



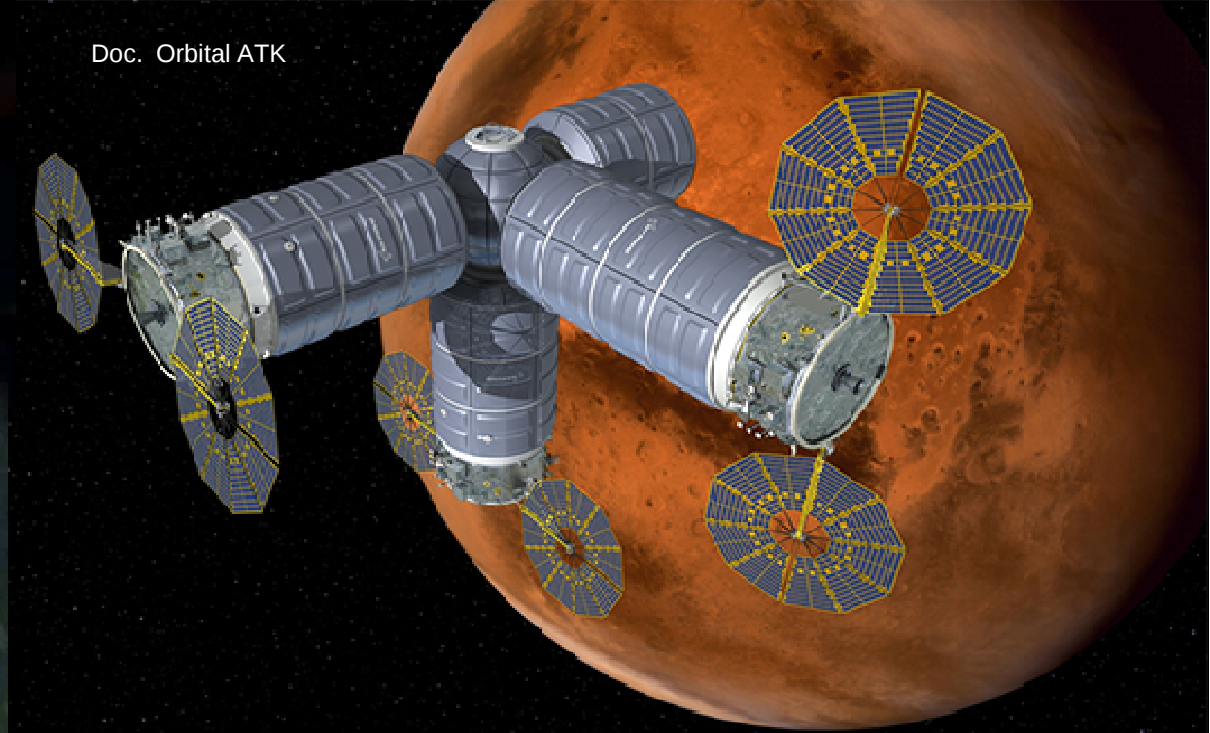
Doc. SpaceX



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



Doc. NASA/JPL-Caltech/MSSS



Doc. Orbital ATK

L'exploration de Mars

24 juin 2017
Le Bourget



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

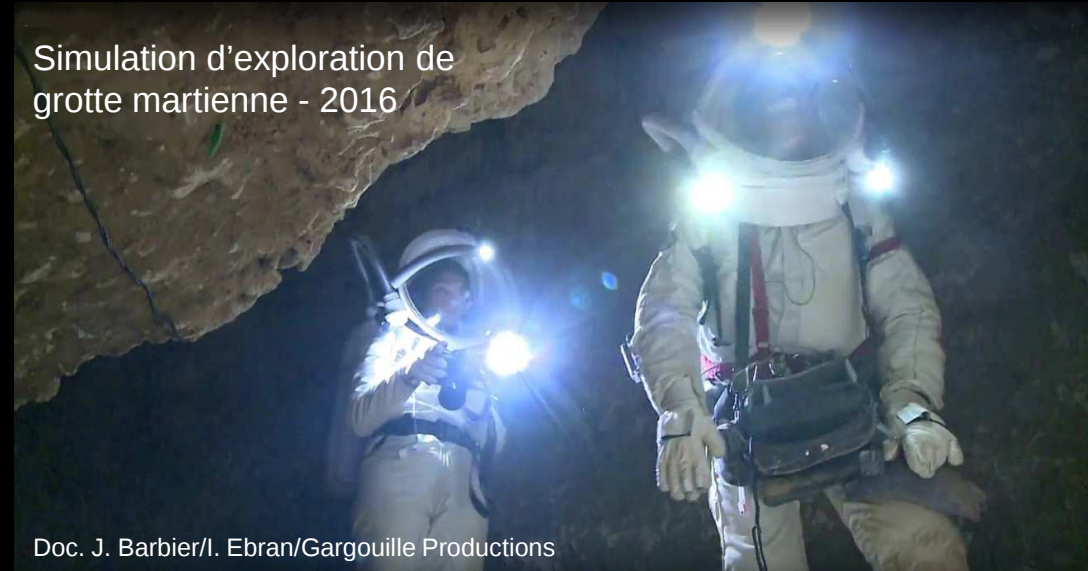


Docs. APM

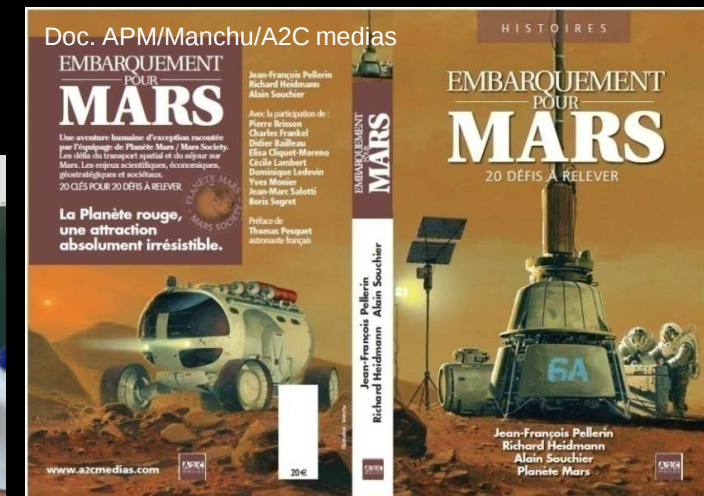


Démonstration de gravité artificielle à bord de l'Airbus Zéro G – Ecole Centrale de Lille - 2013

Simulation d'exploration de grotte martienne - 2016



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

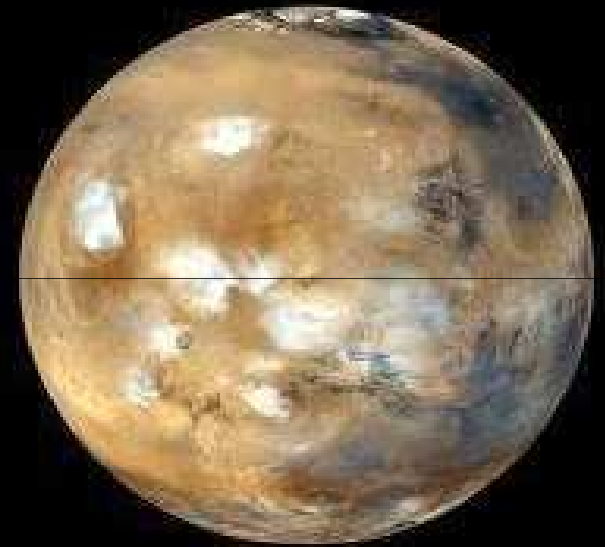


Dédicaces 25/6 avion des métiers

DEU

ète

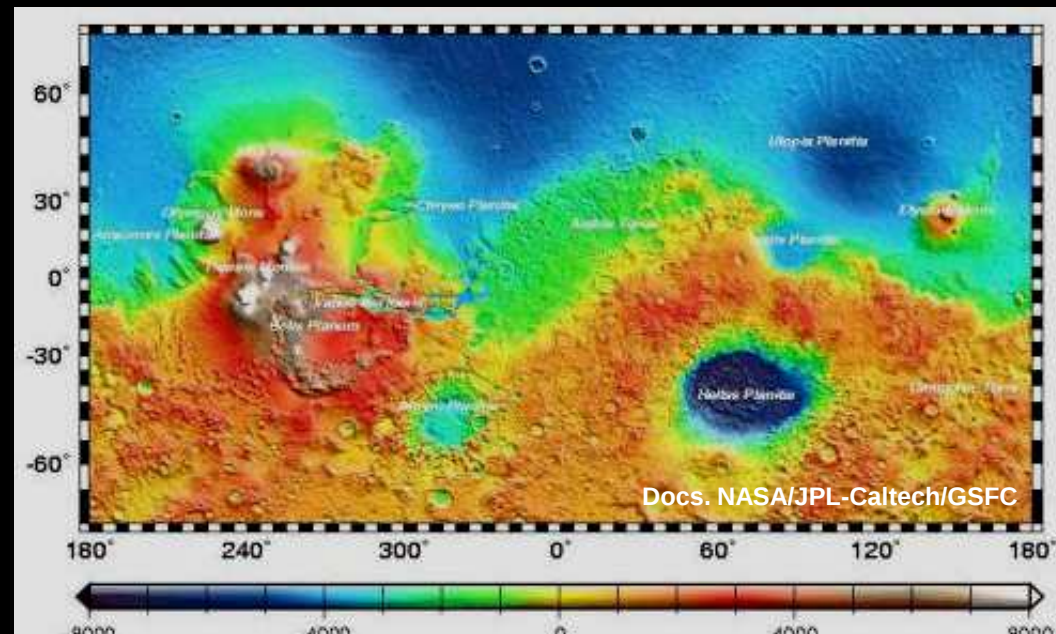
La planète océan



La planète désert

Une journée de 24h40mn

Mais un
ancien
océan ?



Docs. NASA

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

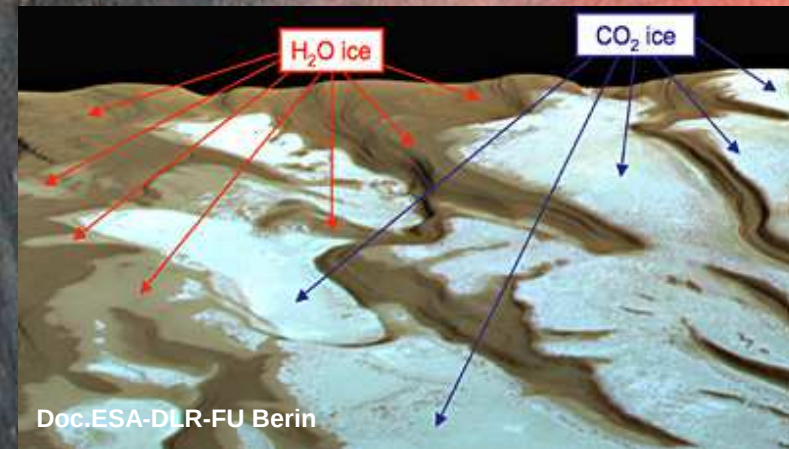
Et des grandes tempêtes de poussière

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



Docs. NASA/JPL-Caltech

Docs. NASA/JPL-Caltech/Univ. of
Arizona/Texas A&M University/APM

UNE PLANÈTE VOLCANIQUE

OLYMPUS MONS : 22 KM DE HAUT

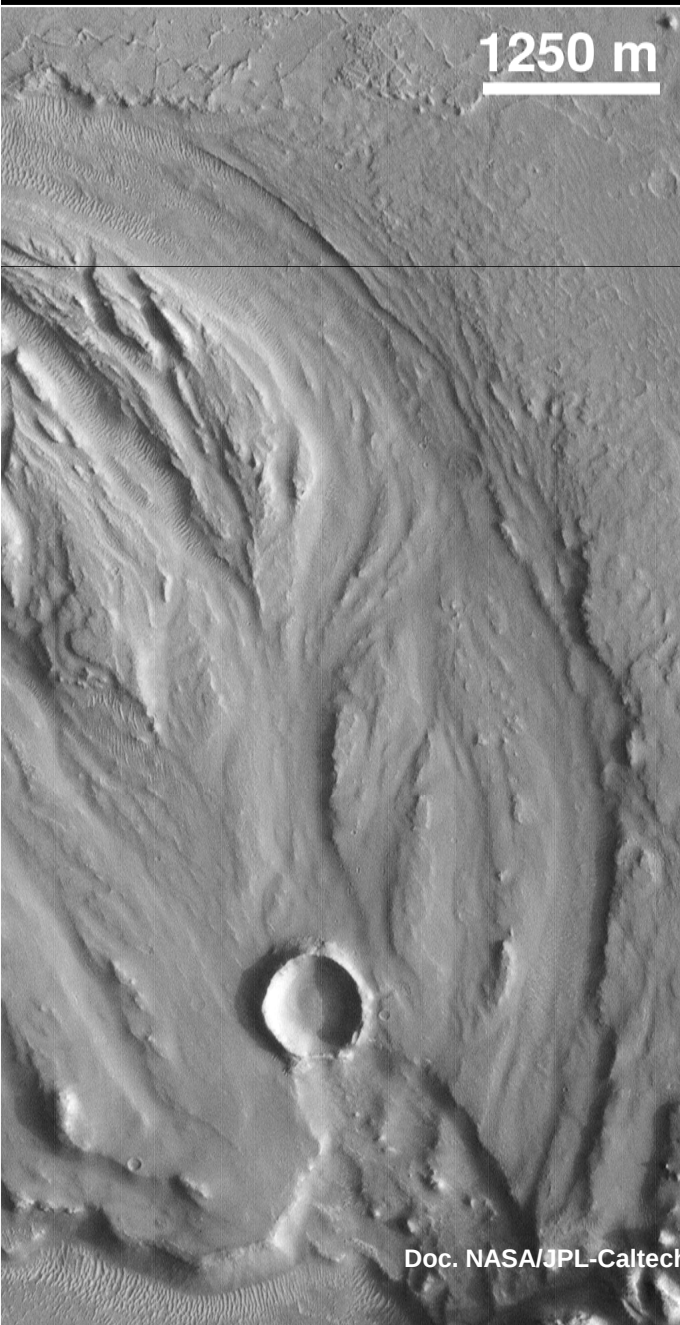
Doc. NASA/JPL-Caltech

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
chimi-
ques
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

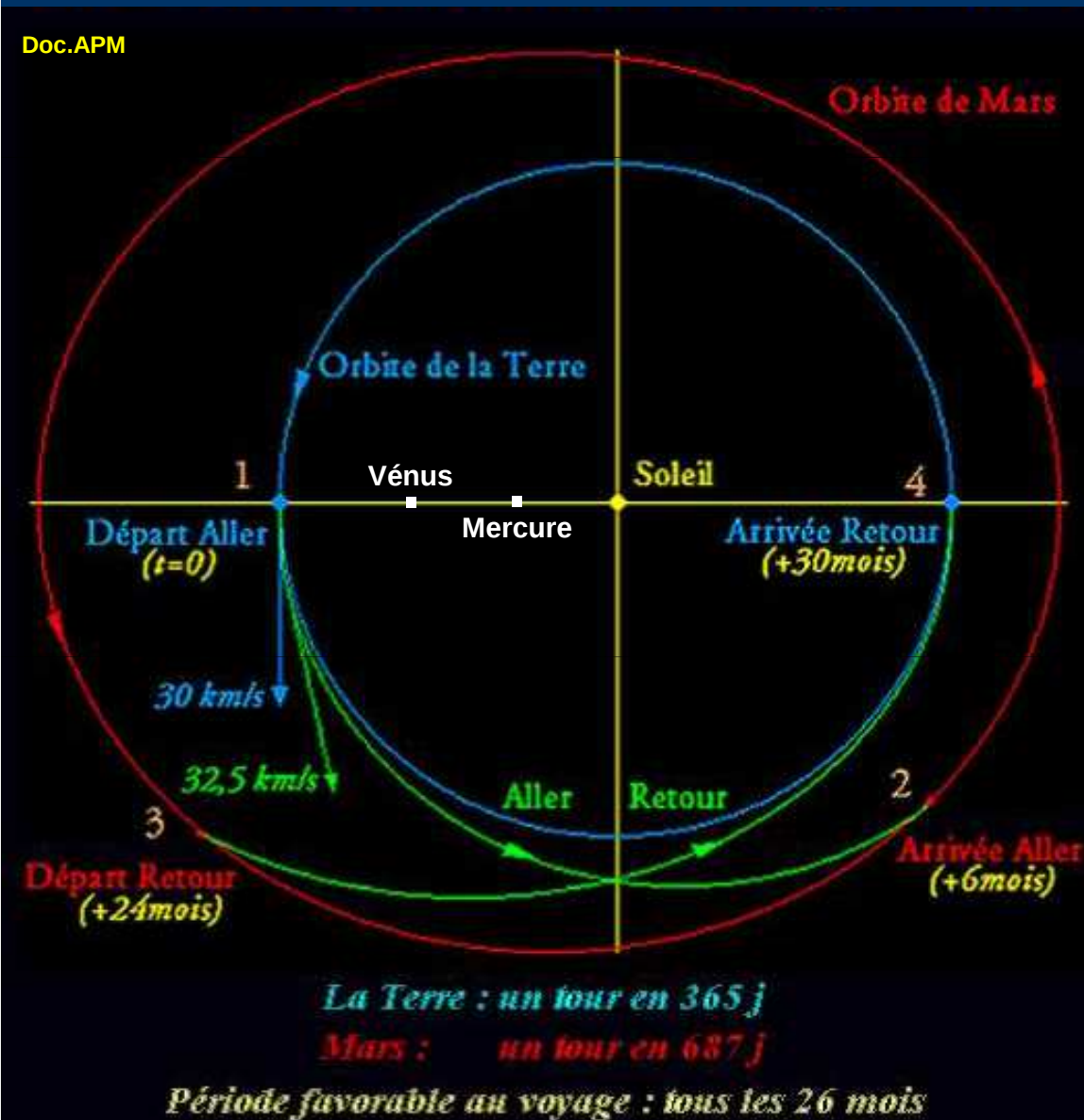
Delta V total pour différentes missions

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

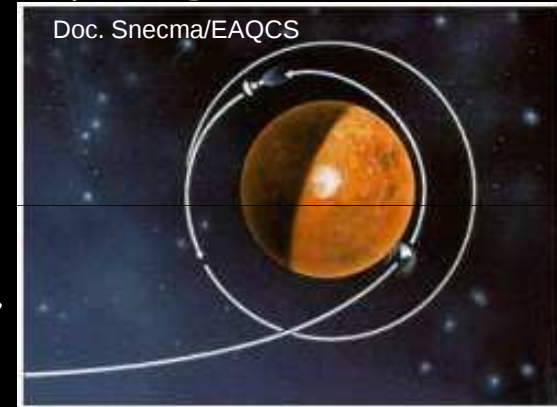
- Utilisation de l'atmosphère martienne aérofreinage

⇒ 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

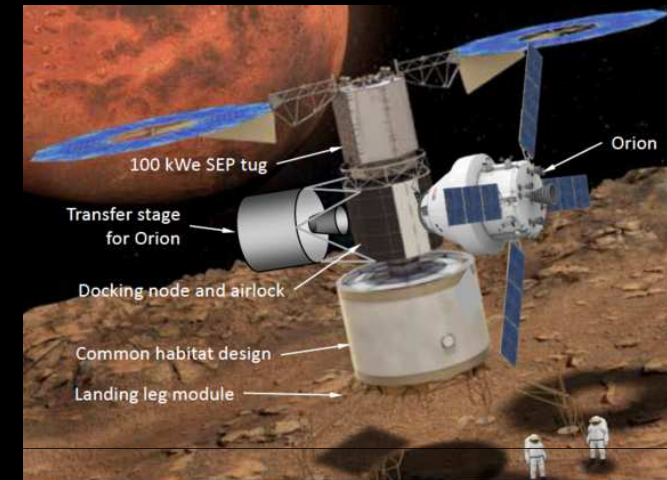
1^{er} vol 5 décembre 2014



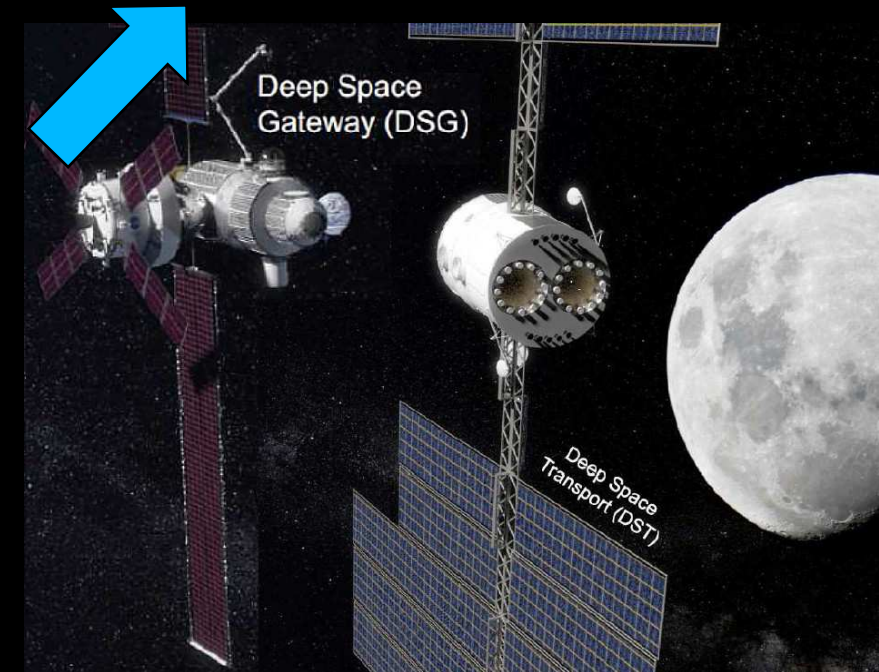
Un lanceur lourd
(80-130t) 2019

Docs. NASA

Et autour
de Mars
vers 2030



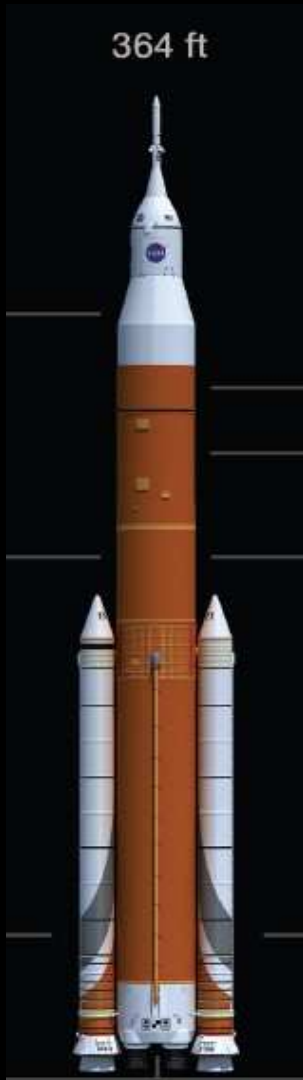
(2033 Phobos; 2037-39 court séjour; 2041- 43 long séjour)



- 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



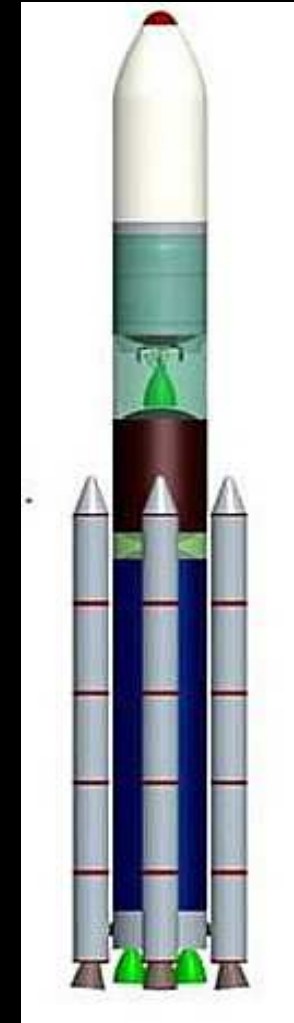
USA New Glenn
2020 ?
62/85 t

Doc. Blue Origin



Russie Angara A7
?
35 t

Doc. DR



Chine
?
100 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



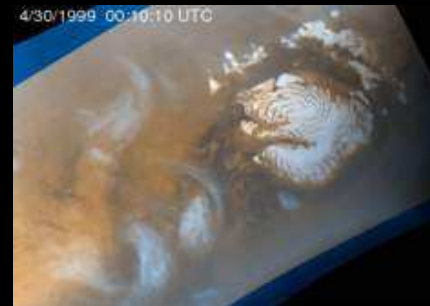
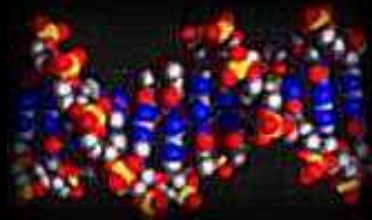
La dynamisation des sociétés, l'aventure, le rêve

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/

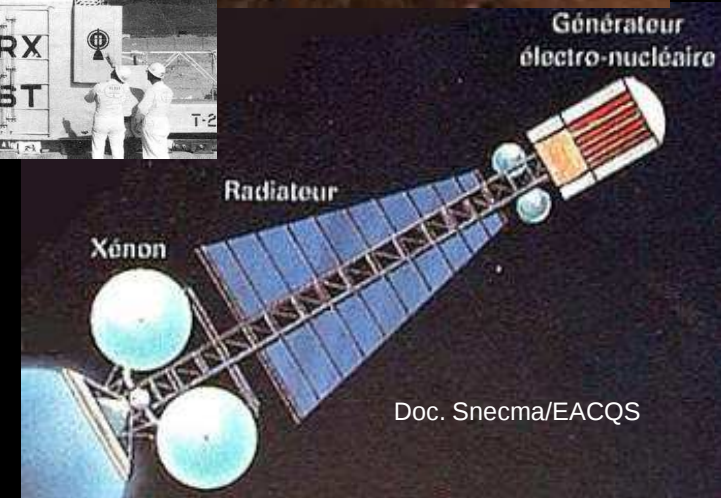


Doc. DR



Human Exploration of Mars
Design Reference Architecture 5.0

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



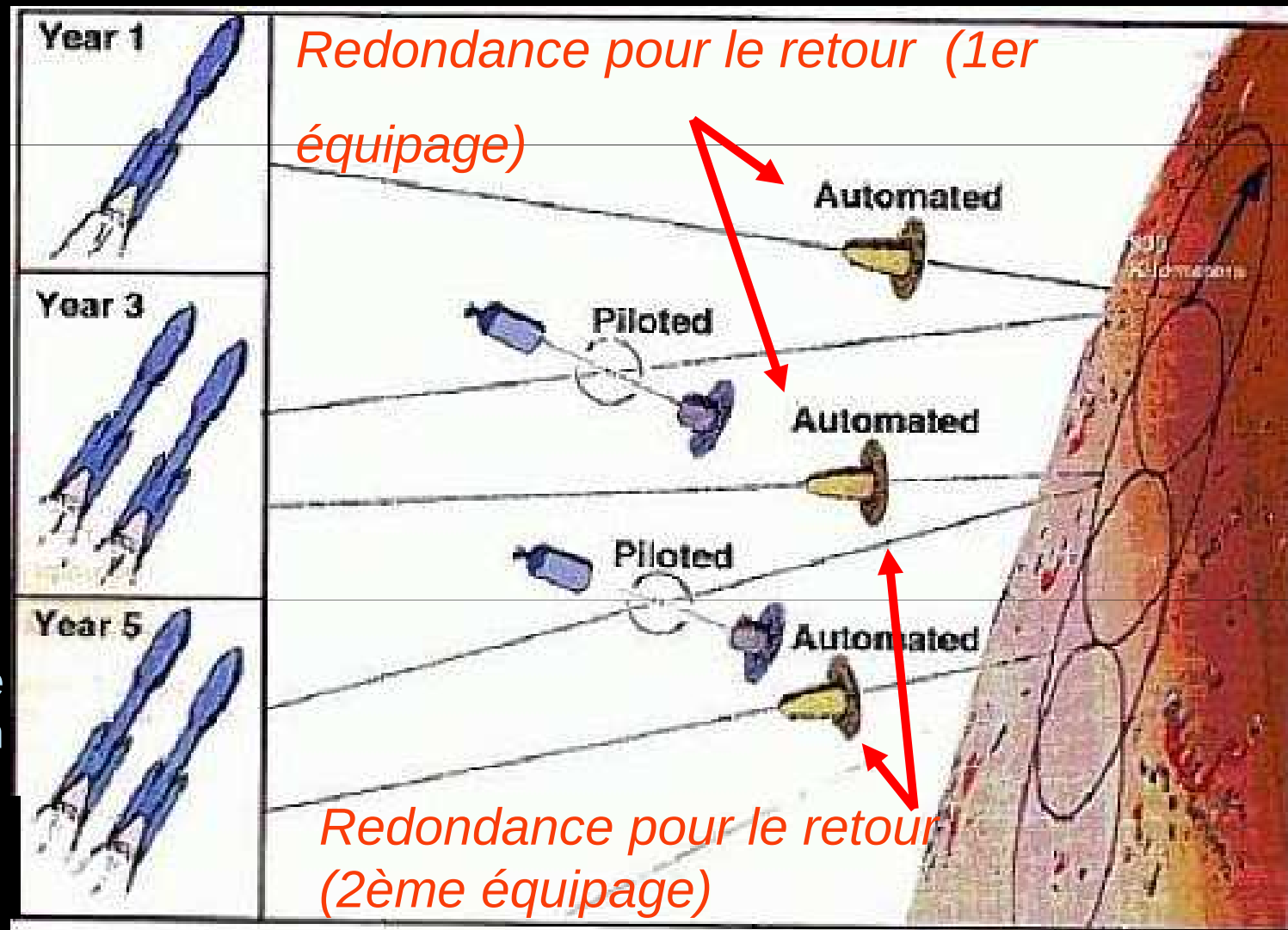
Doc. Snecma/EACQS

Mars Direct, mission 100% propulsion chimique

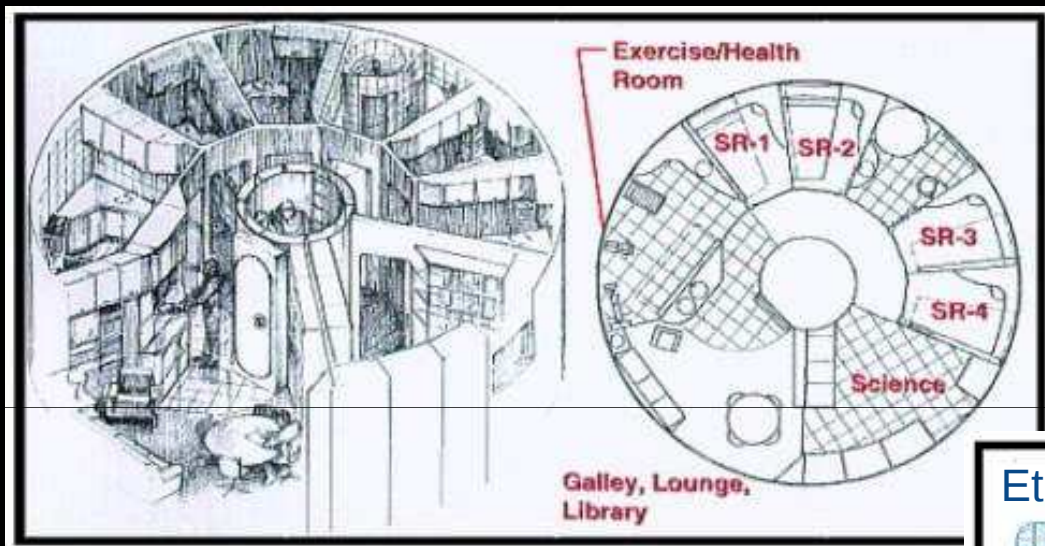
Caractéristiques

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)

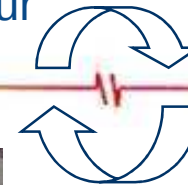


Docs. TMS

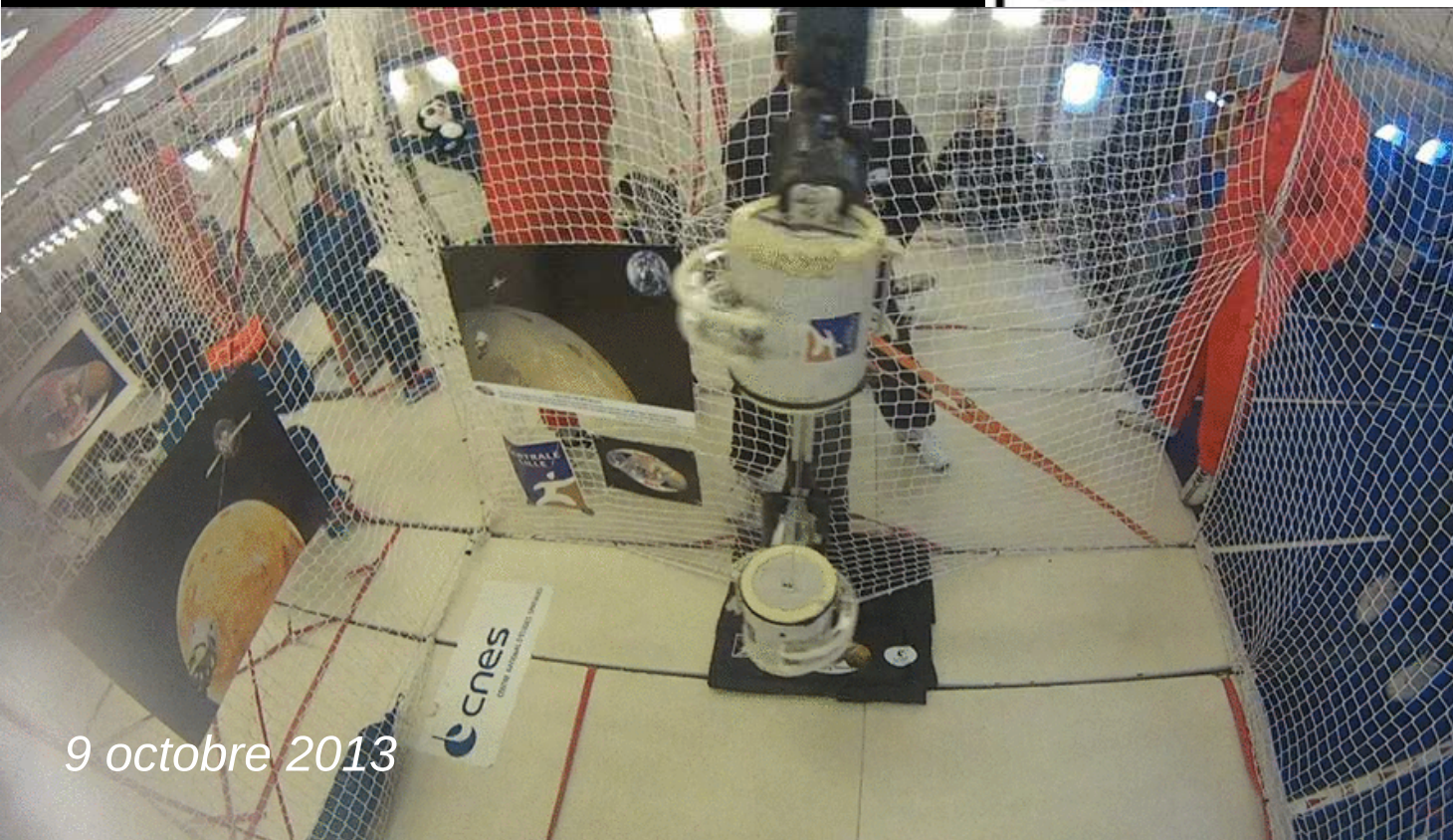
Les radiations et en particulier les éruptions solaires => refuge central abrité derrière 15 cm d'eau – dose totale de radiations sur 2,5 ans = 70 rem contre 100 à 400 rem autorisés sur une vie

Microgravité=> gravité artificielle par rotation

Etage supérieur lanceur



Habitat



9 octobre 2013

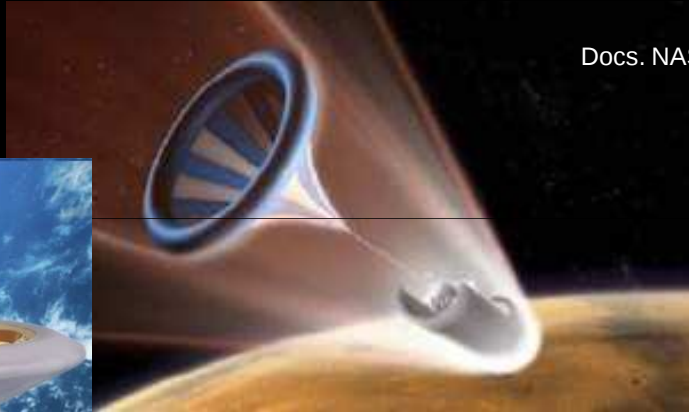
Comportement psychologique de l'équipage => processus de sélection à conduire sur des équipages et pas des individus

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

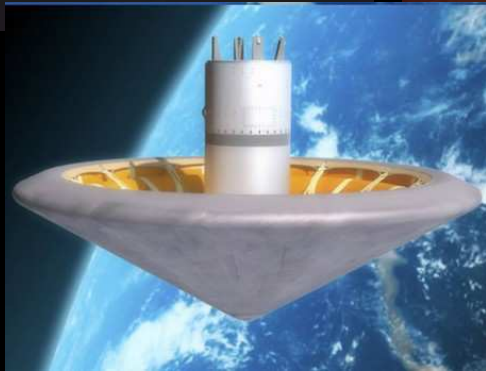
Doc. APM

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?*

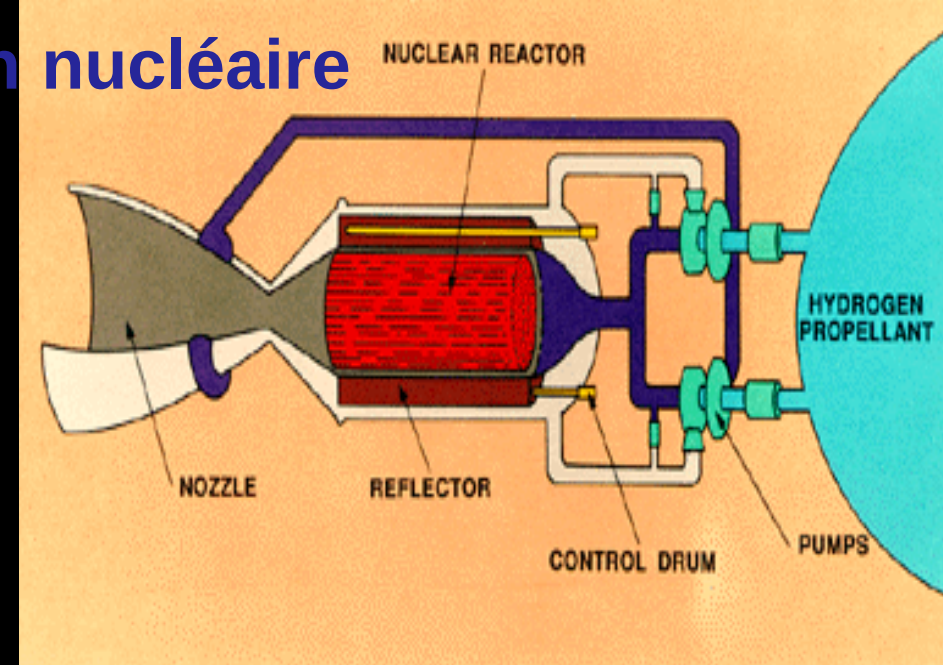
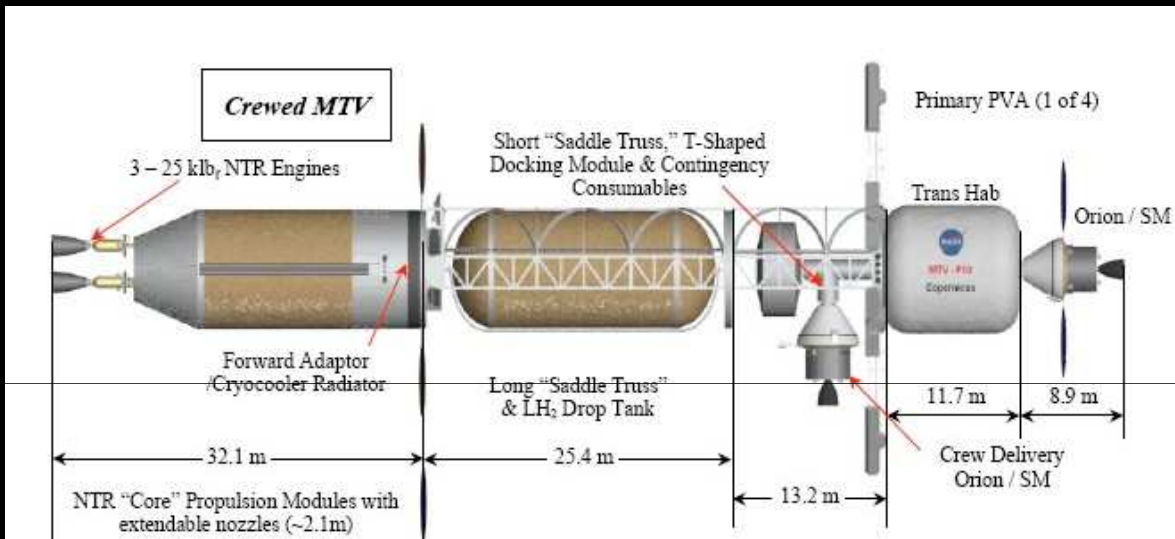


*Véhicule pressurisé pour
exploration longue
distance; tenue des
matériels à la poussière
(joints, des scaphandres en
particulier); effet de la
poussière sur les hommes;
contamination planétaire
(dans les 2 sens)*



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

La mission NASA DRA5 en propulsion nucléaire



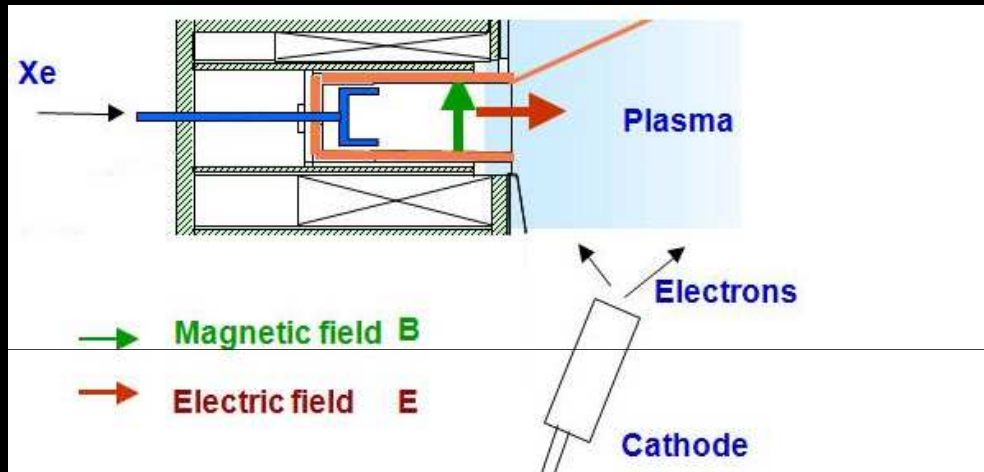
6 mois de voyage en micro-gravité aller (et 6 mois retour), l'orientation des panneaux solaire empêchant une mise en rotation pour gravité artificielle)

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

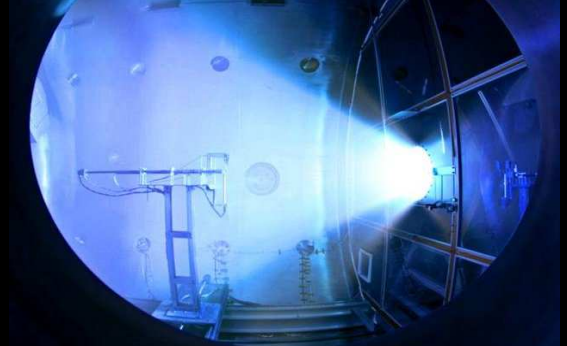
5 kW et 20 kW (1N) en Europe (Snecma)

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



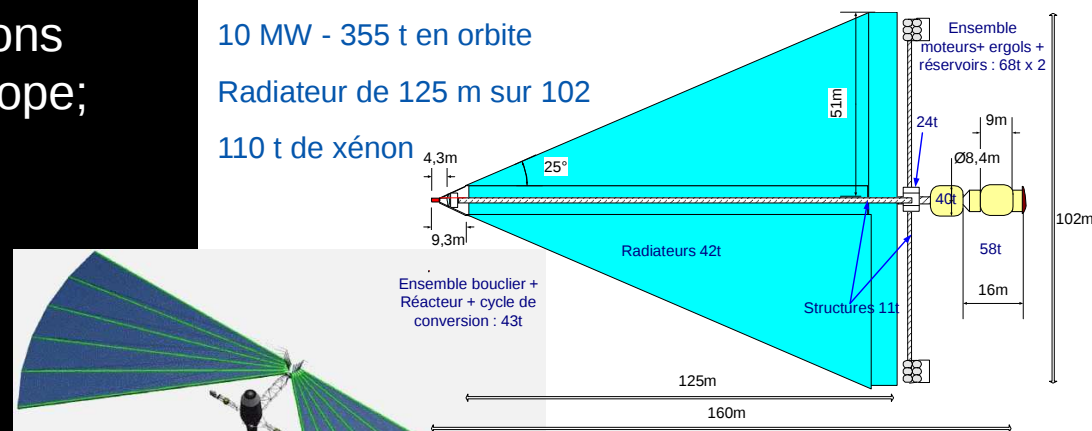
Docs. NASA

Doc. Snecma

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

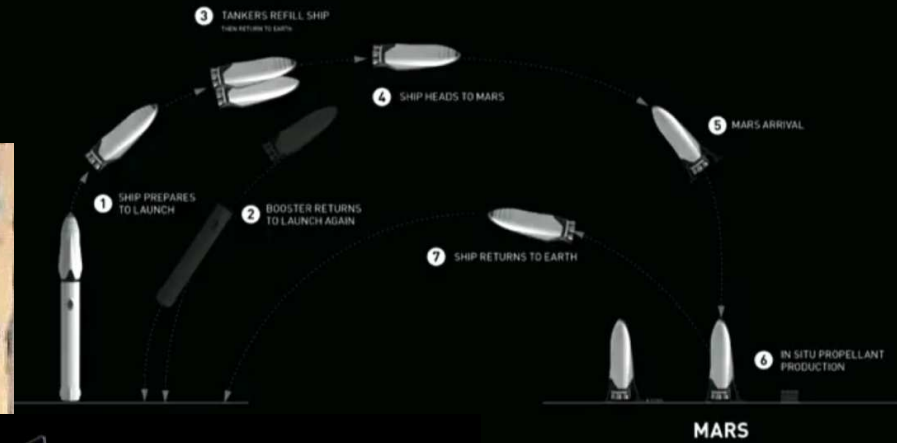
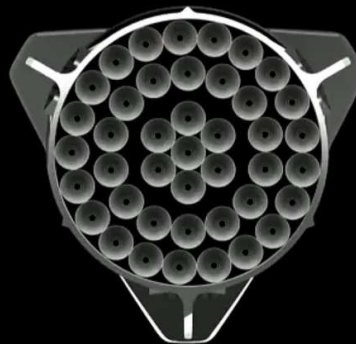
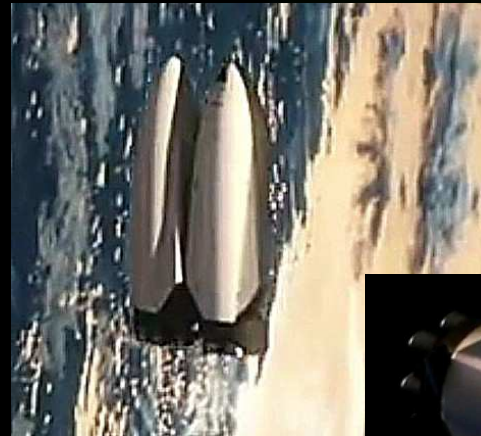
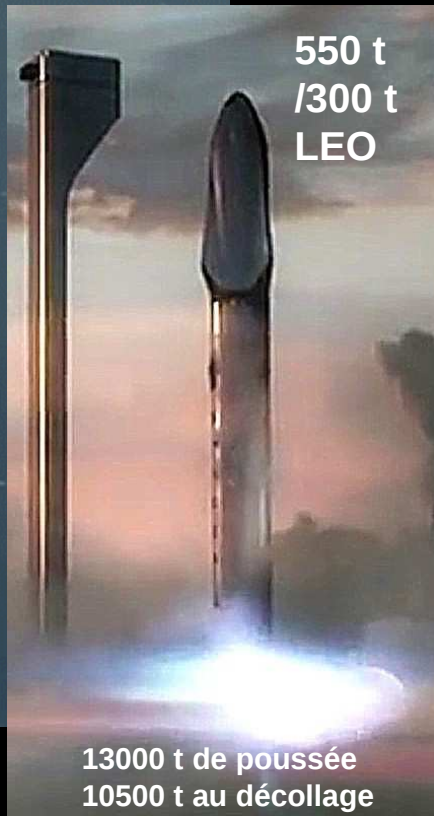
Bientôt (2020) Red Dragon sur Mars



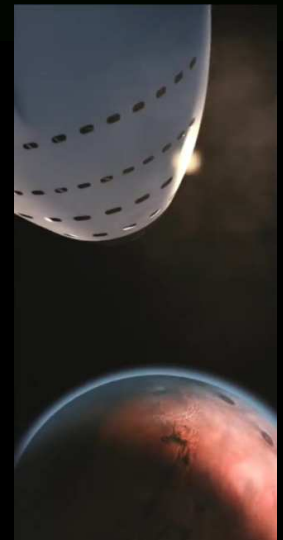
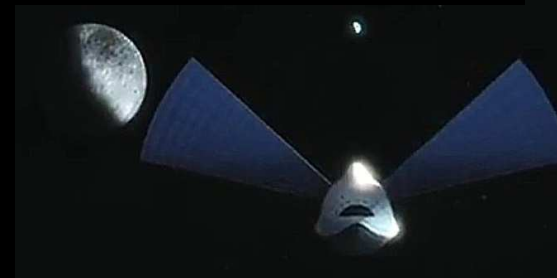
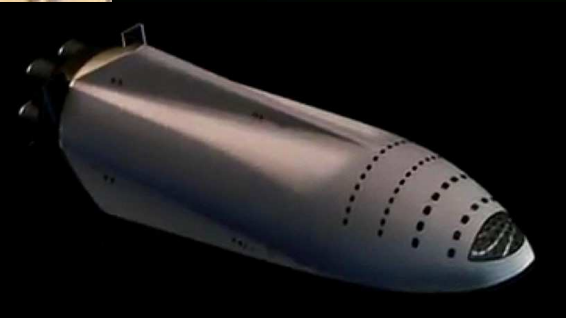
Powered flight through
Mars-relevant retropropulsion
regime



L'Interplanetary Transport System



TARGETED REUSE PER VEHICLE
1,000 uses per booster
100 per tanker
12 uses per ship



Quelles étapes futures ?



Exploration humaine initiale

Bases Scientifiques
Comme dans l'Antarctique

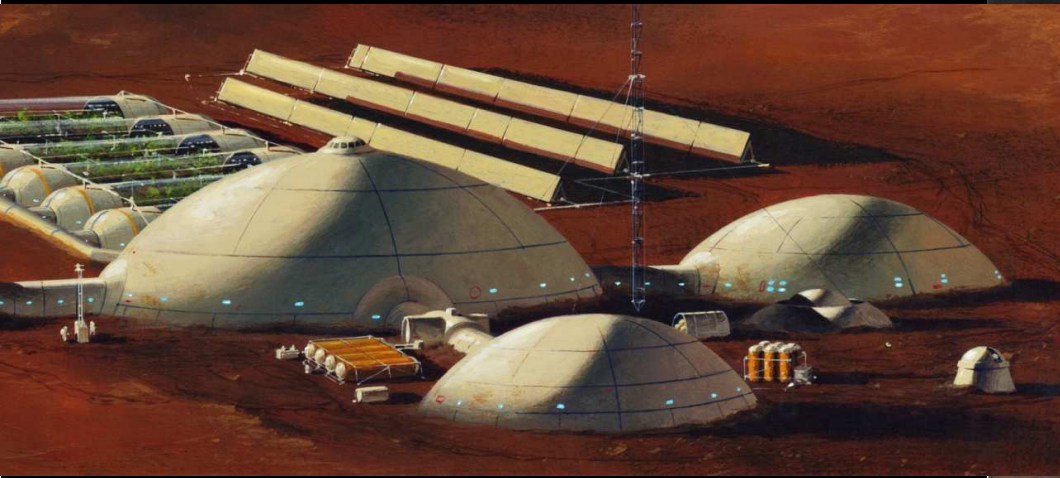


Colonie expérimentale



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

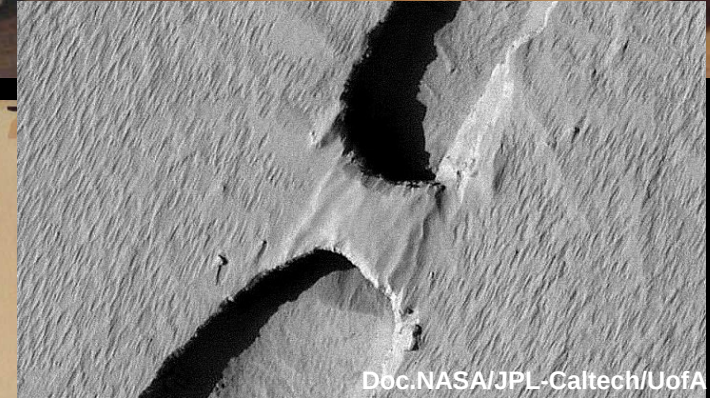
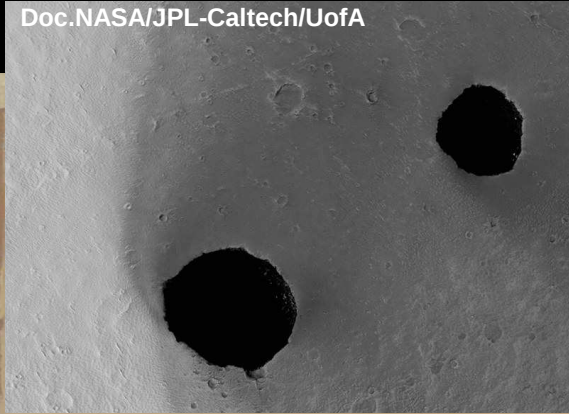
Bases martiennes



Doc.NASA/JPL-Caltech/UofA

Docs. Manchu/APM

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



Doc.NASA/JPL-Caltech/UofA



Les simulations sur Terre



Voir Youtube simulation de marche martienne à l'Euro Space Center



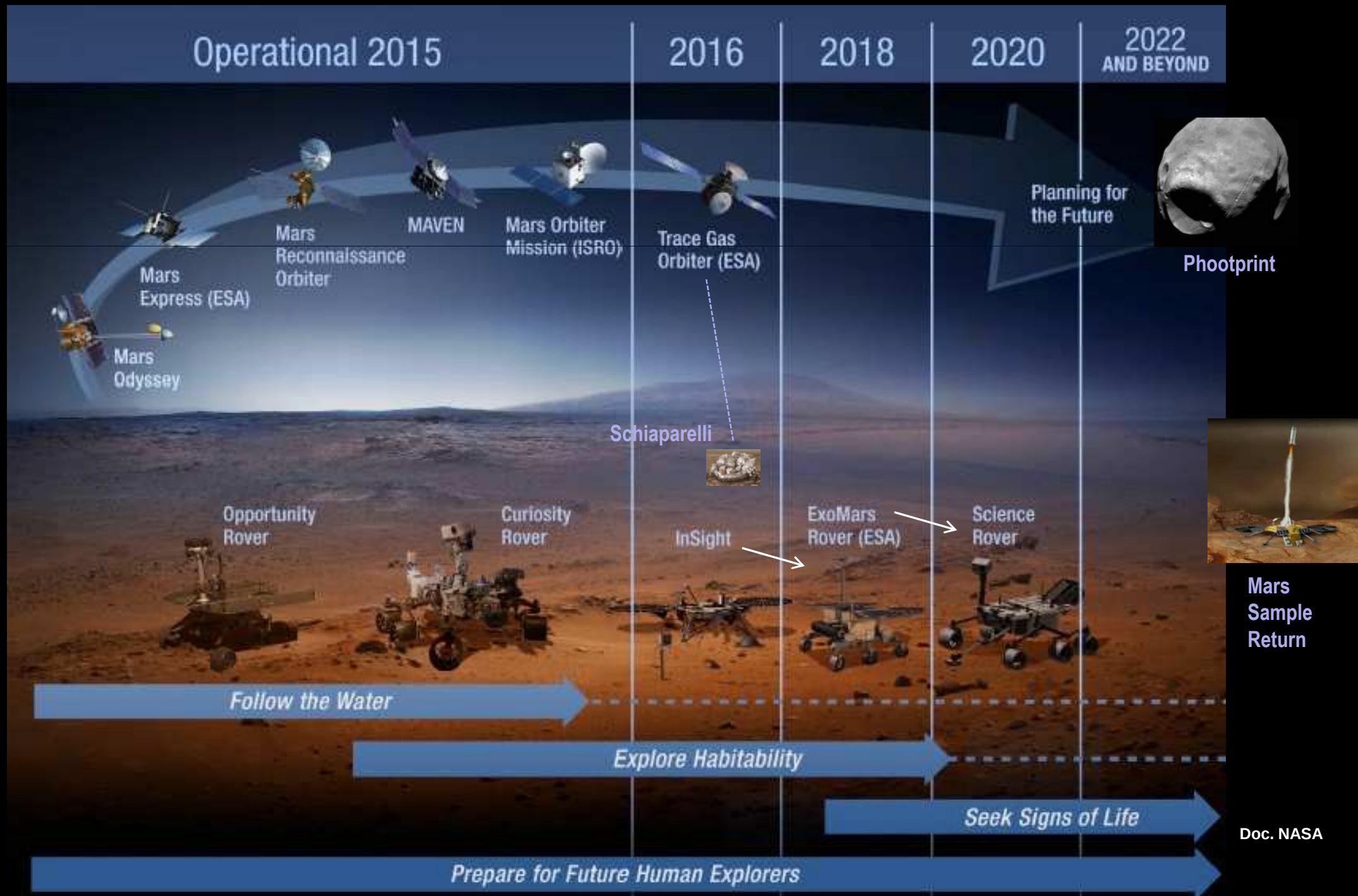
Voir youtube
simulation
d'exploration
martienne –
grotte des petites
Dalles



Conférence le 4 juillet 18h30 mairie du 15 ème



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

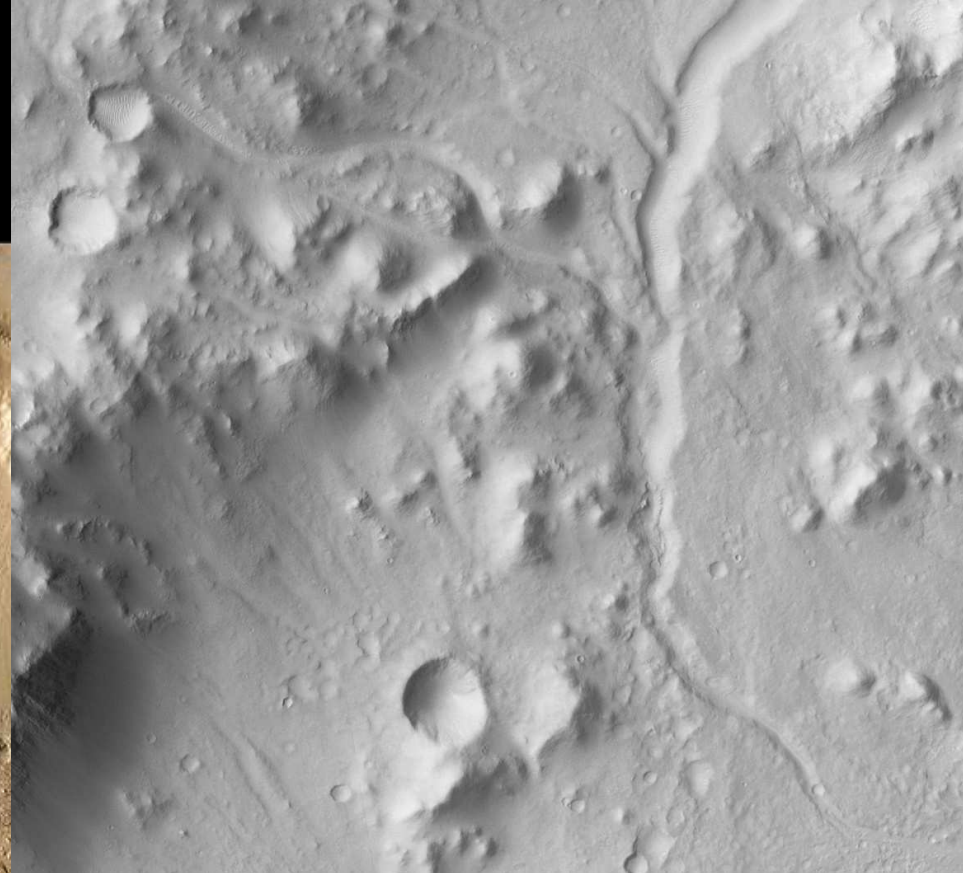
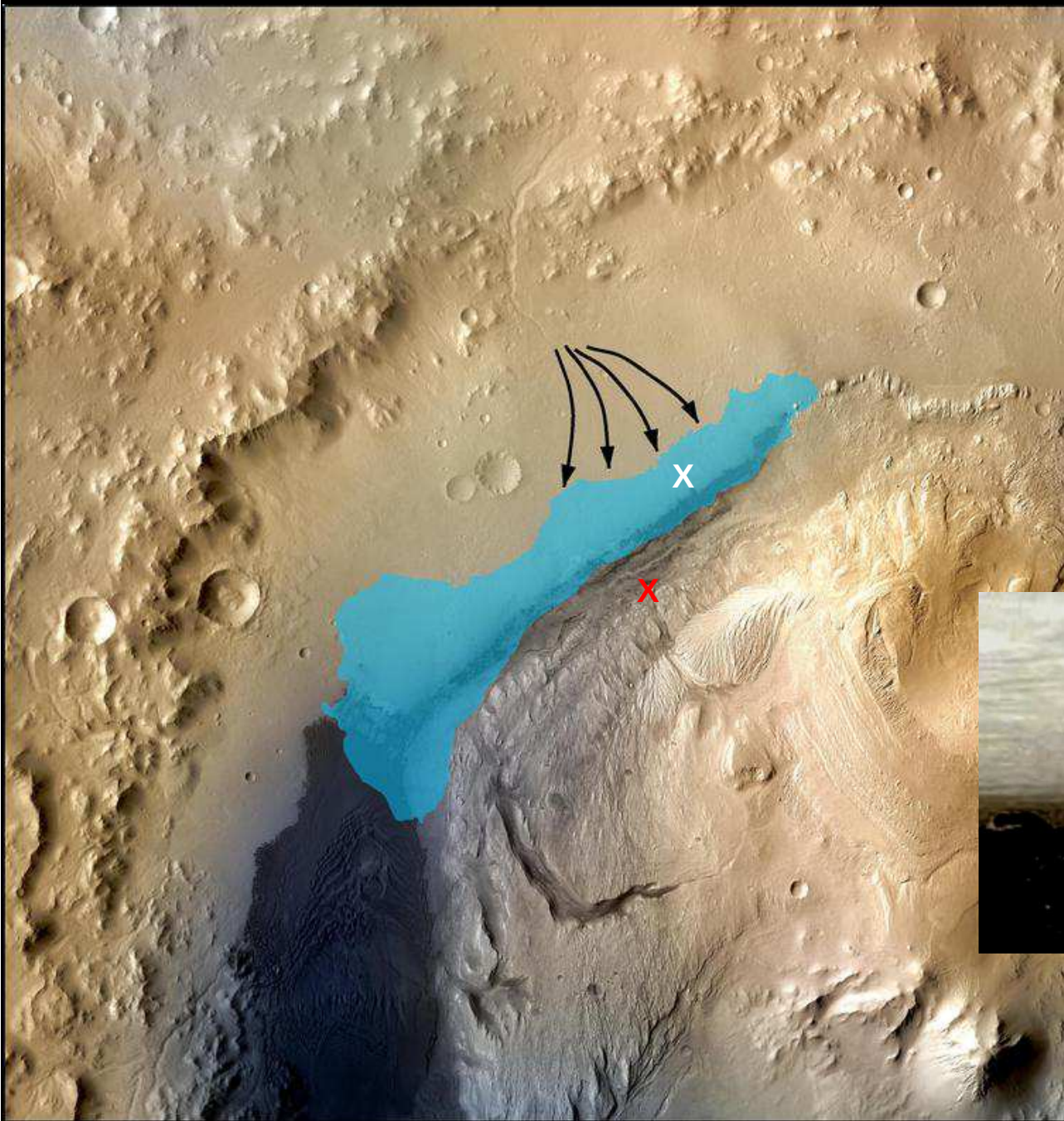
Doc. NASA/JPL-Caltech



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

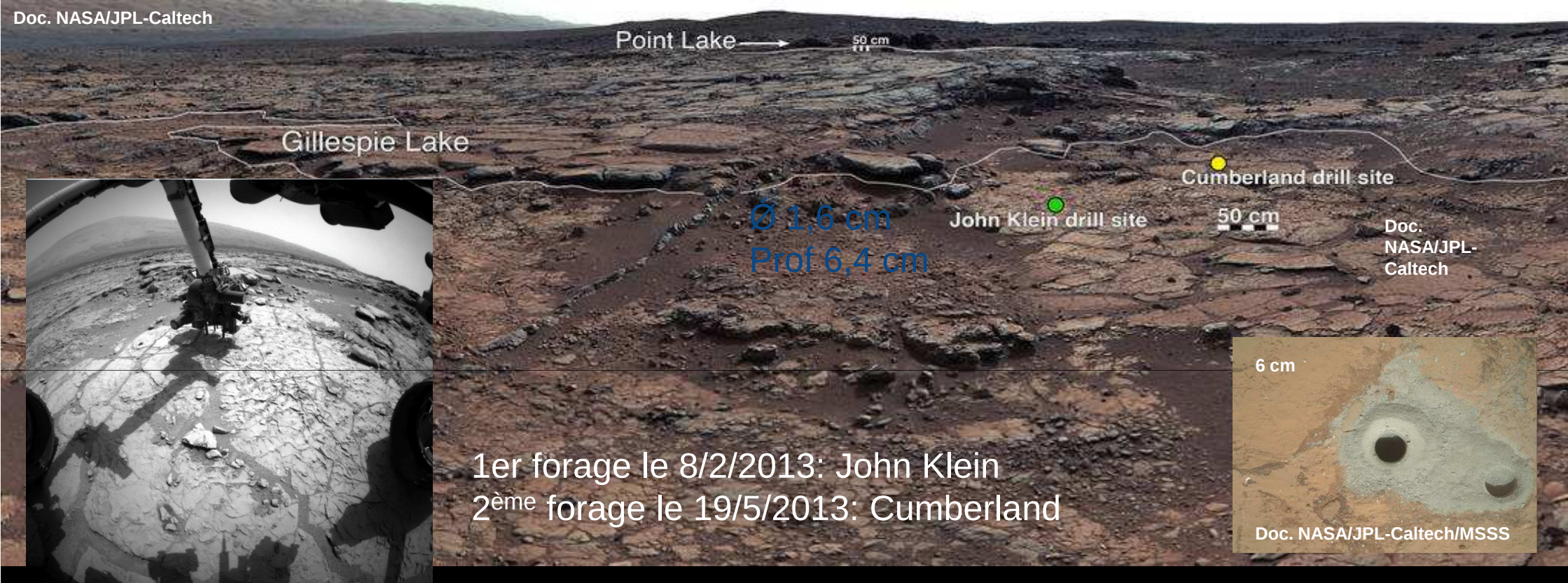
Terre



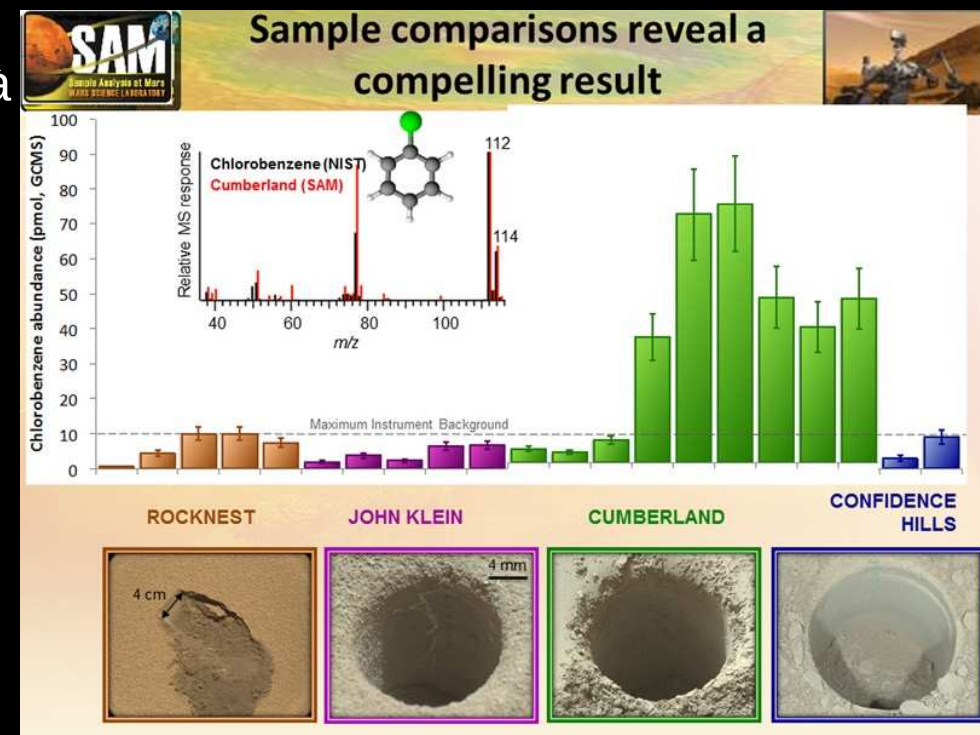
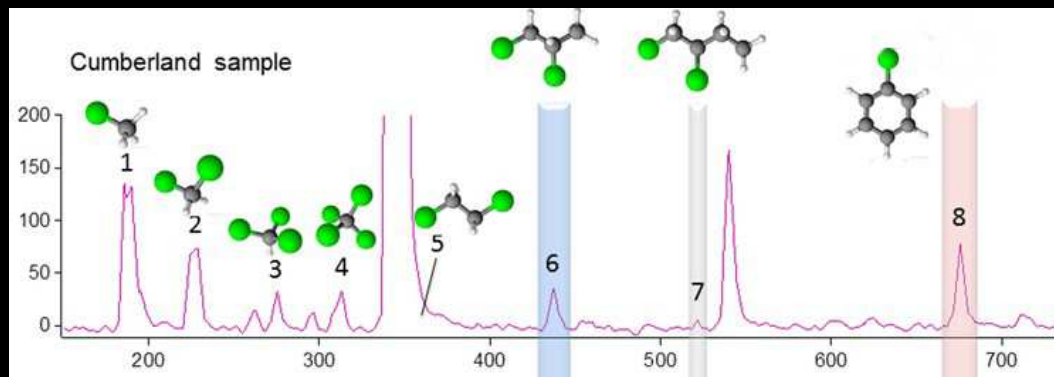
Plus tard Curiosity
a trouvé de beaux
alluvions de fond
de lac

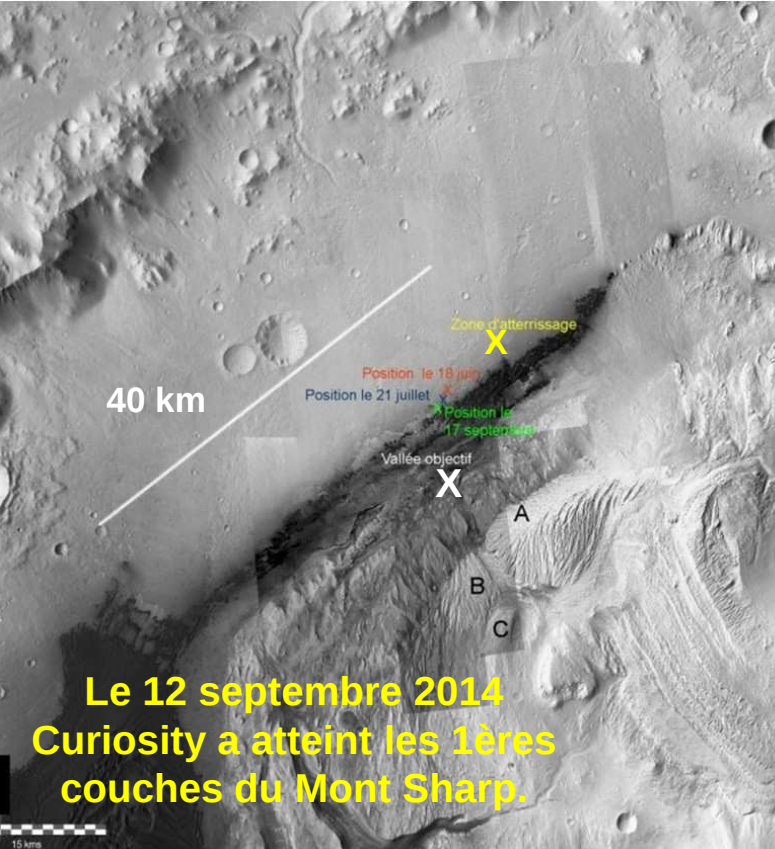


Petits galets noyés dans un ciment
naturel: une roche désignée
poudingue



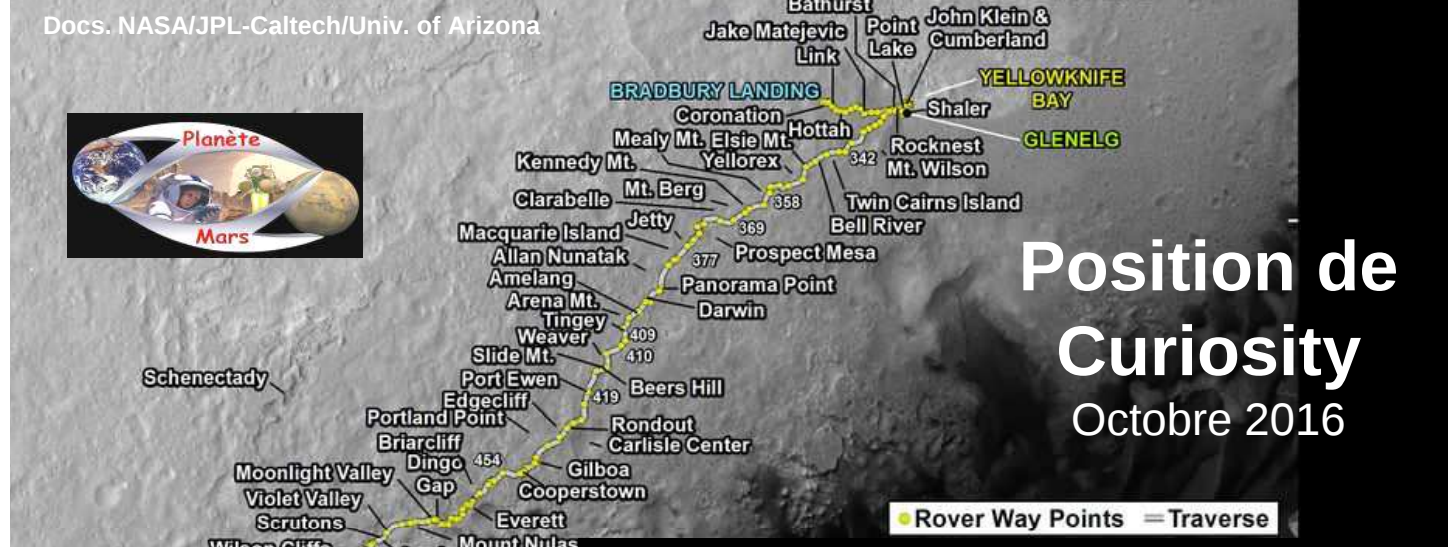
L'eau qui s'écoulait ici il y a 3,7 Mds d'année n'était **ni salée ni acide** donc propice à la vie. Argiles confirmés à John Klein (smectite) et Rocknest (phyllosilicates)
En décembre 2014 (!) annonce de **la découverte de molécules organiques** dans le forage Cumberland et de la détection de **bouffées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



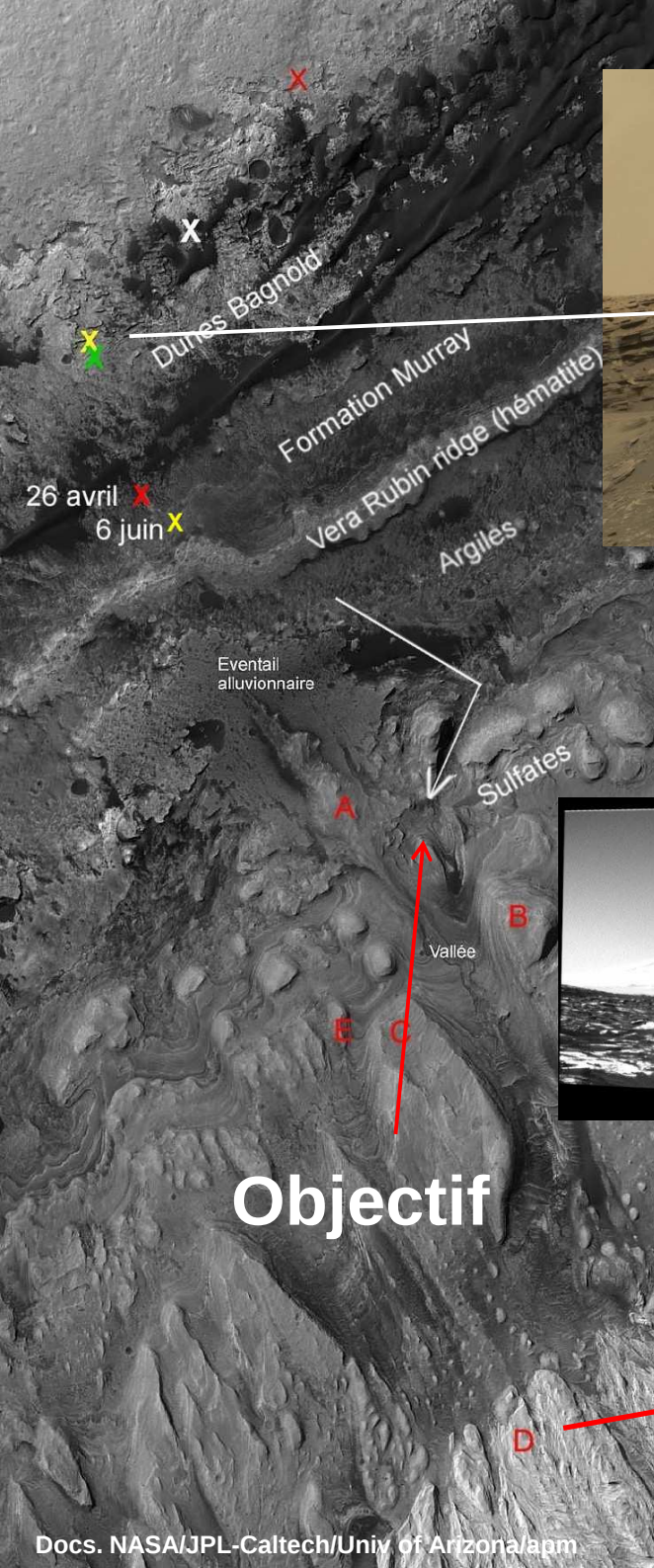
Position de
Curiosity
Octobre 2016

Docs. NASA/JPL-
Caltech/MSSS/APM



Position début octobre





Entre les mesas

Vera Rubin ridge



Objectif



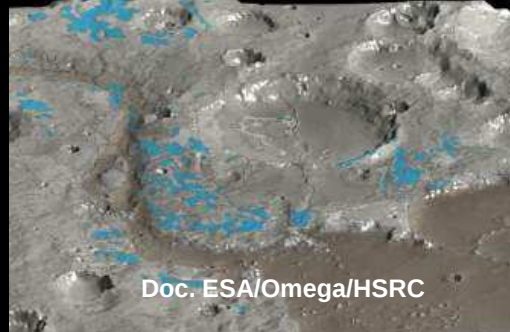
On trouve les images brutes de Curiosity sur: <http://mars.nasa.gov/multimedia/raw/>

Mars Express (Eu): 13 ans en orbite



Docs. ESA/DLR/FU Berlin

OMEGA permet l'analyse des sols

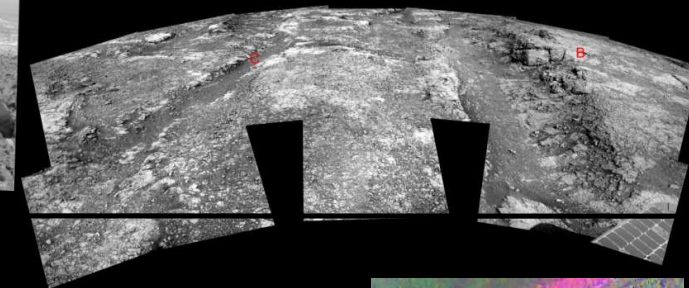
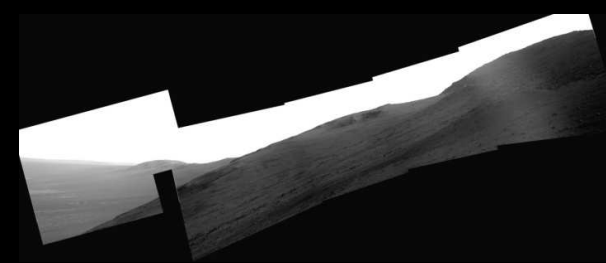


Doc. ESA/Omega/HSRC

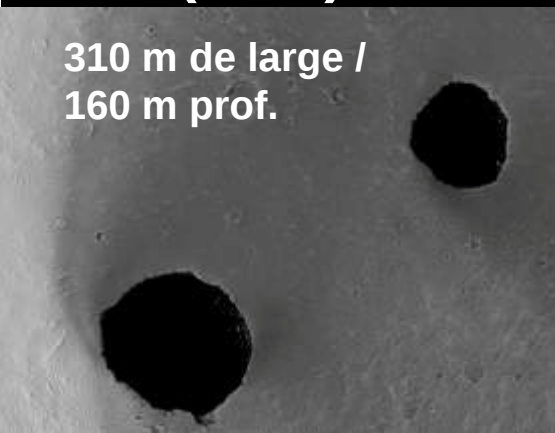
Opportunity (USA): 13 ans au sol



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



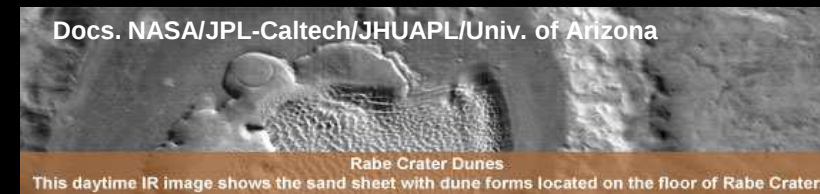
Pont résiduel sur
un tube de lave.

Mars Odyssey (USA): 15 ans en orbite



Themis:
minéralogie

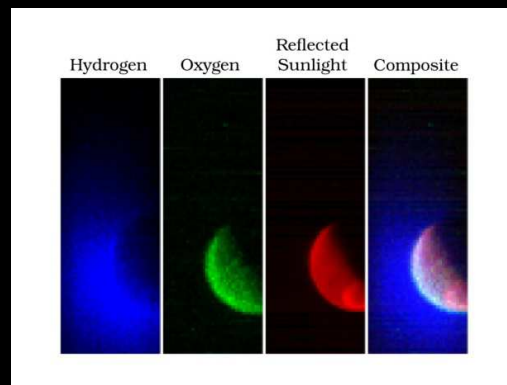
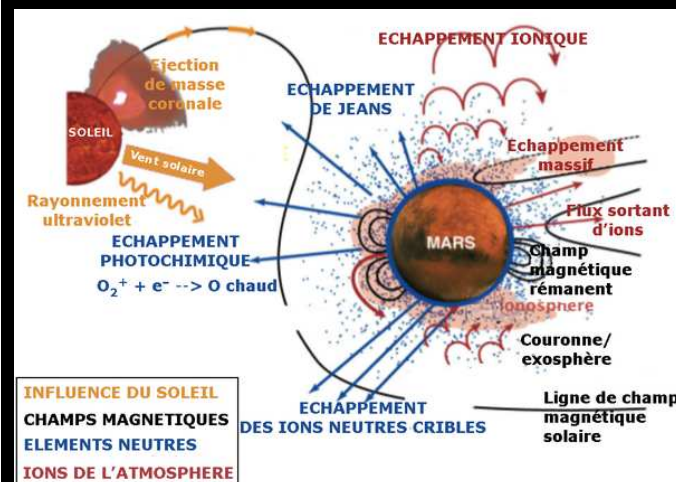
Docs. NASA/JPL-Caltech/JHUAPL/Univ. of Arizona



Rabe Crater Dunes

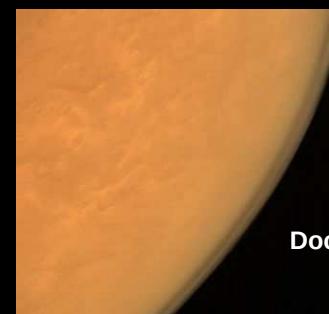
This daytime IR image shows the sand sheet with dune forms located on the floor of Rabe Crater.

Maven (USA): 2 ans en orbite



Doc. NASA/Goddard
Spaceflight Center

Mangalyaan (Inde): 2 ans en orbite



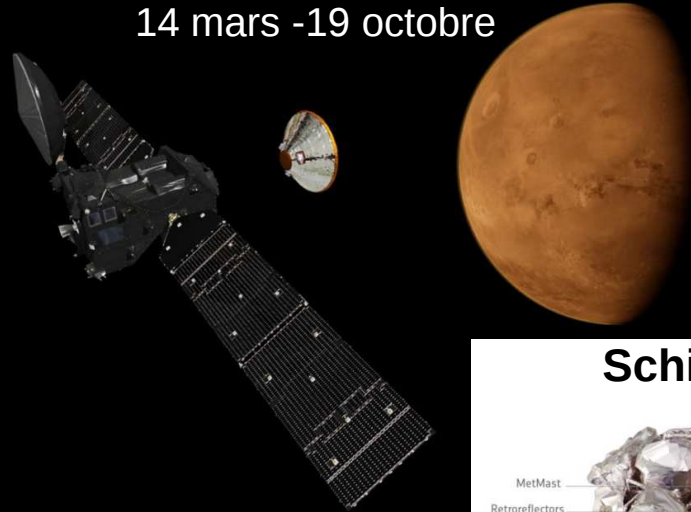
Docs. ISRO



ExoMars: des missions russo-européennes vers Mars

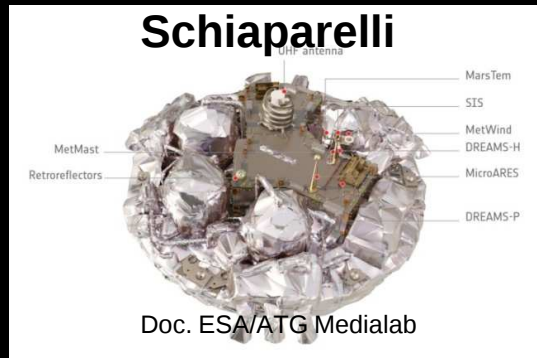
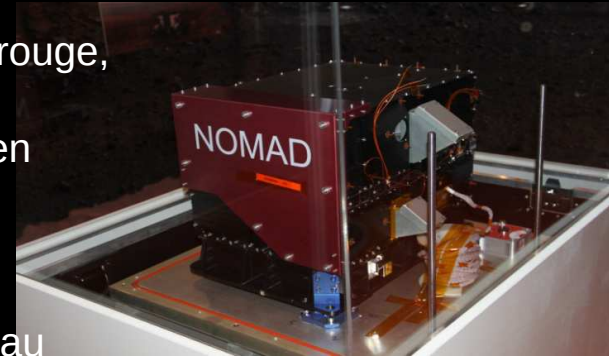
-TGO/Schiaparelli

14 mars -19 octobre

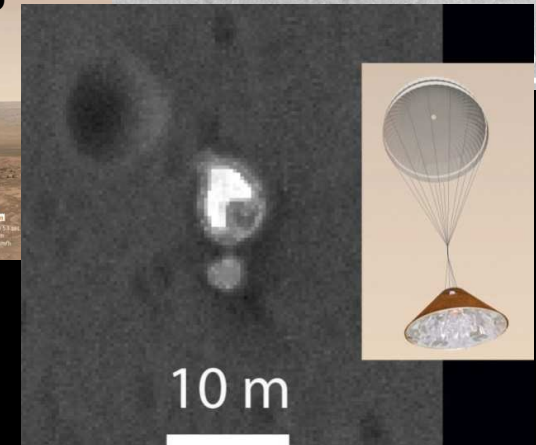
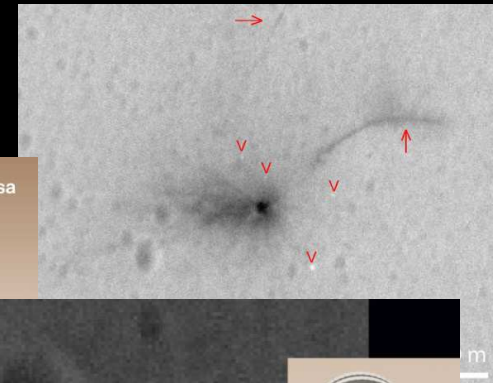


Doc. ESA/ATG Medialab

- 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

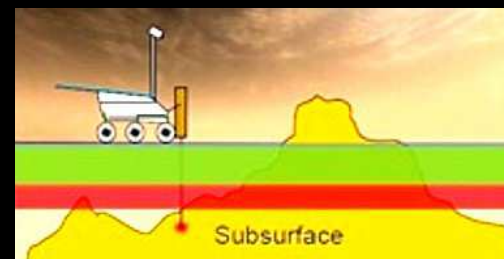


-Le rover ExoMars 2020



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

Au 20ème siècle nous sommes devenus des terriens

...

Au 21ème siècle nous deviendrons des solariens

L'homme une espèce multi planétaire ?



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