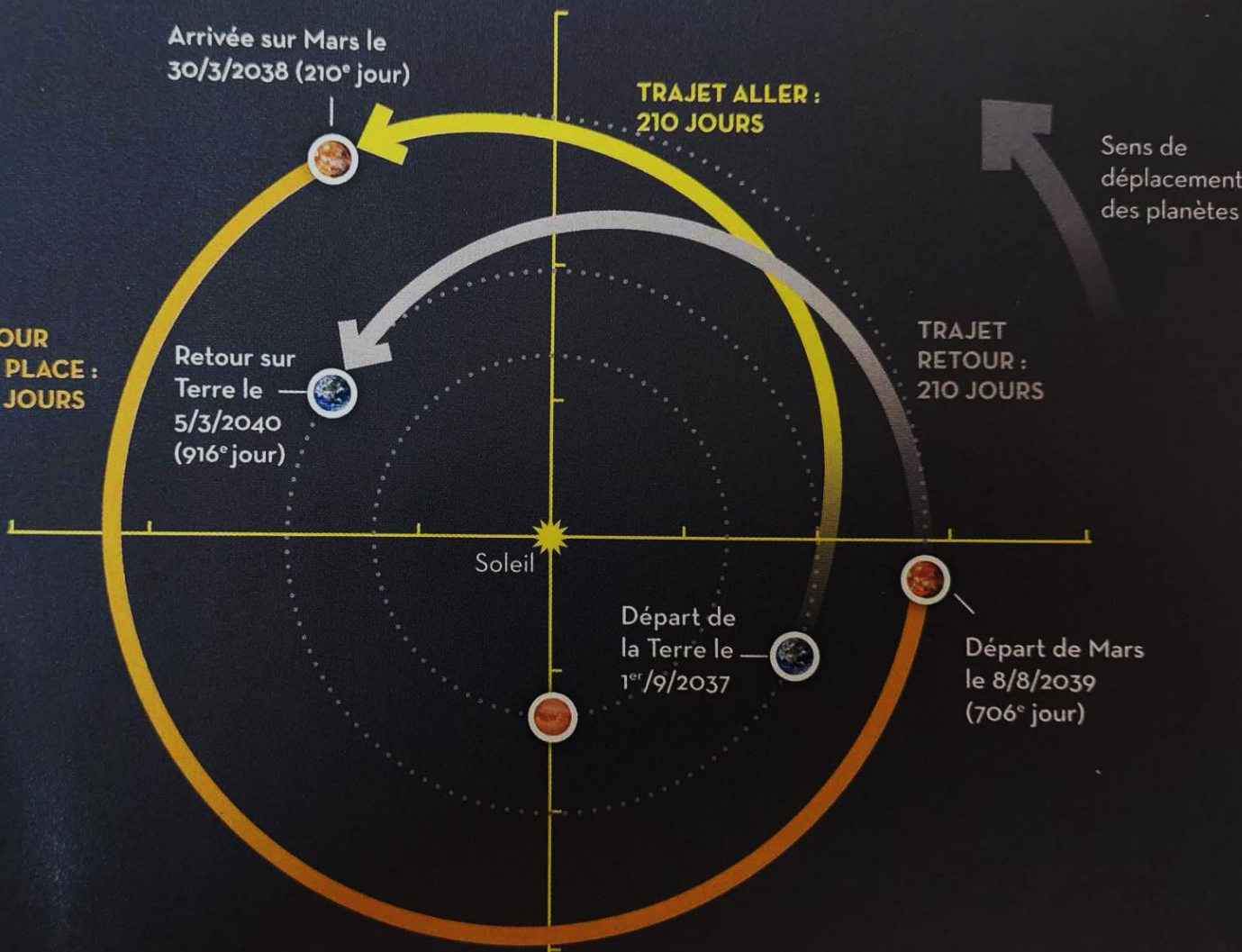
Retour sur Terre le 5/3/2040 (916° jour)

TRAJET RETOUR : 210 JOURS

Soleil

Départ de la Terre le 1^{er}/9/2037

Départ de Mars le 8/8/2039 (706° jour)



Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Un défi financier...

COÛTS DES GRANDS PROGRAMMES SPATIAUX AMÉRICAINS en milliards de dollars 2008



Mission sur Mars pour quelques humains :
Prix estimé entre 200 et 1500 milliards de dollars



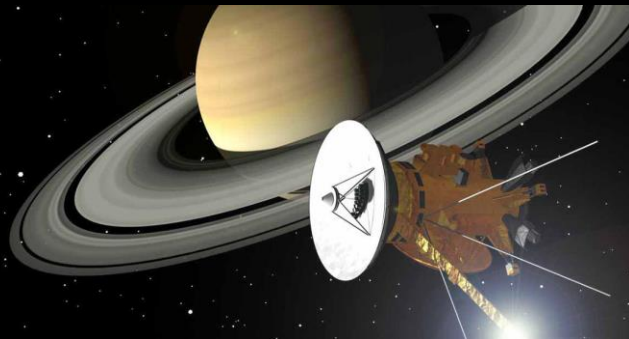
Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Un défi financier...

Estimons une valeur moyenne d'une mission à 800 milliards de dollars
quelques comparaisons :



Curiosity : 2,5 milliards de dollars
Soit 320 fois moins cher



Sonde Cassini-Huygens : 4 milliards de dollars
Soit 200 fois moins cher



Télescope spatial JWST : 10 milliards, soit environ 80 fois moins cher

Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Vue par Elon Musk

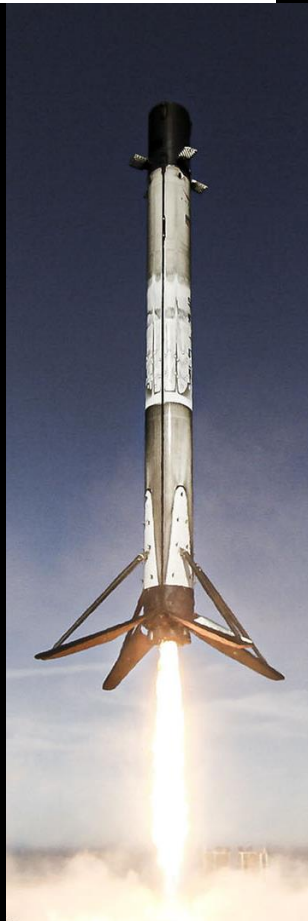


Société space X crée en 2002

Première falcon 9 avec récupération : 2015

7 ans plus tard : 70 lancements grâce à la falcon 9

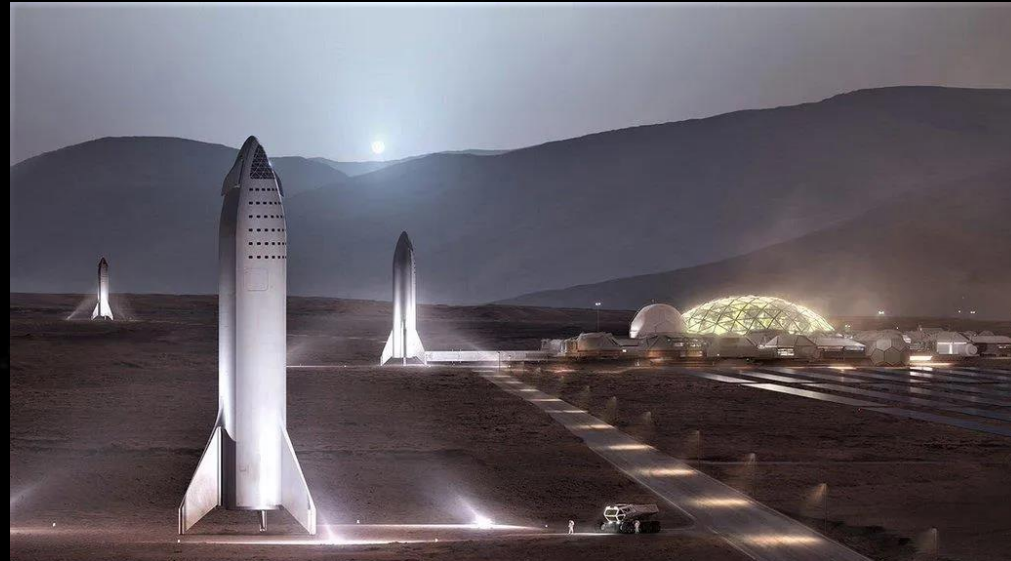
Le succès de la fusée Falcon 9, première fusée partiellement réutilisable, ce qui baisse les coûts d'accès à l'espace. Environ divisé par 2.



Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Vue par Elon Musk

Le rêve de Elon Musk, homme actuellement le plus riche sur Terre : coloniser sur Mars
Mais pour cela Musk a besoin d'une super fusée = un lanceur super lourd. Ainsi lui vient l'idée du starship



Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

L'immense starship



Comparaison des tailles de lanceurs :

- à gauche : le géant Starship – entièrement réutilisable

- au milieu : La falcon 9

- à droite : La Saturn V du programme Apollo

Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

L'immense starship



2019 : Premier prototype du starship construit

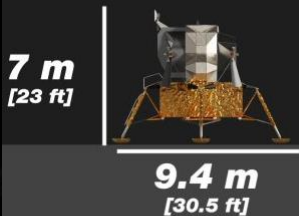
2021 : Le vaisseau Starship est sélectionné par la NASA pour constituer l'atterrisseur lunaire du programme américain Artemis, qui doit permettre un retour de l'Homme sur la Lune à l'horizon 2025

2023 : Décollage du premier starship mais explosion après 4 minutes de vol...

Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

L'immense starship

APOLLO LEM



L'économe LEM des missions Apollo



SPACEX STARSHIP

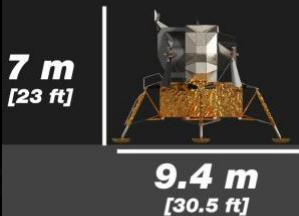


Artémis 3 : un géant pour amener 2 astronautes

Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

L'immense starship

APOLLO LEM



L'économe LEM des missions Apollo



SPACEX STARSHIP



Artémis 3 : un géant pour amener 2 astronautes

Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

L'immense starship



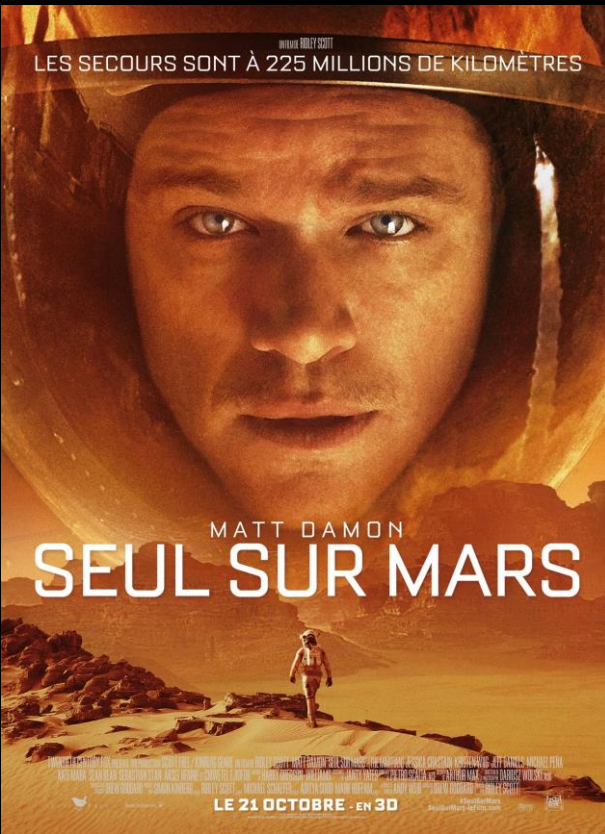
Pour aller jusqu'à Mars, le starship aura besoin de beaucoup de carburant, ce qui nécessitera de se charger en carburant en orbite.

Ceci demandera le décollage d'au minimum 5 starship

Le chargement de carburant en orbite est une opération qui n'a encore jamais été faite...

Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Dans la fiction : la hard SF



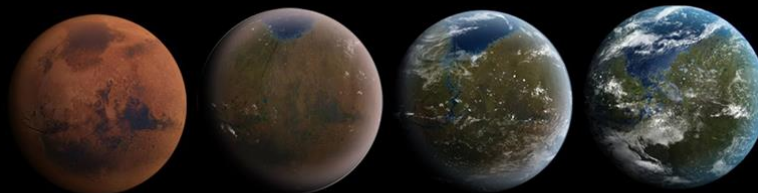
Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Dans la fiction : la hard SF



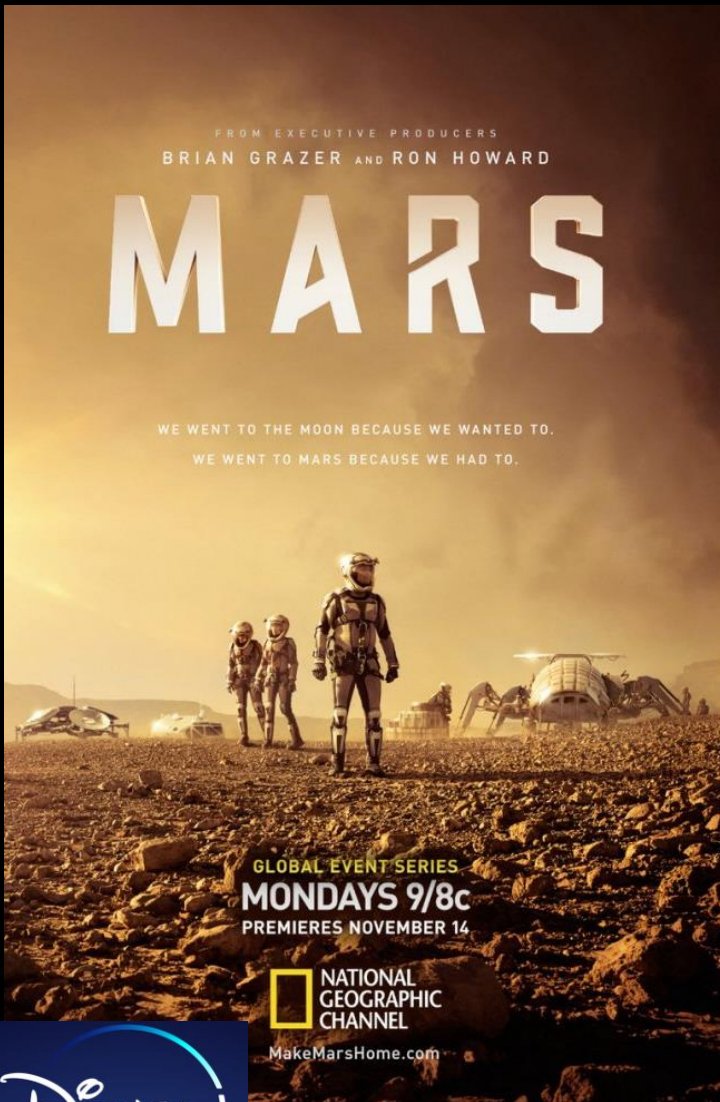
Dans la série The expanse, la planète Mars contient une commu leur planète mais ce processus est long et difficile. nauté humaine dont le but est de terraformer

THE
EXPANSE



Quel(s) futur(s) pour l'exploration de Mars ?

Dans la fiction : la hard SF



Dans la série Mars, les enjeux débattus sont d'actualités :

- **Explorer Mars** dans un but de connaissances et comprendre et mieux comprendre les conditions permettant le vivant.
- **Exploiter Mars** afin d'en tirer des ressources commercialisables et crée des richesses au détriment de l'environnement.

Dernières nouvelles de Mars

Pierre-Jean Riou

