



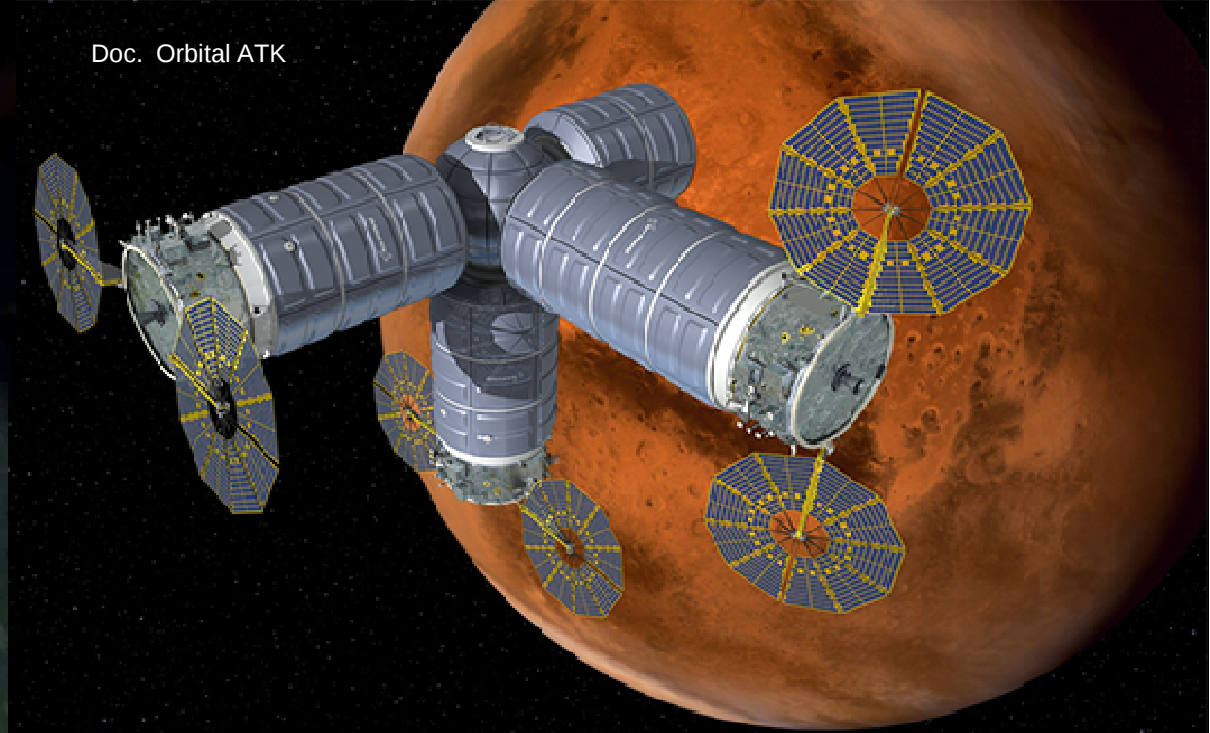
Doc. SpaceX



Doc. APM/J. Barbier/I. Ebran/Gargouille productions



Doc. NASA/JPL-Caltech/MSSS



Doc. Orbital ATK

L'exploration de Mars

15 juillet 2017
Ollioules



www.planete-mars.com

Les Mars Society

Associations à but non lucratif visant à promouvoir l'exploration de Mars en particulier par l'homme

Mars Society US

créée en 1998 par R. Zubrin

Association Planète Mars

Créée en 1999 par R. Heidmann

Environ 150 membres

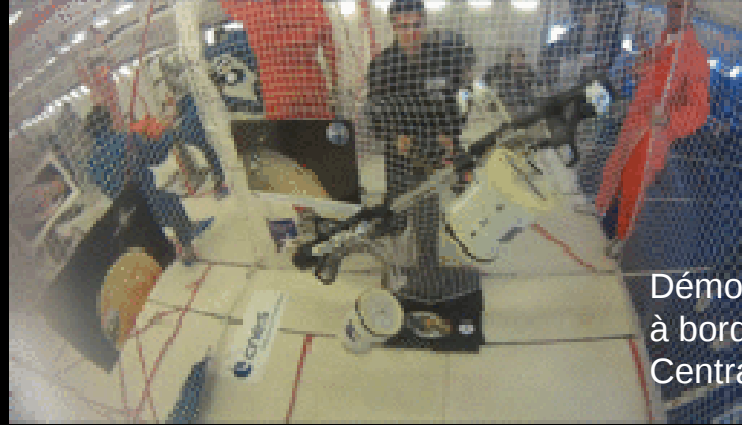
Site: planete-mars.com

Autres associations européennes

Allemagne, Pays Bas, Suisse, UK, Italie, Pologne, Belgique, Autriche

Les modes d'action sont de type promotion (conférences, articles, livres – sortie de « **Embarquement pour Mars** » ed 3 chez A2C Médias et « **Alerte à Mars City** » chez Ed2A-, TV) mais si opportunité des actions plus concrètes sont entreprises en particulier dans le domaine de la simulation ou d'aides à projets étudiant

Démonstrateur de scaphandre pressurisable – Polytechnique - 2017



Docs. APM

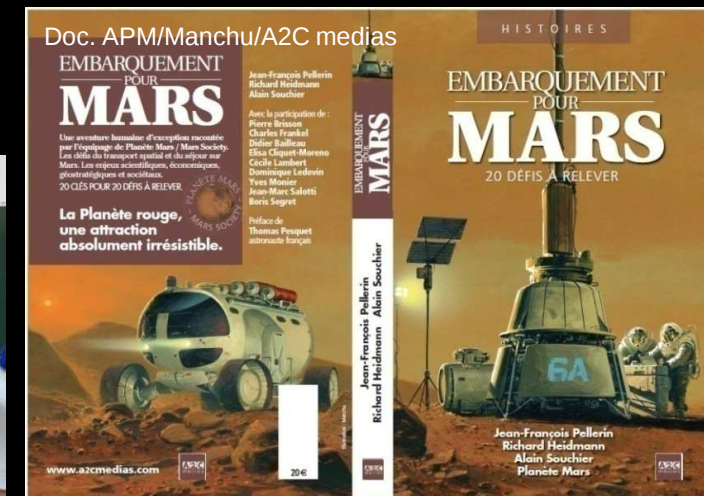


Démonstration de gravité artificielle à bord de l'Airbus Zéro G – Ecole Centrale de Lille - 2013

Simulation d'exploration de grotte martienne - 2016



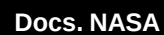
Doc. J. Barbier/I. Ebran/Gargouille Productions



A full-disk image of Mars, showing its characteristic reddish-orange hue. The surface is covered in various shades of brown and tan, indicating different geological features. Two prominent white polar ice caps are visible at the top and bottom poles. A thin, hazy atmosphere surrounds the planet, and a horizontal line across the middle represents the equator.

Une journée de 24h40mn

Docs. NASA/JPL-Caltech/GSFC



www.planete-mars.com

ATMOSPÈRE ET NUAGES

Mais une pression de seulement 7 mb (150 fois plus faible que sur Terre) et une atmosphère de gaz carbonique

Au sol: des mini tornades de poussière

Docs. NASA/JPL-Caltech

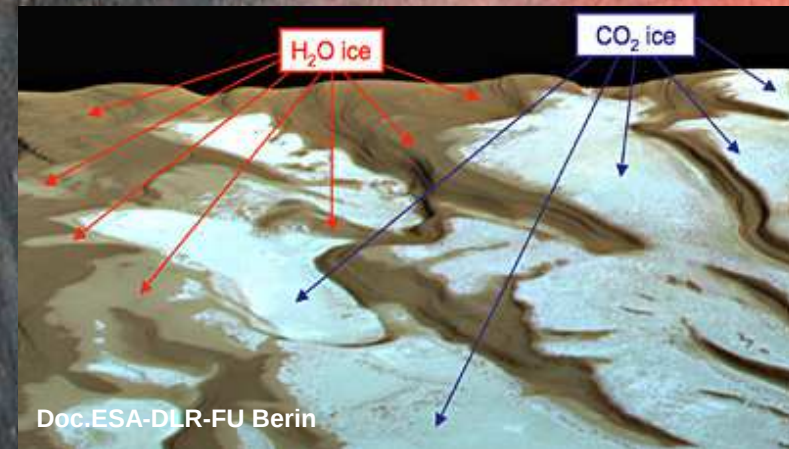
Et des grandes tempêtes de poussière

Vitesse à diviser par 9 pour équivalent terrestre



PÔLES

CALOTTE AUSTRALE



Jusqu'à 3,5 km d'épaisseur de glace

2008: Phoenix posé sur de la glace



UNE PLANÈTE VOLCANIQUE

OLYMPUS MONS : 22 KM DE HAUT

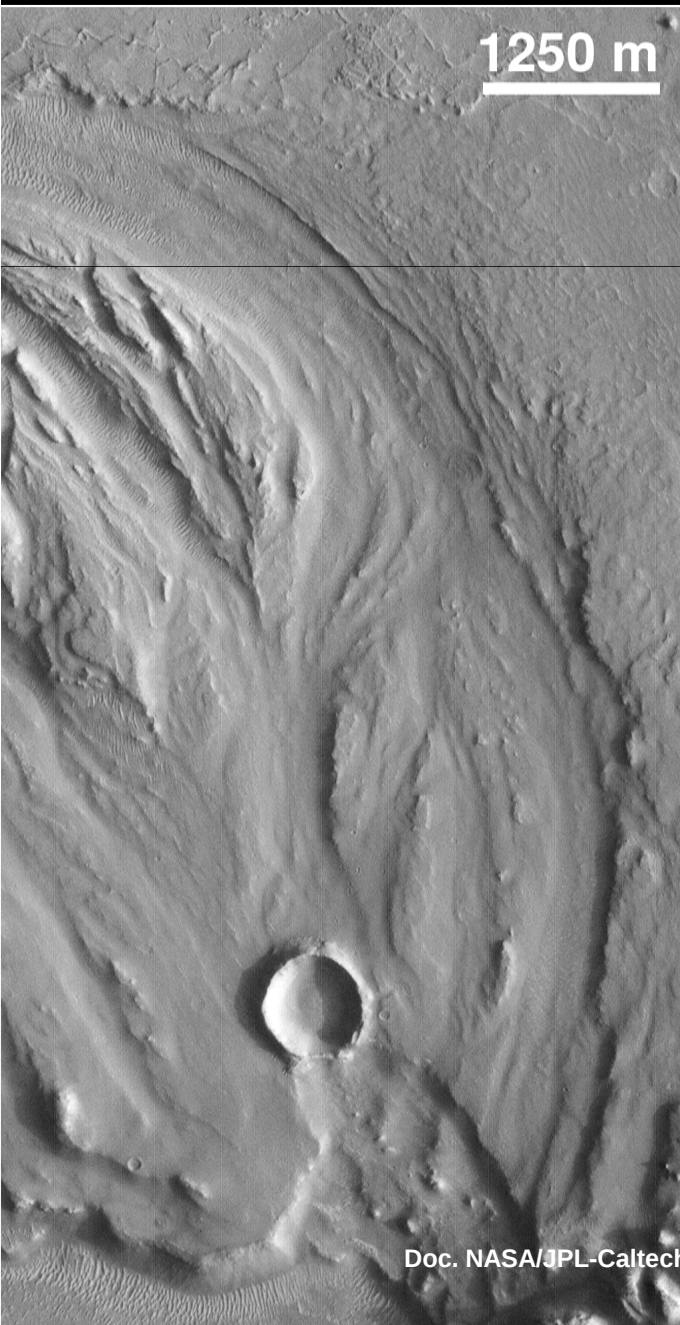
Doc. NASA/JPL-Caltech

Doc. ESA-DLR-FU Berlin



GRANDES VALLEES DE DEBACLE

Fonte de glace souterraine



GRANDES VALLÉES
FLUVIALES
ANCIENNES

ET PETITS
ÉCOULEMENTS
RECENTS



ANCIENS LACS

Le delta du cratère
Ebenswalde



Les écoulements du
cratère Newton

UNE BREVE HISTOIRE DU TEMPS...COMPAREE ENTRE DEUX PLANETES

4,56

4

3

2

1

milliards d'années

Cristaux
zircon - 4,4

La lune

**1ères
traces
chimiques
de vie**

**1ers
micro
fossiles
Cellules
sans
noyau
(procaryotes)**

TERRE

**Cellules à
noyau
(eucaryotes)**

**Oxygène
Organismes
multicellules**

Hadéen

Archéen

Protérozoïque

Pri
maire Secon
daire

Fin du bombardement tardif

MARS

Oscillations axe 0,1 Ma ?

Oxydation de surface – Libérations d'eau
sporadiques et violentes

Rivières
Océan
Argiles

Volcanisme actif
Vallées de débâcle
Lacs acides
Sulfates

Meridiani

Disparition
atmosphère

Valles
Marineris

Volcan
Olympus
Mons

**10 Ma
dernières
laves et
écoule-
ments**

Noachien → Hespérien

Amazonien



Le voyage vers Mars: le budget Delta V

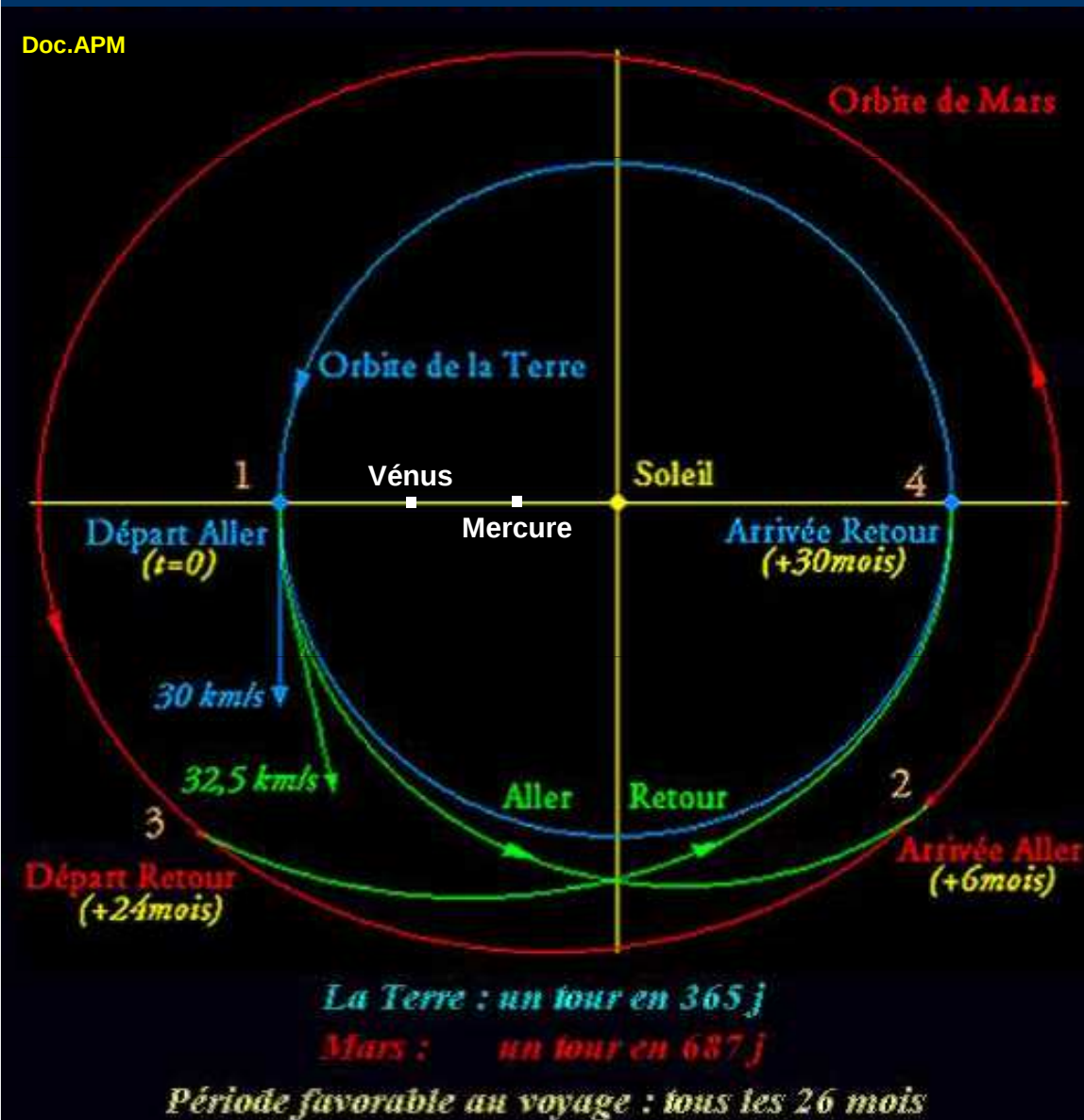
Delta V total pour différentes missions

Orbite géostationnaire	11,7 Km/s
Atterrissage Mars *	11,5 Km/s
Atterrissage Lune	13,5 Km/s
Aller retour Terre Lune	16,1 Km/s
Aller retour Terre Mars *	18,0 Km/s
Aller retour Terre Phobos *	14,7 Km/s

- Entrée directe ou aerofreinage
- 1 à 4 km/s à ajouter si capture retropropulsée

Au départ d'une orbite terrestre:

3,5 km/s pour atteindre Mars mais 10 km/s pour un aller retour



Comment les masses LEO des missions martiennes humaines ont décru en 50 ans

50 ans de projets:

Des solutions
de plus en plus
légères



1950: 37000 t
en LEO !

Mais 70 astronautes !

Doc. ESA/CNES



1960: 2000 t

1990: 400 t

pour comparaison

Ariane 5 = 20 t

- Ergols plus efficaces : hydrogène and oxygène

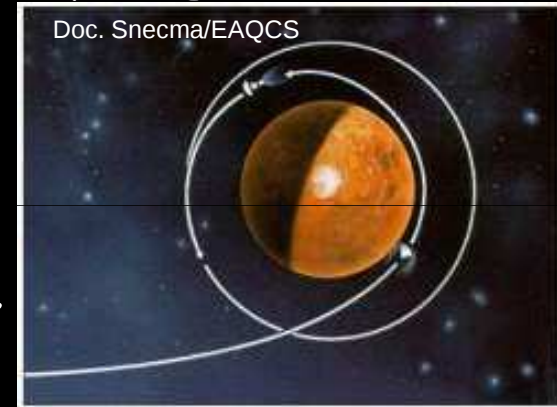
- Utilisation de l'atmosphère martienne aérofrenage

⇒ masse ÷ 2

- Production sur Mars ergols de retour

⇒ masse ÷ 2

- Autres: propulsion nucléothermique ou nucléoélectrique



Exploration : les USA montrent la voie ...

Un vaisseau
interplanétaire Orion



Module de service
européen

1^{er} vol 5 décembre 2014



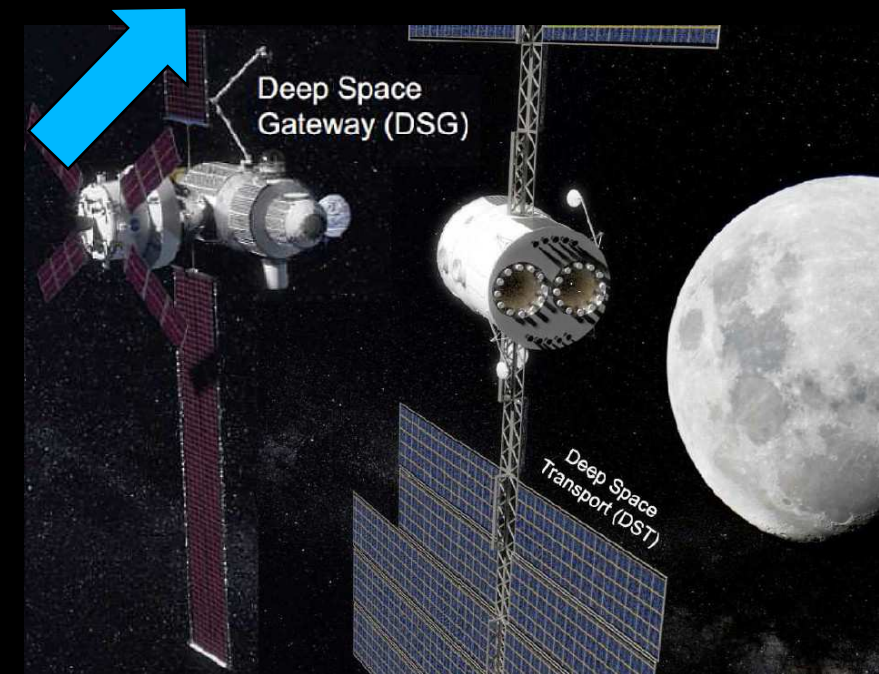
Un lanceur lourd
(80-130t) 2019

Docs. NASA

Et autour
de Mars
vers 2030



(2033 Phobos; 2037-39 court séjour; 2041- 43 long séjour)



Intérêt de l'orbite lunaire (DRO ou NRHO) ?
-Stratégie (/ Chine)
-Fenêtres de lancement (assemblage vaisseau)
-Stockage éléments au retour (DST = 40t)

Les lanceurs lourds du futur

Dates – charge utile en orbite basse



USA SLS
2019
70-130 t

Doc. NASA



USA Falcon Heavy
2017
53 t

Doc. SpaceX



USA ITS
2025 ??
550/300 t

Doc. SpaceX



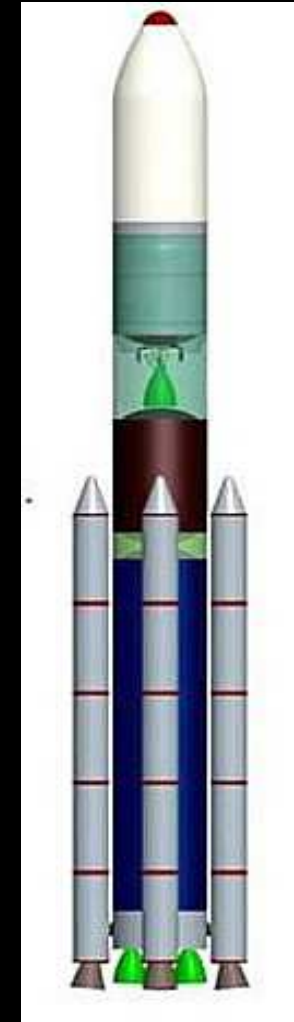
USA New Glenn
2020 ?
62/85 t

Doc. Blue Origin



Russie Angara A7
?
35 t

Doc. DR



Chine LM9
2028
140 t

Doc. DR



Et l'Europe ??
??
60 t

Doc. DR/AS

POURQUOI NOUS IRONS SUR MARS et pourquoi l'exploration du système solaire

Docs. NASA JPL/Caltech/P. Rawlings/DR



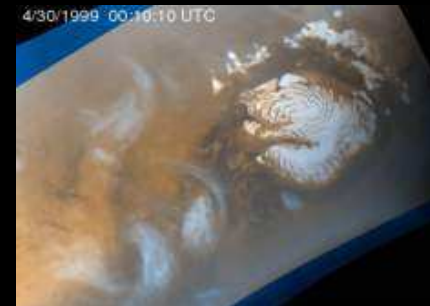
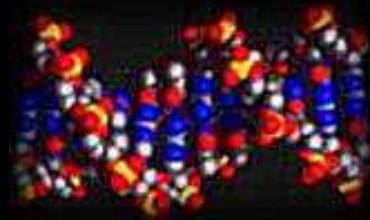
La dynamisation des sociétés, l'aventure, le rêve

La politique (coopération mondiale,
création de réseaux)

La technologie (énergie, recyclage, robotique)

La science (le « fonctionnement » des planètes, la
naissance de la vie)

L'homme, une espèce
multi planétaire ?



Différents scénarios de mission martienne

► Mars Direct par R. Zubrin

Mission 100% en **propulsion chimique** avec tout le carburant de retour produit sur Mars



Docs. NASA

► DRA 5 NASA par S. Borowski

Propulsion **nucléothermique** et une partie (remontée en orbite martienne) des ergols de retour produits sur Mars/

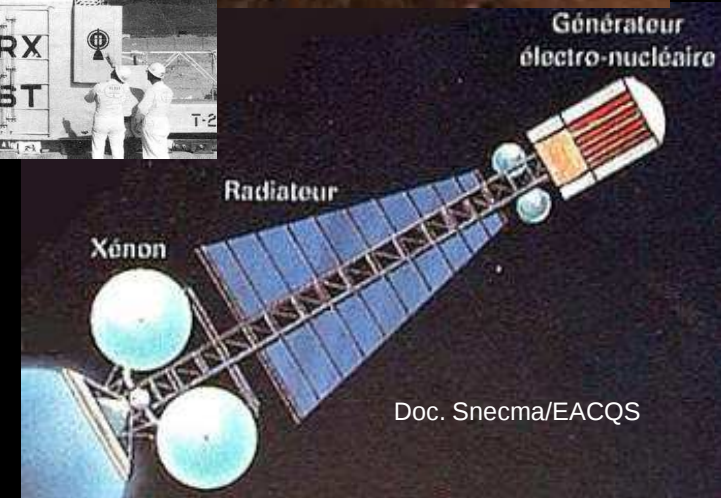


Doc. DR



Human Exploration of Mars
Design Reference Architecture 5.0

► Missions **solaires électriques** ou **nucléoélectriques**



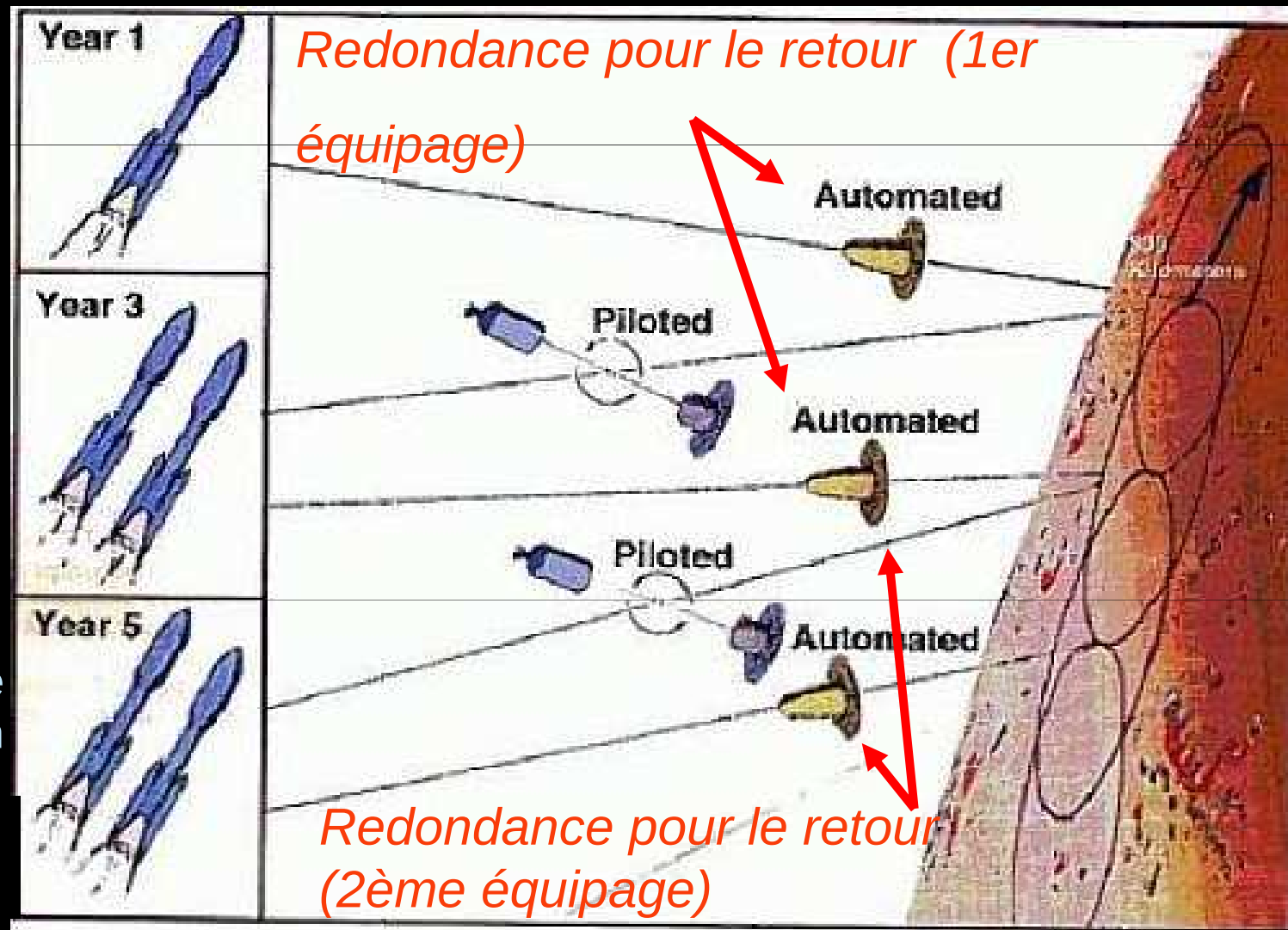
Doc. Snecma/EACQS

Mars Direct, mission 100% propulsion chimique

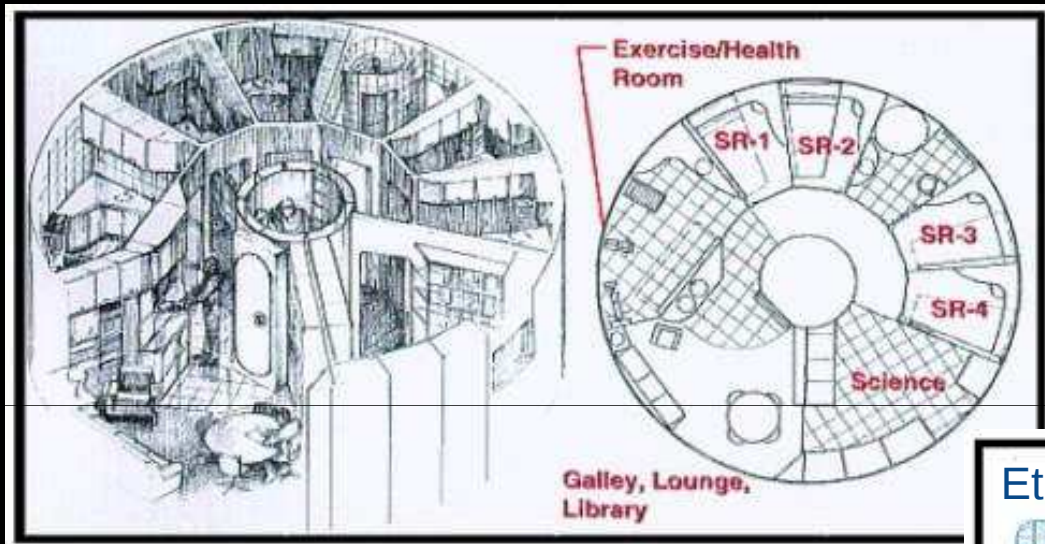
Caractéristiques

6 t de H₂ transportées depuis la Terre et produisant 116 t d'oxygène et de méthane par réaction avec le CO₂ de l'atmosphère martienne

- Lancement vers Mars d'un véhicule de retour avec les 6 t de H₂ et l'unité de production d'ergols
- Lancement d'un 2^{ème} véhicule de retour avec 6 t de H₂ et une unité de production d'ergols en redondance
- Lancement de l'équipage avec l'habitat martien
- 3^{ème} lancement d'un véhicule de retour avec 6 t de H₂ et une unité de production d'ergols
- Lancement d'un nouvel équipage, etc



Le voyage de 6 mois (et même durée pour le retour)

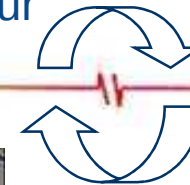


Docs. TMS

Les radiations et en particulier les éruptions solaires => refuge central abrité derrière 15 cm d'eau – dose totale de radiations sur 2,5 ans = 70 rem contre 100 à 400 rem autorisés sur une vie

Microgravité=> gravité artificielle par rotation

Etage supérieur lanceur



Habitat



9 octobre 2013

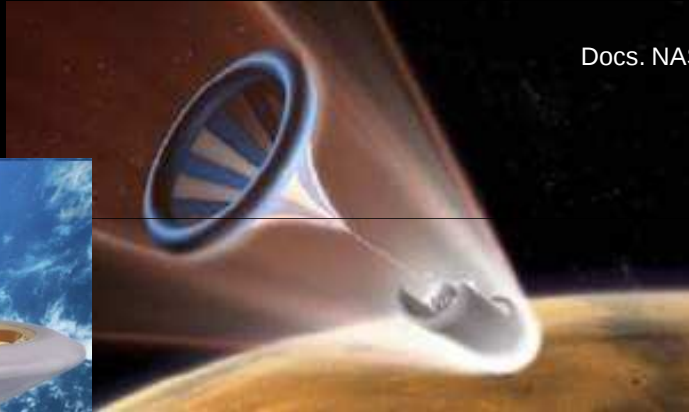
Comportement psychologique de l'équipage => processus de sélection à conduire sur des équipages et pas des individus

Et la fiabilité/redondance et maintenabilité des systèmes sur une mission de 2.5 ans!

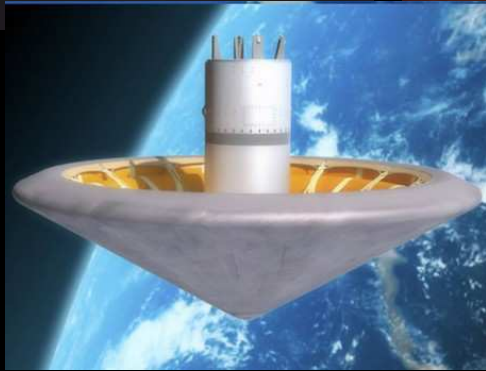
Doc. APM

Quelques points clé

*Bouclier thermique de grande taille
(deployable, gonflable)*



Docs. NASA



Commercial Rocket Test Helps Prep for Journey to Mars



First stage begins reentry burn at approximately 70km altitude

Powered flight through
Mars-relevant retropropulsion
regime



*Parachutes toujours
possibles ou freinage
final tout propulsif?*

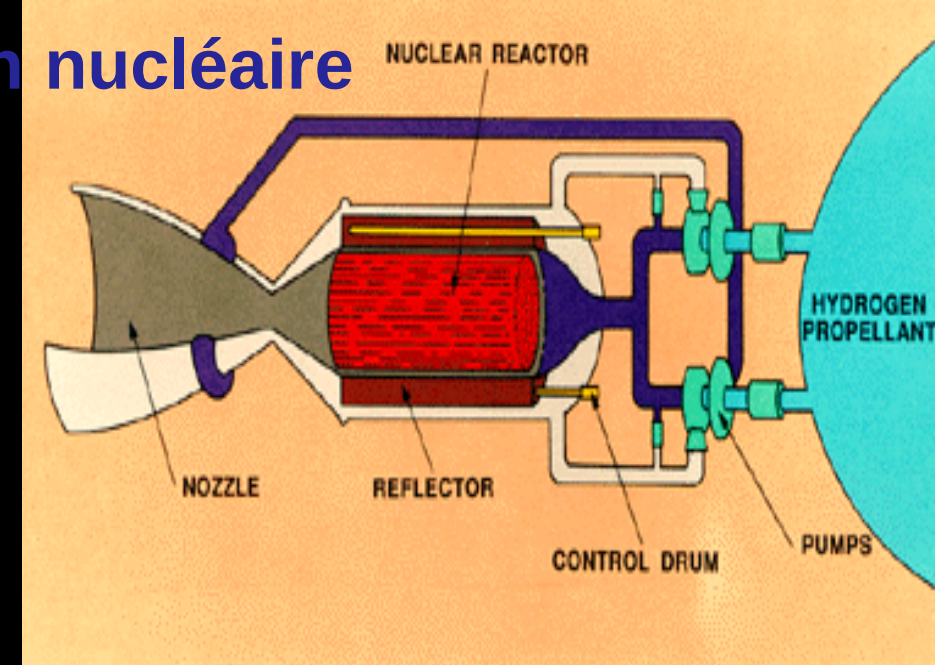
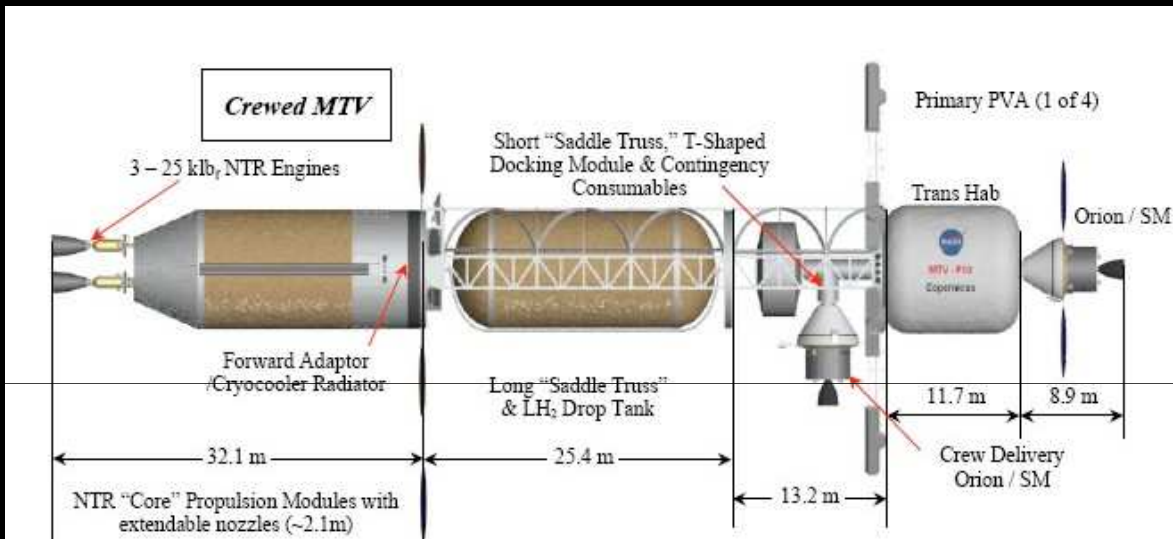


*Véhicule pressurisé pour
exploration longue
distance; tenue des
matériels à la poussière
(joints, des scaphandres en
particulier); effet de la
poussière sur les hommes;
contamination planétaire
(dans les 2 sens)*



*Les télécommunications sur Mars,
la navigation (GPS)*

La mission NASA DRA5 en propulsion nucléaire



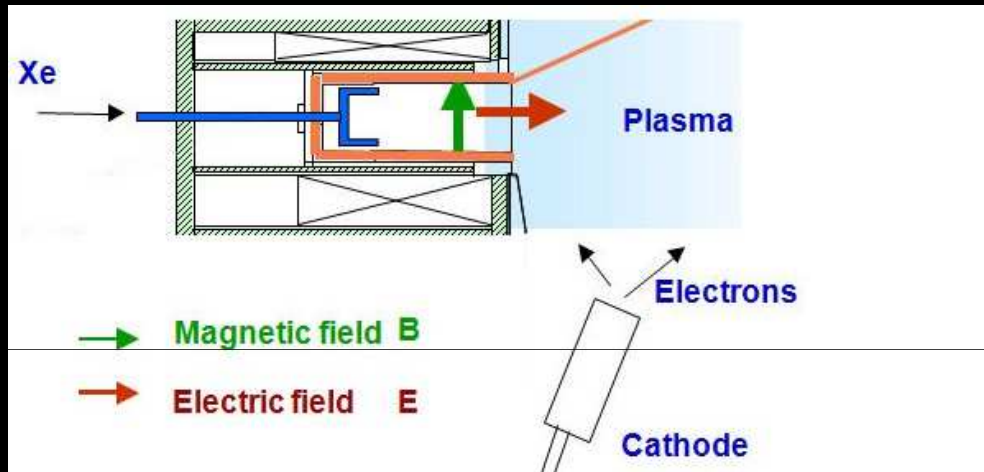
6 mois de voyage en micro-gravité aller (et 6 mois retour), l'orientation des panneaux solaire empêchant une mise en rotation pour gravité artificielle)

Structures gonflables (intéressant sur Mars aussi)



La propulsion électrique

- Un développement progressif en cours dans le monde -



Recherche

Chang Diaz VASIMR essais à 200 kW

Nasa HET
essais à 75 kW =
3 N

Démonstrations et développement

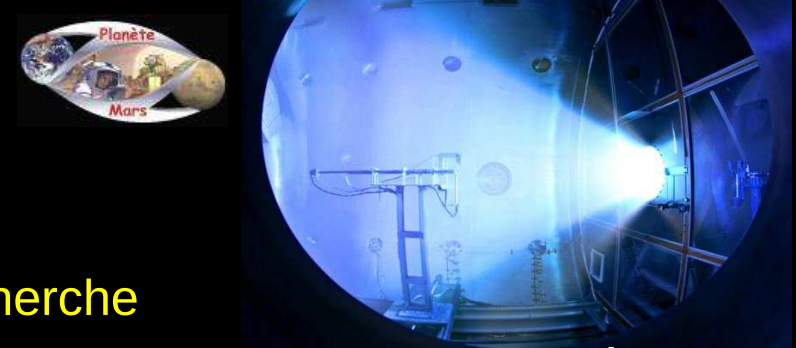
5 kW et 20 kW (1N) en Europe (Snecma)

Operations

Satellites de télécom. à propulsion électrique; missions interplanétaires à propulsion électrique (Smart 1 Europe; Deep Space 1, Dawn USA); 1 à 4.5 kW

Au-delà de 300 kW la question c'est la **source de puissance**. Il faut passer du solaire au nucléaire. La **masse spécifique (kg/kW)** est le **facteur fondamental**.

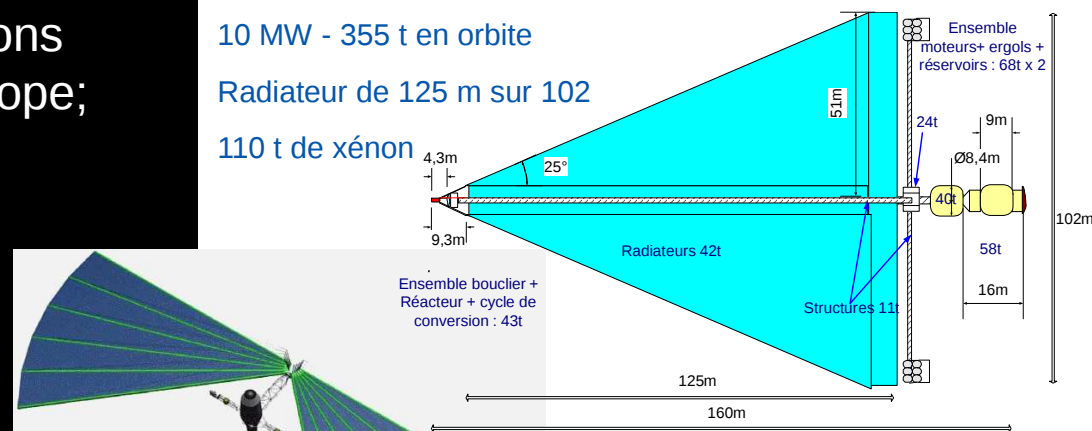
Réservé aux missions cargo d'abord



10 MW - 355 t en orbite

Radiateur de 125 m sur 102

110 t de xénon



Mais grandes surfaces de
panneaux solaires ou
radiateurs

Les projets d'Elon Musk

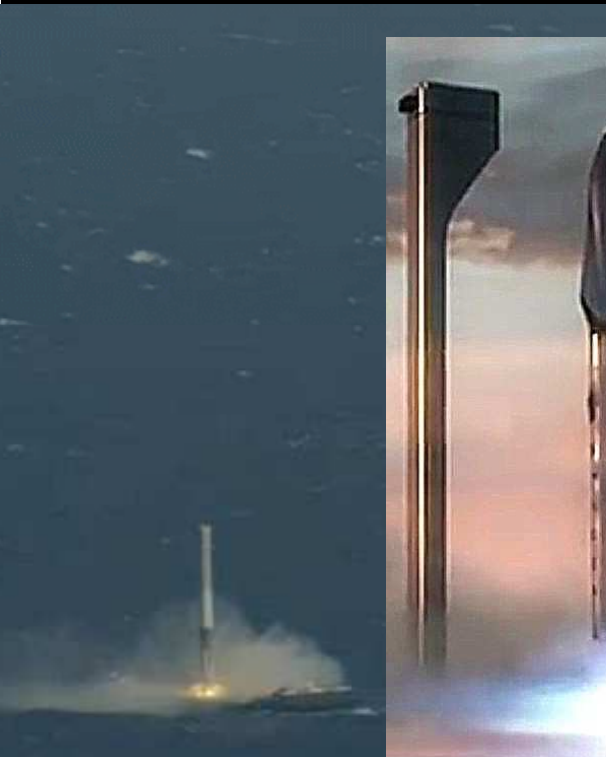
Bientôt (2020) Red Dragon sur Mars



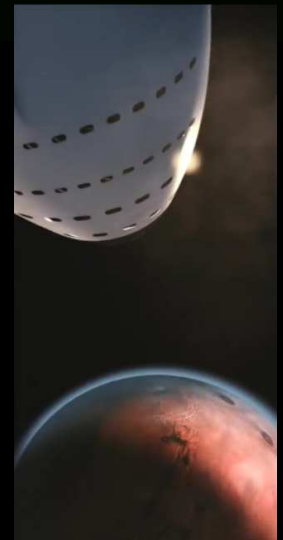
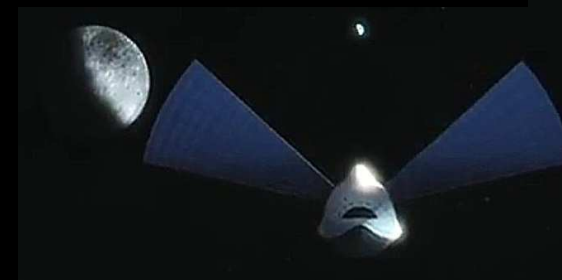
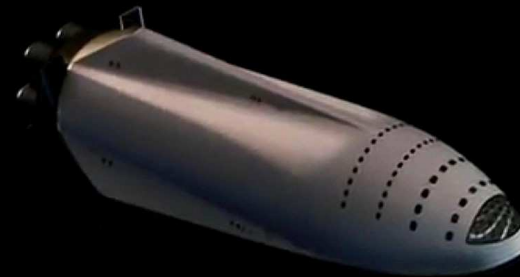
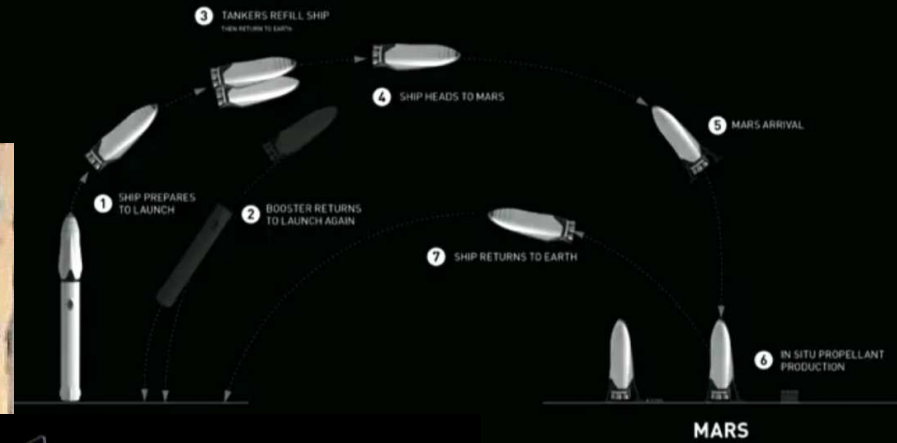
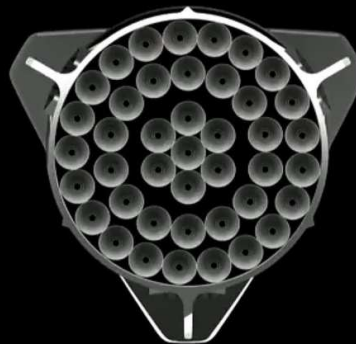
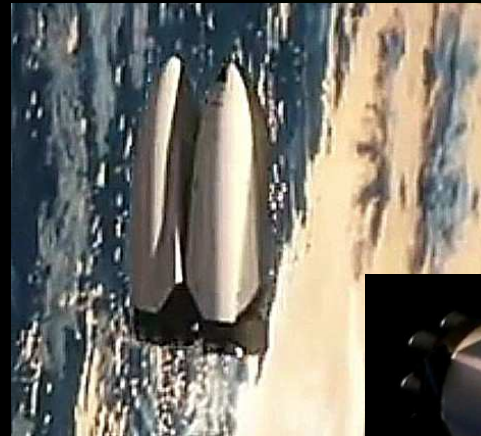
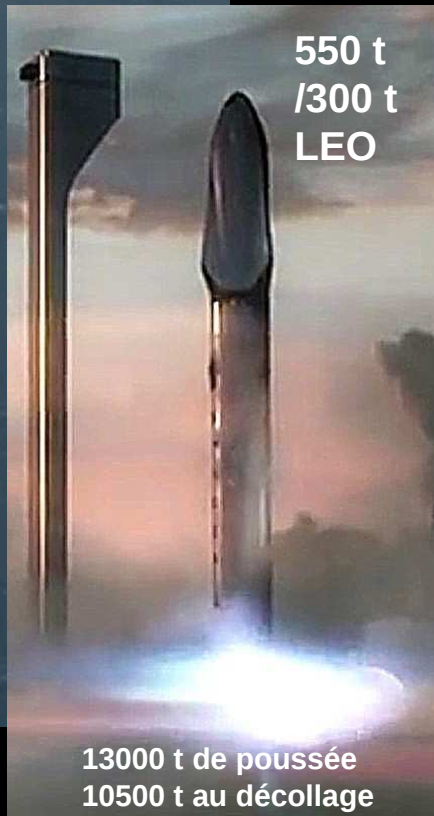
Powered flight through
Mars-relevant retropropulsion
regime



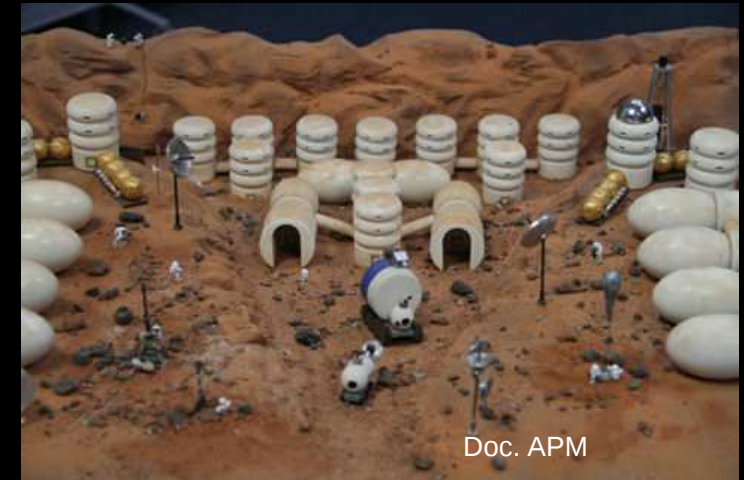
L'Interplanetary Transport System



Docs. SpaceX



Quelles étapes futures ?



Exploration humaine initiale

Bases Scientifiques
Comme dans l'Antarctique

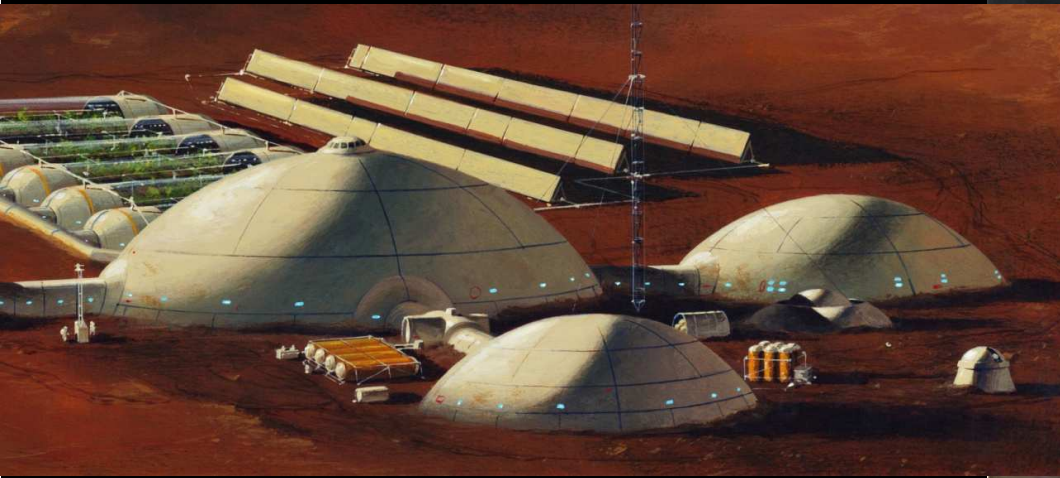


Colonie expérimentale

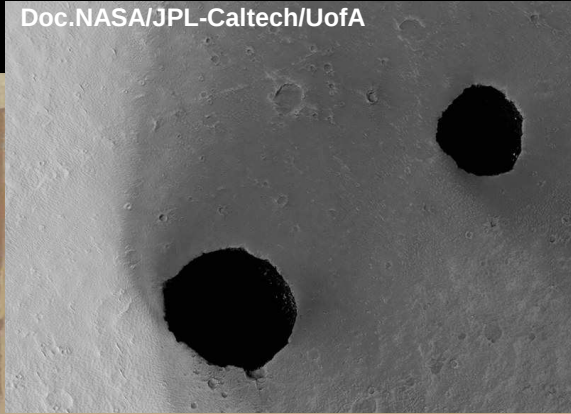


Implantation de masse
...si une économie peut se développer

Bases martiennes

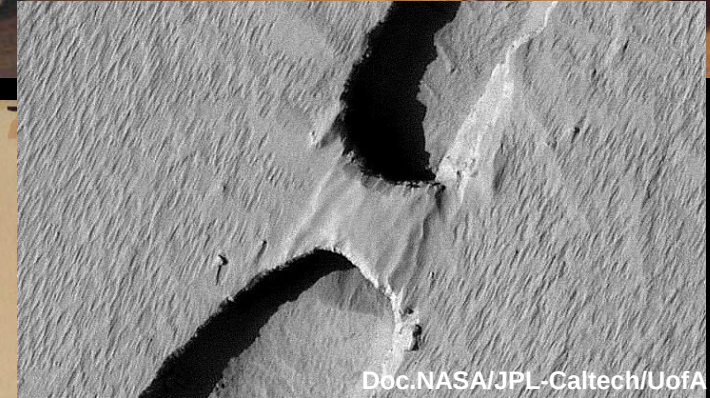


Doc.NASA/JPL-Caltech/UofA



Docs. Manchu/APM

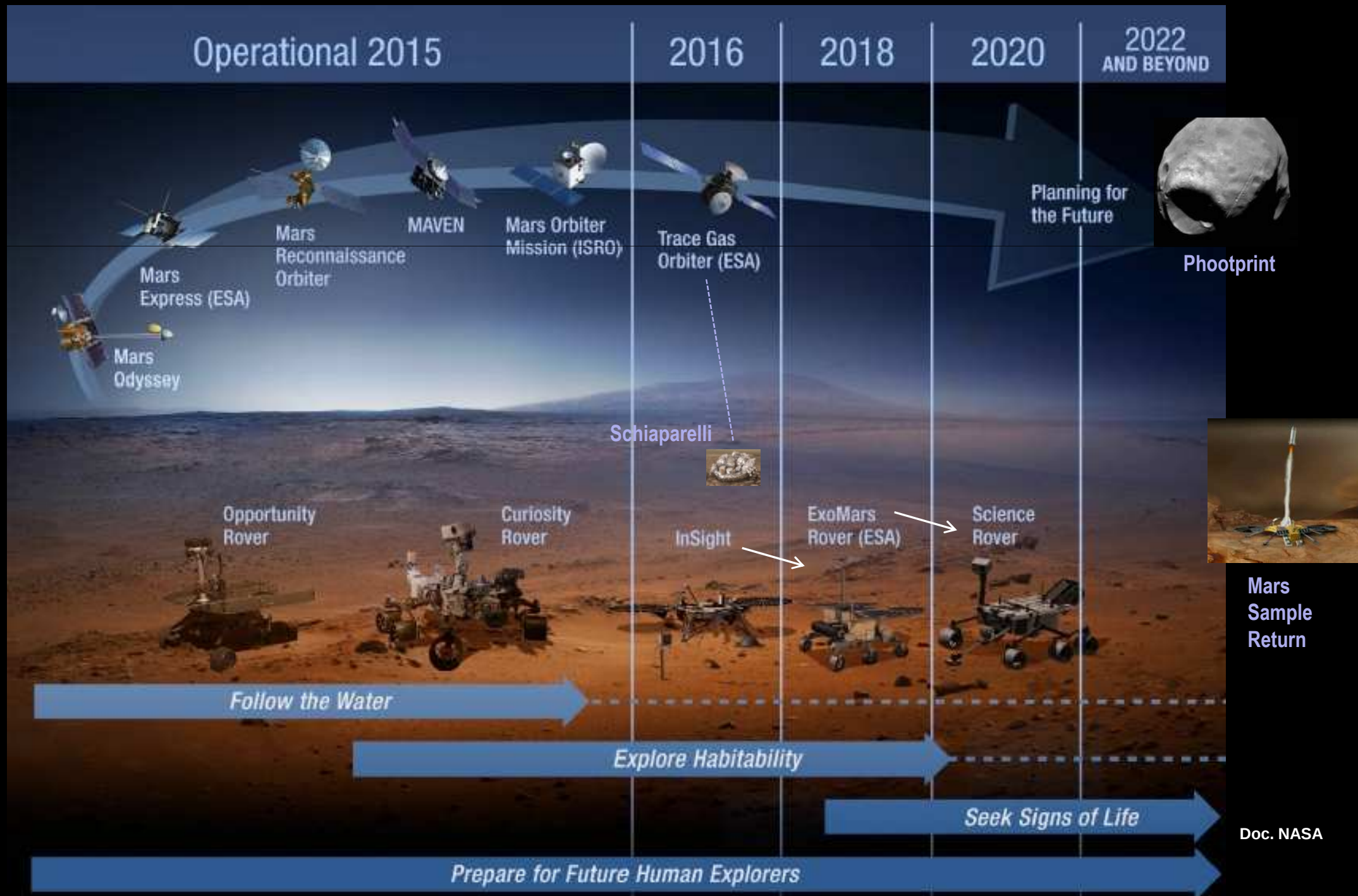
Copyright Association Planète Mars / Manchu
www.planete-mars.com



Doc.NASA/JPL-Caltech/UofA



En attendant l'homme, l'exploration robotique





Cruise Stage Separation

Time: Entry - 10 min

7h14

Cruise Balance Devices Separation

Time: Entry - ~8 min

7h16

Entry Interface

Altitude: ~78 miles (~125 km)

Velocity: ~13,200 mph (~5,900 meters/sec)

Time: Entry + 0 sec

7h24

Peak Heating

Peak Deceleration

Heat Shield Separation

Altitude: ~5 miles (~8 km)

Velocity: ~280 mph

(~125 meters/sec)

Time: Entry + ~278 sec

Hypersonic Aero-maneuvering

Parachute Deploy

Altitude: ~7 miles (~11 km)

Velocity: ~900 mph

(~405 meters/sec)

Time: Entry + ~254 sec

7h28

Radar Data Collection

Back Shell Separation

Altitude: ~1 mile (~1.6 km)

Velocity: ~180 mph

(~80 meters/sec)

Time: Entry + ~364 sec

7h30

Powered Descent

Sky Crane

7h31

Flyaway

Rover Separation

Altitude: ~66 feet (~20 meters)

Velocity: ~1.7 mph (~0.75 meter/sec)

Time: Entry + ~400 sec

Mobility Deploy

Touchdown

Altitude: 0

Velocity: ~1.7 mph

(~0.75 meter/sec)

Time: Entry + ~416 sec

Flyaway

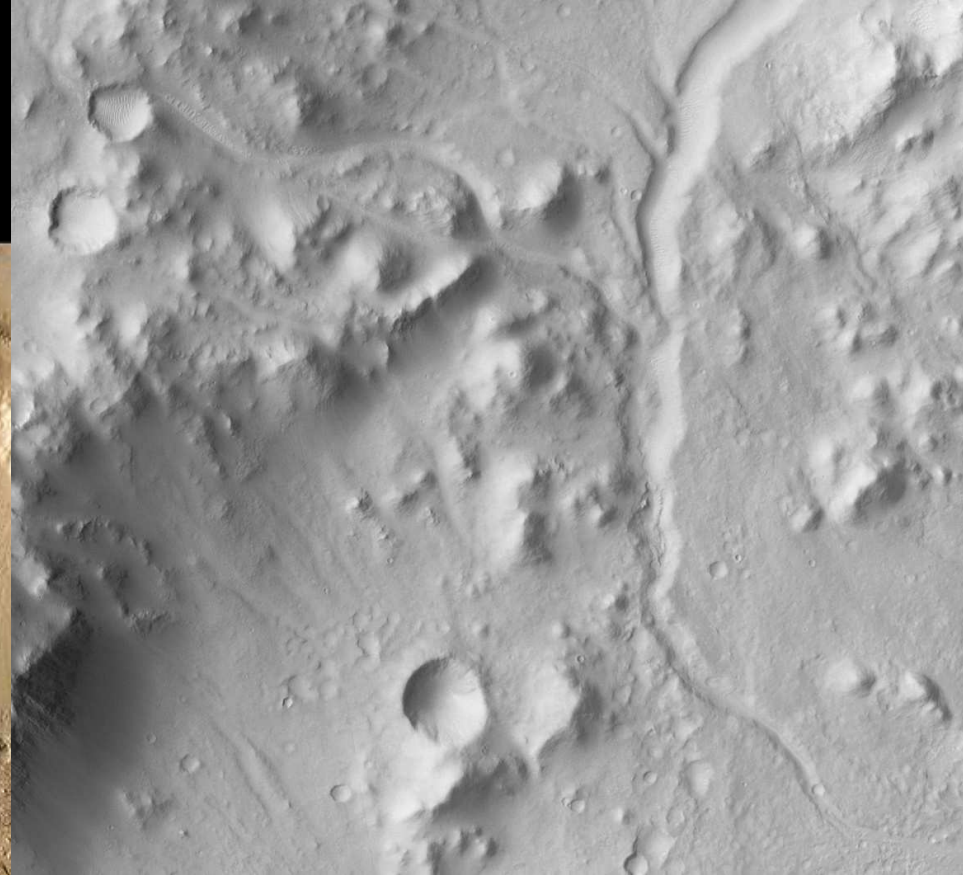
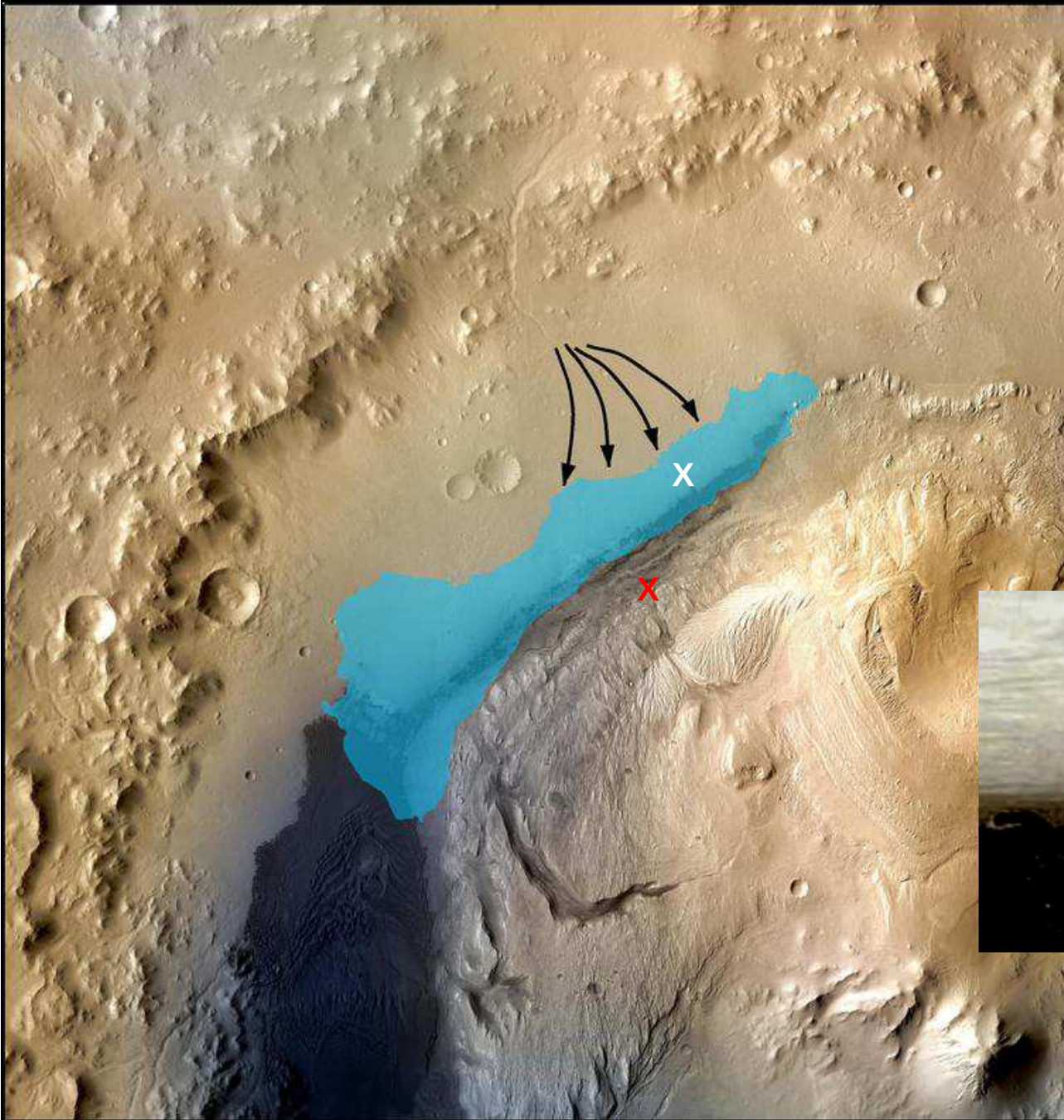
Doc. NASA/JPL-Caltech



MSL Curiosity: une arrivée complexe et réussie...

Qui préfigure probablement les missions humaines

Curiosity est dans le delta alluvionnaire de la vallée Peace dans le cratère Gale



Doc. NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona



Docs. NASA/JPL-Caltech/MSSS





Curiosity est d'abord allé à Glenelg

À la confluence de 3
zones géologiques
différentes



Curiosity a vite
trouvé des traces
d'alluvions

10 cm

Docs. NASA/JPL-Caltech

Mars

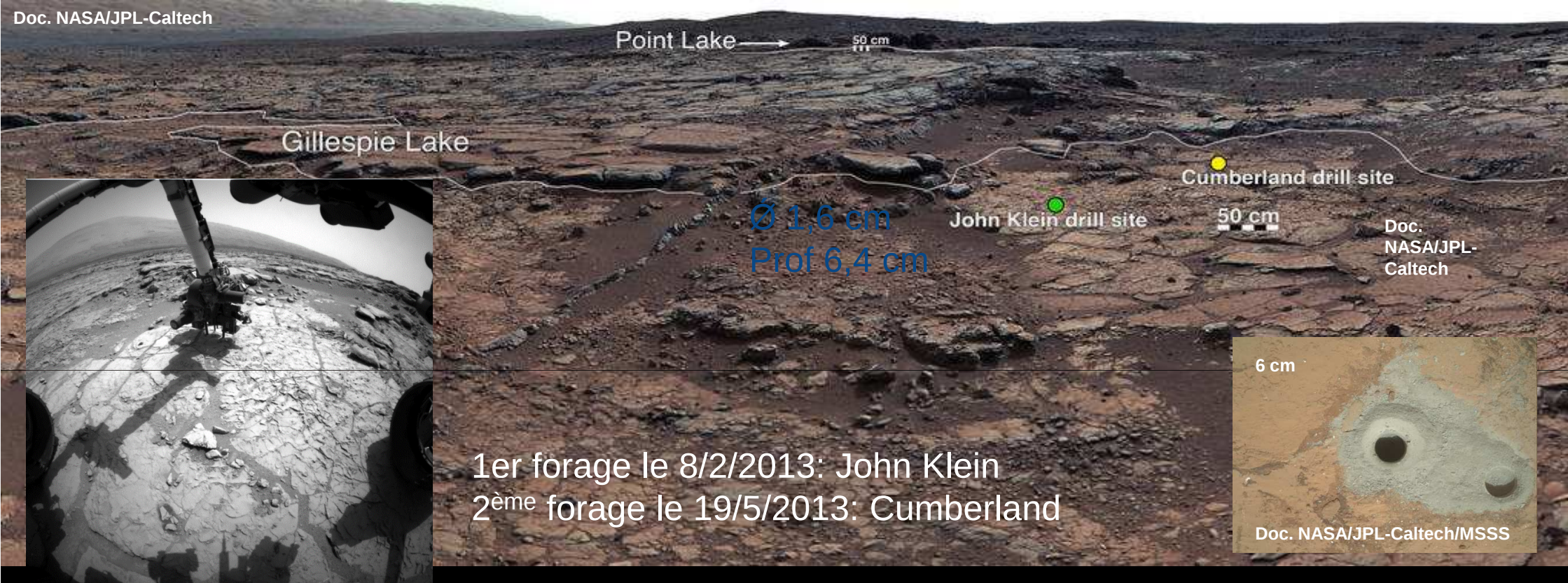
Terre



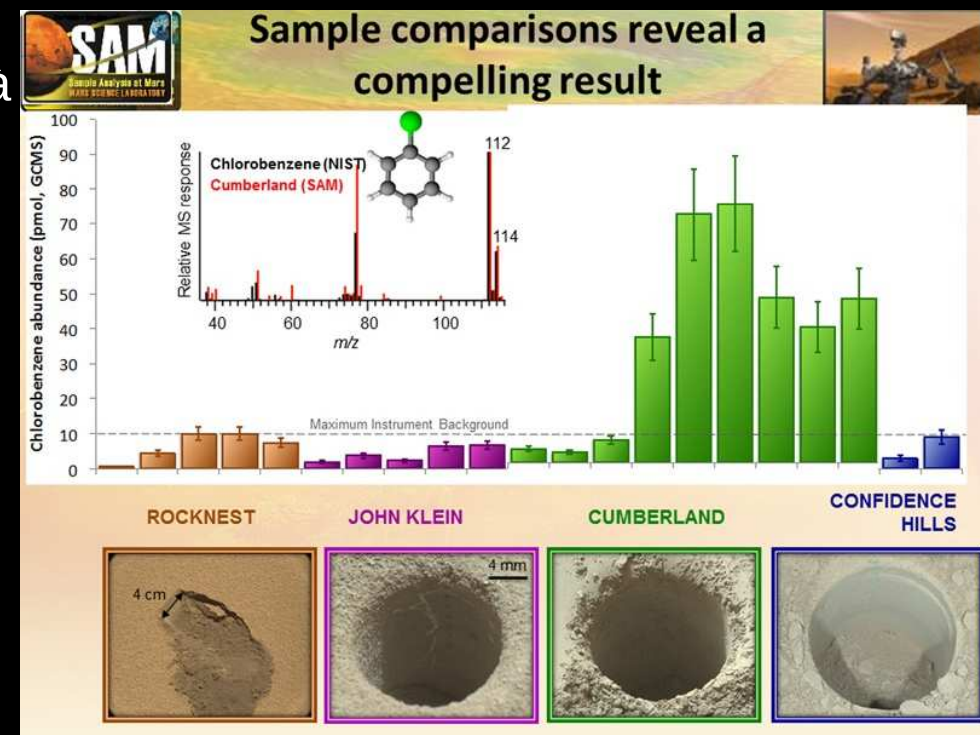
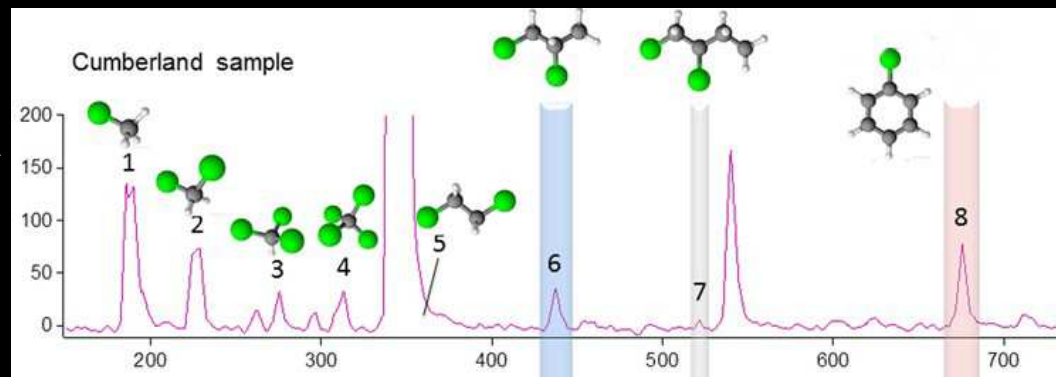
Plus tard Curiosity
a trouvé de beaux
alluvions de fond
de lac

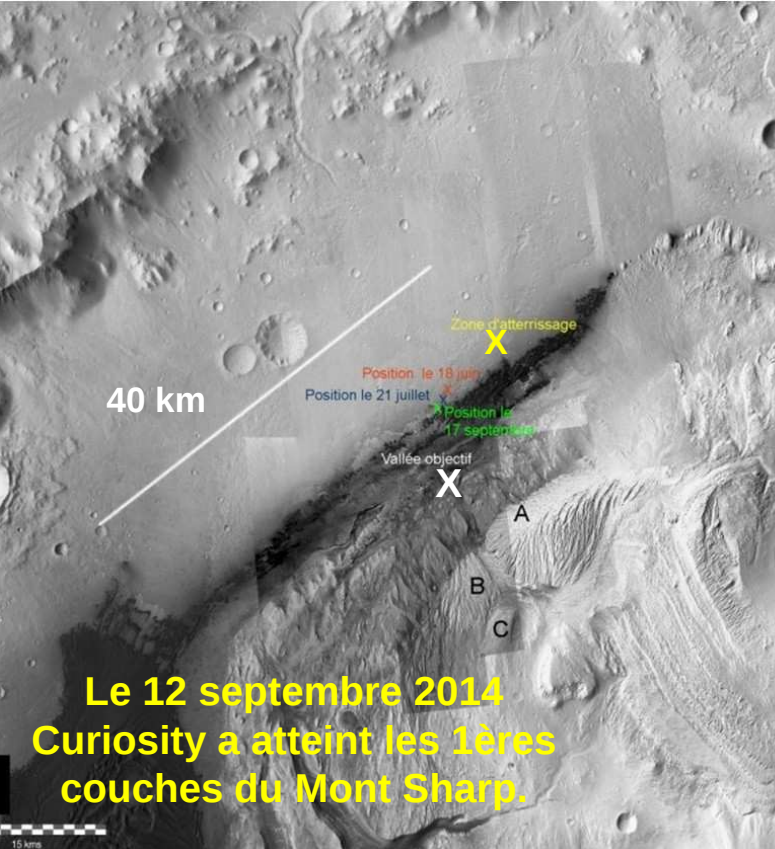


Petits galets noyés dans un ciment
naturel: une roche désignée
poudingue



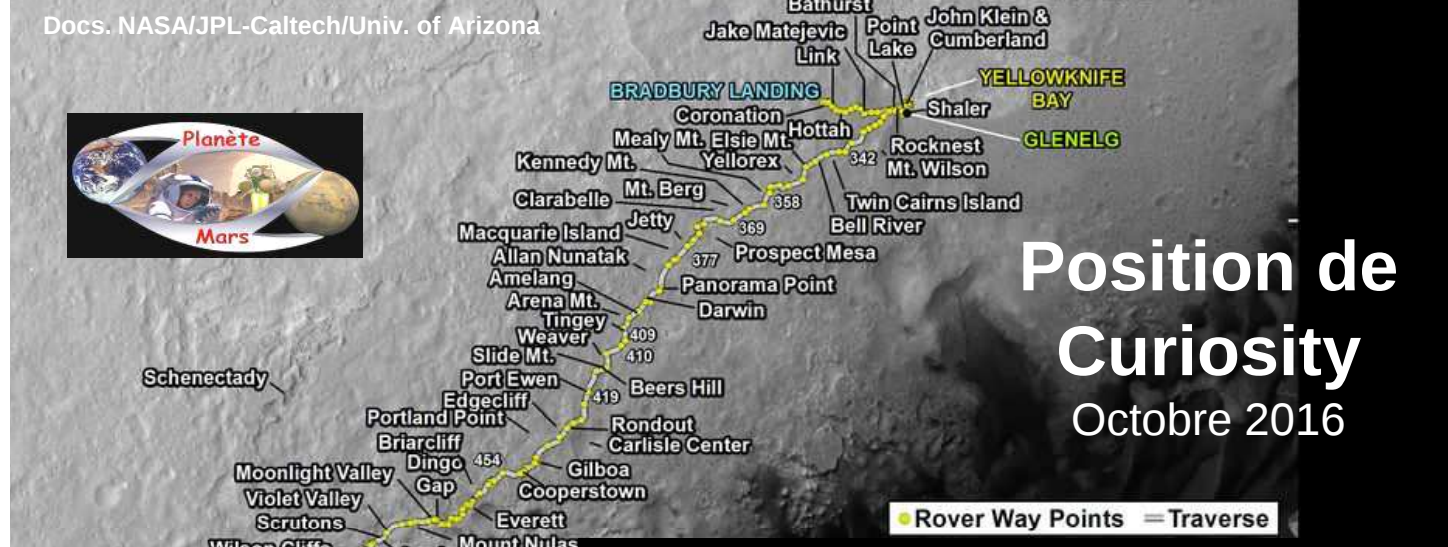
L'eau qui s'écoulait ici il y a 3,7 Mds d'année n'était **ni salée ni acide** donc propice à la vie. Argiles confirmés à John Klein (smectite) et Rocknest (phyllosilicates)
En décembre 2014 (!) annonce de **la découverte de molécules organiques** dans le forage Cumberland et de la détection de **bouffées de méthane** dans l'atmosphère





Le 12 septembre 2014
Curiosity a atteint les 1ères
couches du Mont Sharp.

Docs. NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona



19 décembre 2015



Docs. NASA/JPL-
Caltech/MSSS/APM



Position début octobre

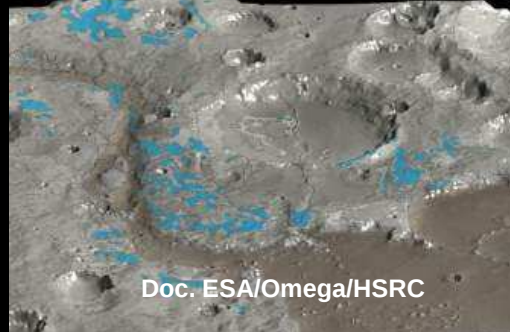


Mars Express (Eu): 13 ans en orbite



Docs. ESA/DLR/FU Berlin

OMEGA permet l'analyse des sols

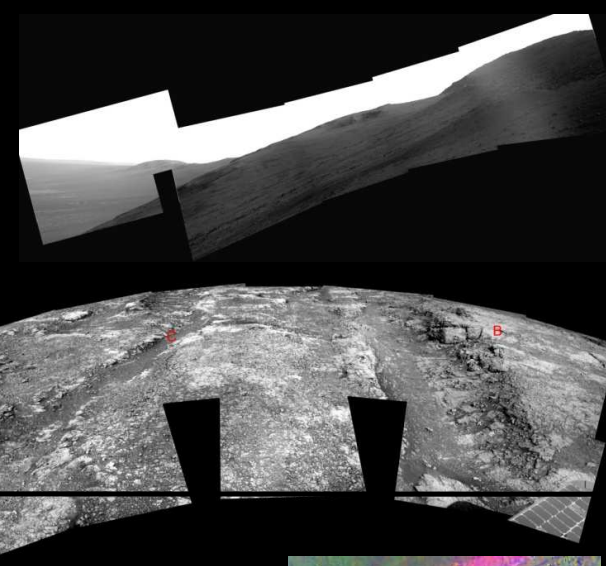


Doc. ESA/Omega/HSRC

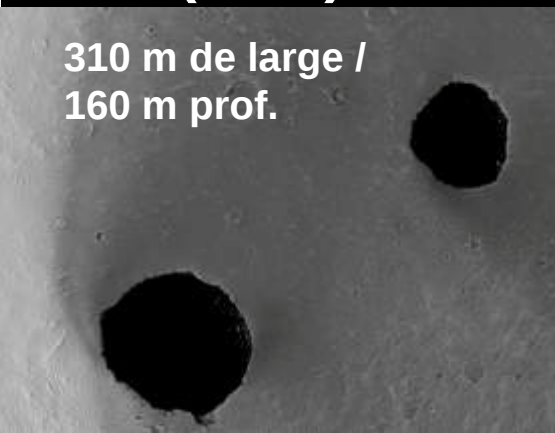
Opportunity (USA): 13 ans au sol



Docs. NASA/JPL-Caltech/MSSS



MRO (USA): 10,5 ans en orbite



310 m de large /
160 m prof.



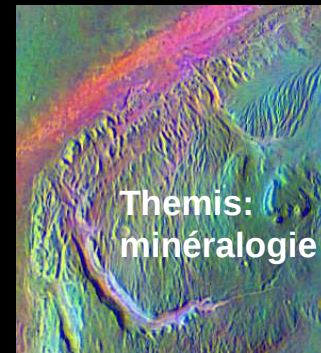
Opportunity au sol

Docs. NASA/JPL-Caltech



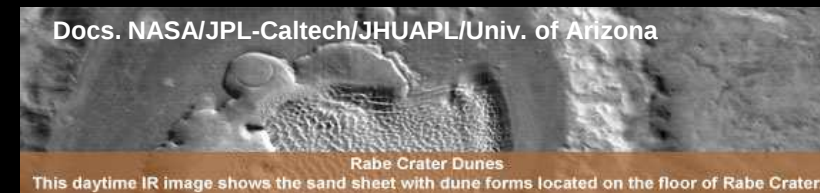
Pont résiduel sur
un tube de lave.

Mars Odyssey (USA): 15 ans en orbite



Themis:
minéralogie

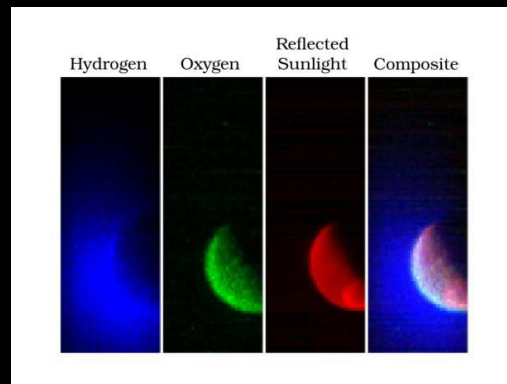
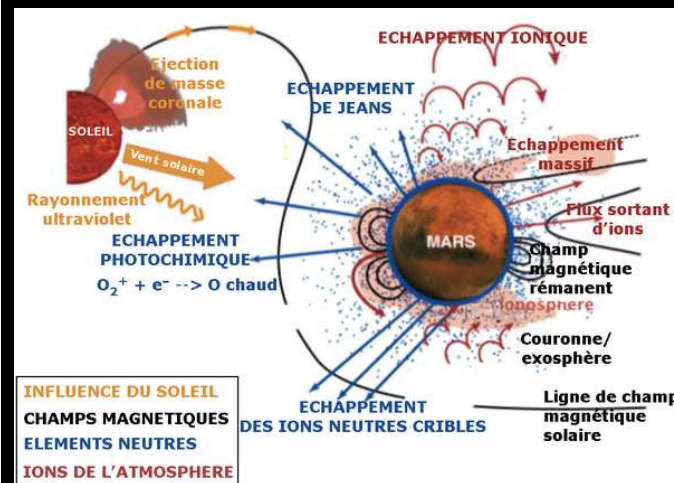
Docs. NASA/JPL-Caltech/JHUAPL/Univ. of Arizona



Rabe Crater Dunes

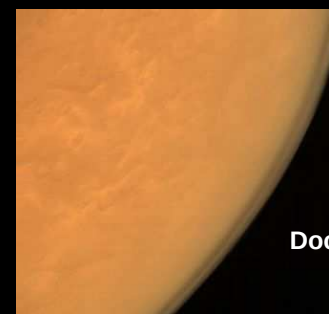
This daytime IR image shows the sand sheet with dune forms located on the floor of Rabe Crater.

Maven (USA): 2 ans en orbite



Doc. NASA/Goddard
Spaceflight Center

Mangalyaan (Inde): 2 ans en orbite



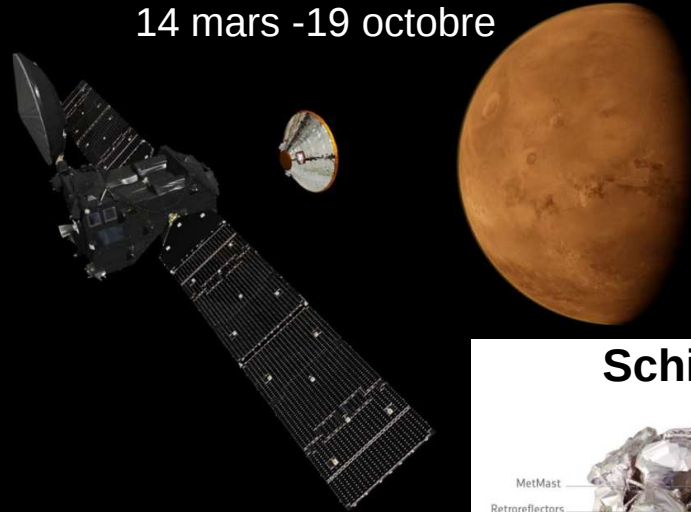
Docs. ISRO



ExoMars: des missions russo-européennes vers Mars

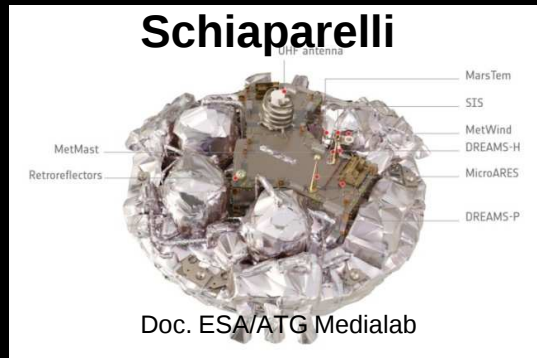
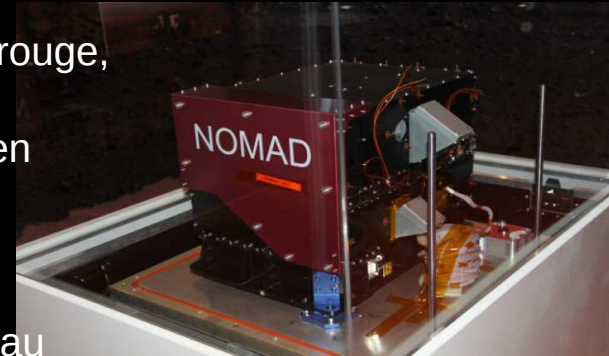
-TGO/Schiaparelli

14 mars -19 octobre

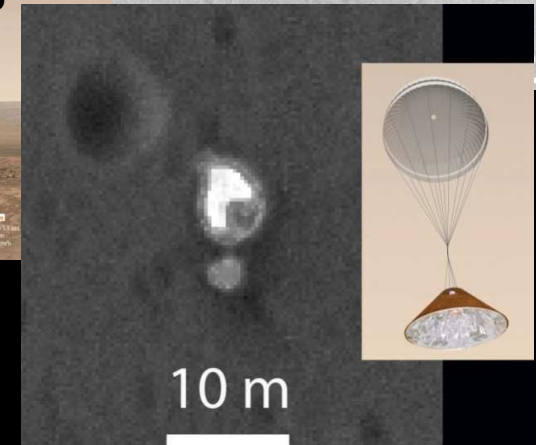
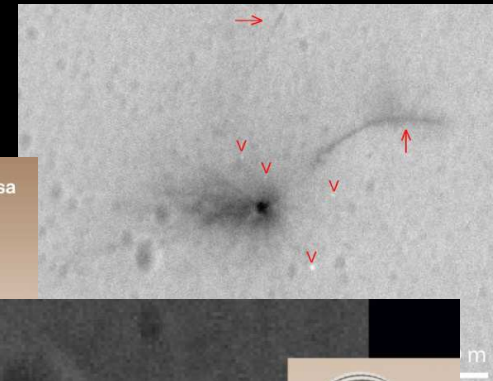


Doc. ESA/ATG Medialab

- NOMAD, ensemble de 3 spectromètres en infrarouge, visible et ultraviolet
- ACS, ensemble de 3 spectromètres infrarouge en complément de NOMAD
- CASSIS, caméra couleur et infrarouge à 5 m de résolution
- FREND, détecteur de neutrons pour détecter l'eau jusqu'à 1 m de profondeur



Doc. ESA/ATG Medialab

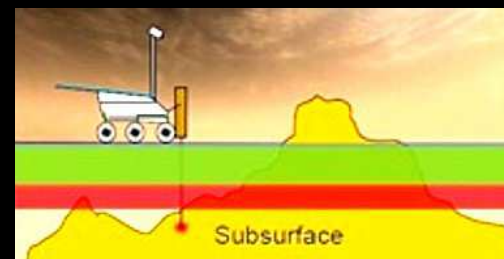


-Le rover ExoMars 2020



Doc. A. Souchier

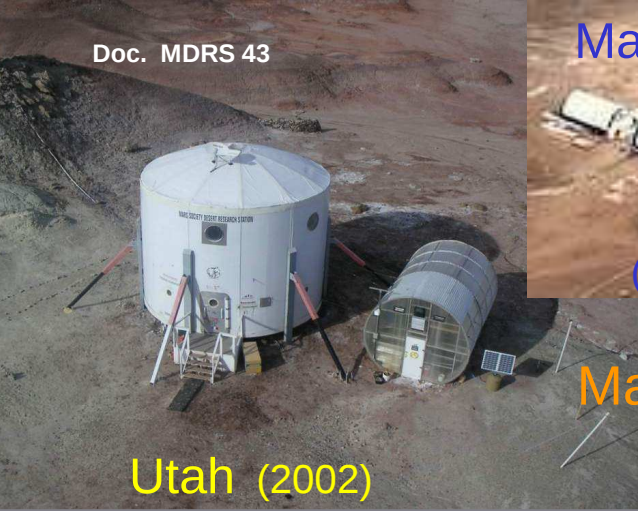
Le rover européen pourra forer jusqu'à 2m, au-delà de la profondeur de stérilisation par les rayons cosmiques sur le long terme



Penetration of organic destructive agents

UV Radiation	~ 1 mm
Oxidants	~ 1 m
Ionising Radiation	~ 1.5 m

Doc. ESA



Doc. MDRS 43

Utah (2002)



Mars Institute

(1997)

Doc. Mars Inst.



Doc. TMS

Canada (2001)



Objectif Mars

Simulations sur Terre



Comex (2012)

Doc. Comex



NASA Arizona (2010)

Docs. NASA



NASA Floride -20m



M.A.R.S...
Pologne (2017)

Doc. M.A.R.S. Project/Space Is
More/Jan Popowski



Mars
500

Russie (2007 2011)

Hawaï HI-SEAS (2013)

Un an 2015-16



Doc. HI-SEAS



ÖWF (2011 -
12-13)

Doc. APM



Doc. IPEV

Concordia

Antarctique

Préparation, entraînement et simulation

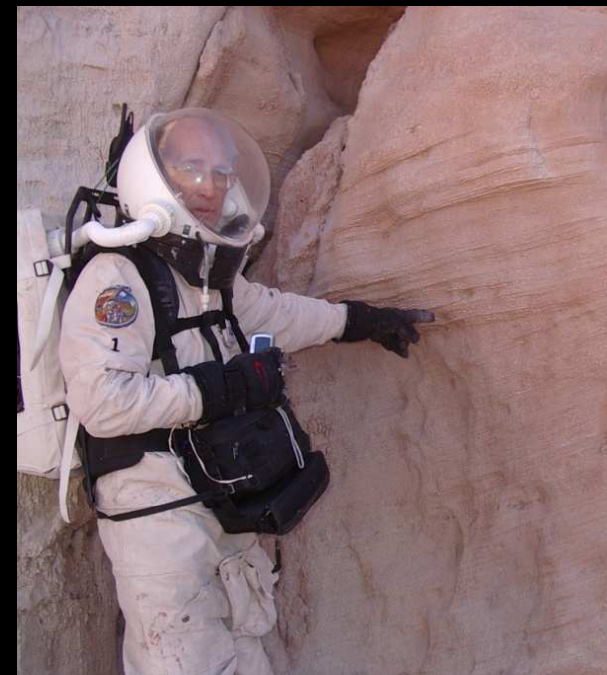
Les installations de simulation permettent à des équipages d'opérer dans des conditions proches de celles d'une installation sur une autre planète

... mais la simulation n'est jamais à 100%

Trois domaines: activité sur le terrain / l'habitat et la vie à bord / le support de mission à « Terre » et ses relations avec l'équipage

Ce qui peut être expérimenté plus précisément:

- Adaptation des expériences scientifiques, des outils, des technologies, des méthodes aux conditions de l'exploration planétaire
- Optimisation des stratégies d'exploration (avec soft et hardwares correspondants)
- Facteurs humains, dynamique de groupe
- Organisation (comment combiner efficacement la vie de l'équipage et les activités dans des domaines multidisciplinaires)
- Et un jour....l'entraînement des équipages



Nombreuses participations de membres APM aux simulations de la Mars Society dans l'Utah

MDRS 43 2006



Doc. APM/MDRS 43

Mars 160 (2 fois 80 jours Utah + Arctique – en cours) avec Alexandre Mangeot APM comme commandant de bord

L'université d'Hawaï avec la NASA a déroulé une simulation de 1 an (2015-2016): HI-SEAS 4



Doc HiSEAS

avec un participant
APM Cyprien Verseux

HI-SEAS 5 en cours

Lucie Poulet APM a participé à 4 mois de simulation HI-SEAS 2 en 2014



MDRS 151 (2015) - MDRS 164 (2016) - MDRS 175 (2017)

Equipes Supaéro soutenues par APM



Docs. MDRS 164/175

Et fin 2017 une mission MDRS avec un scaphandre réalisé en projet PSC Polytechnique



Docs. A. Souchier

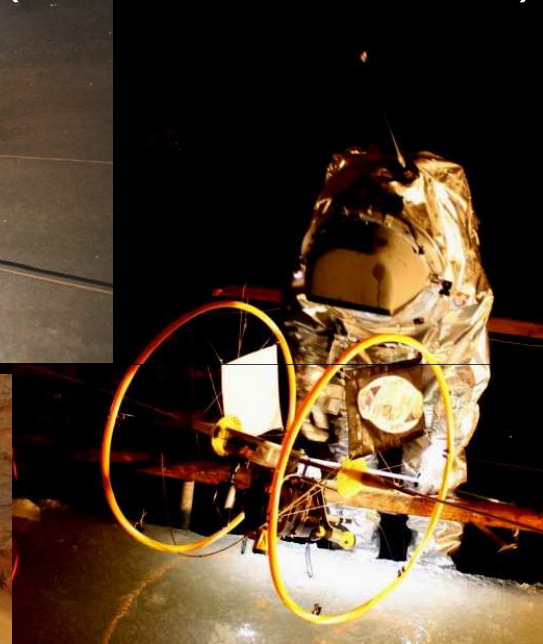


Simulation d'exploration de grottes martienne

(ÖWF-Dachstein -2012)



Docs. APM



Le Véhicule de Reconnaissance de
Paroi de l'association

Un mois de simulation d'exploration martienne en février 2013 (ÖWF)

17 partenaires scientifiques
23 pays



La zone des Kess Kess – volcans fossiles sous marins de boue datant du Devonien (-416 à - 359 millions d'années)



Volcans de boue (?) sur Mars

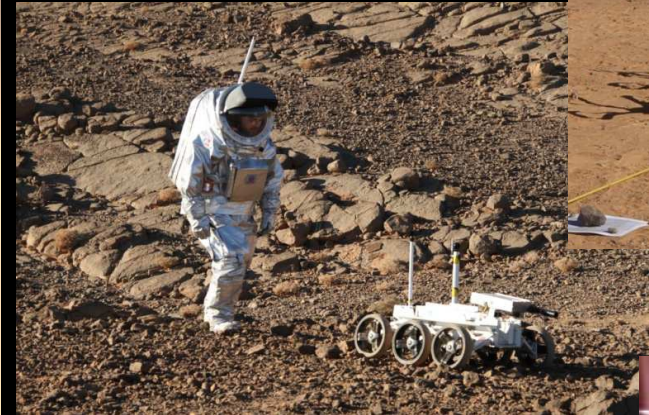
Doc. NASA/JPL-Caltech



Doc. NASA/JPL-Caltech



Docs. APM



Rovers Magma (Hongrie) et Puli (Pologne)



Dust devil ...

Doc. ÖWF



Abri déployable (Autriche)



Doc. ÖWF



MicroEVA contamination (USA JPL)

Delta (Autriche)



Hunveyor (Hongrie)



Le scaphandre Aouda (ÖWF)

Docs. APM



Transmission de nombreuses informations
(rythme cardiaque, pressions partielles O2
et CO2, températures, voltages,...)

Restitution des efforts de pression



Le véhicule de Reconnaissance de Paroi (APM)

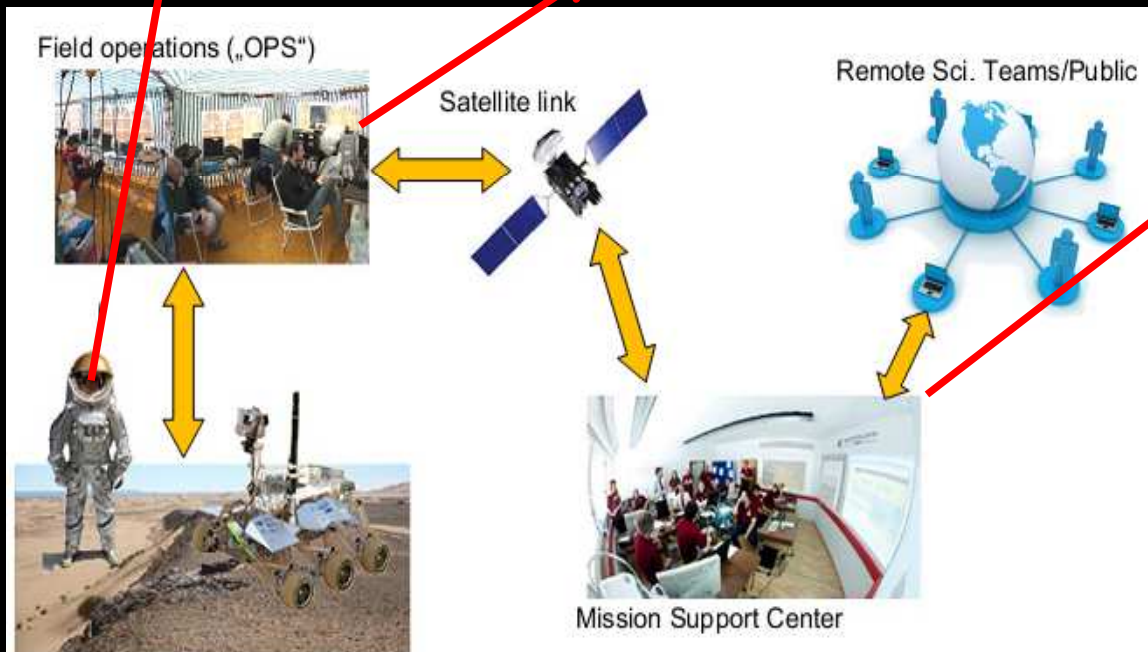


Doc. ÖWF/K. Zanella-Kux

Essais 92 à 109 réalisés au Maroc



Une des principales expériences: l'organisation et la conduite d'une mission d'exploration



Docs.
ÖWF

Field crew & experiments

Doc. ÖWF

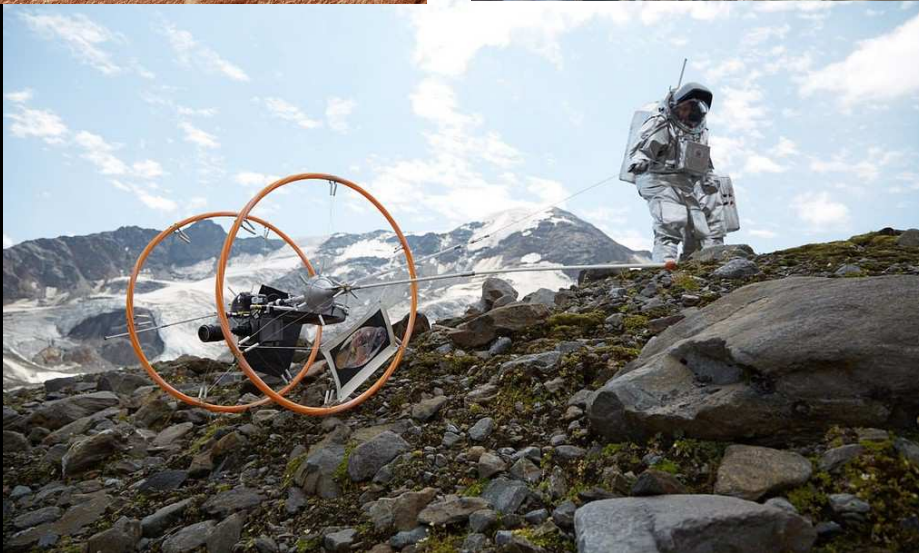
Et la dernière simulation ÖWF: AMADEE-15 sur glacier rocheux (3 au 14 août 2015)



Doc. NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona



Docs. APM



La Comex

Le scaphandre Gandolfi 1

L'habitat SHEE

Programme PCRD



Docs. ESA/Comex



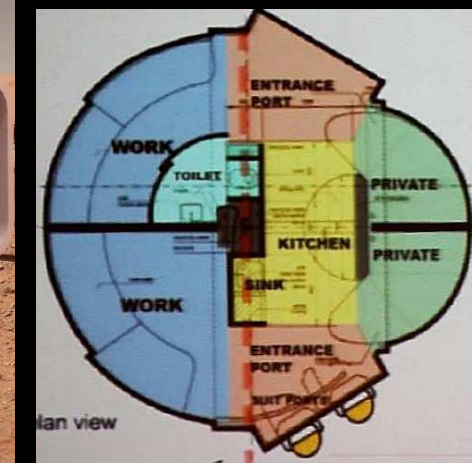
Doc. APM



Docs. APM



Docs. SHEE/Comex



Le scaphandre Gandolfi 2 Comex



Doc. P. Sibon



Gandolfi 1



Docs. A. Souchier

Aouda ÖWF

Scaphandres
à
exosquelette
pour
restitution
d'efforts de
pression



Doc. Comex/project
Moonwalk/ESA



Docs. P. Sibon

Projet Moonwalk:
Simulations martiennes au
Rio Tinto (avril 2016)
Simulations lunaires sous
l'eau à Marseille (mai 2016)



Doc. Comex



Doc. P. Sibon

Enveloppe extérieure, gants, carénage du
pack dorsal réalisée par APM

1^{ère} simulation
en France aux
Vaches Noires
le 14 mars
2013

Les simulations APM (1)



Simulation de marche martienne à l'Euro Space Center le 10 mars 2016





Doc. J. P. Viard



Doc. J. Barbier/ I. Ebran/Gargouille Productions



Doc. J. Barbier/
I. Ebran/Gargouille
Productions

Les simulations APM (2)

Simulation dans la grotte des
Petites Dales le 28 mai 2016

Docs. L. Poulet/
A. Souchier



Doc. J. P. Viard



Au 20ème siècle nous sommes devenus des terriens

...

Au 21ème siècle nous deviendrons des solariens

L'homme une espèce multi planétaire ?



Merci

Doc. APM/Manchu

Et....Adhérez à l'Association Planète Mars www.planete-mars.com