

Les 70 ans du CFMS
4 octobre 2018

La mécanique des sols... martiens ! Pierre Delage



Comité Français
de Mécanique des Sols
et de Géotechnique

**FÊTONS ENSEMBLE LES 70 ANS DU CFMS
LE 4 OCTOBRE 2018 À PARIS !**



InSight

1948 - 2018
70 ans!
octobre 2018

Répondre Répondre à tous Transférer Archiver Indésirable
Supprimer Autres
07/06/2012 09:57

07/06/2012

Philippe Lognonné

Mesure des vitesses S et P pour une mission martienne

De Philippe Lognonné
Su et Mesures des vitesses S et P pour une mission martienne
Pour delage@cermes.enpc.fr <delage@cermes.enpc.fr>

Cher collègue,

Je vous contacte suite à un conseil de Mme Zamora.
Dans le cadre d'un projet géophysique visant à déployer un sismomètre sur Mars en 2016, nous avons besoin de mesurer les vitesses sismiques d'analogues martiens.

... martiens

des Ponts ParisTech
Navier/CERMES



[Annuaire](#)[Accès](#)[Contacts](#)[Intranet](#)[Webmail](#)[En](#)[Fr](#)

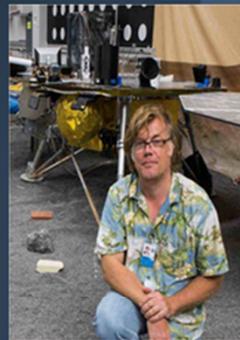
INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE DE PARIS

Terre - Planètes - Environnement - Risques naturels

[INSTITUT](#) | [RECHERCHE](#) | [OBSERVATION](#) | [FORMATION](#) | [NOTRE TERRE](#)

ÉQUIPES DE RECHERCHE

Planétologie et sciences spatiales

[Accueil](#)[Membres de l'équipe](#)[Thèmes de recherche](#)[Projets](#)[Équipement](#)[Logiciels et base de données](#)[Thèses](#)[Publications](#)[Séminaires](#)[Contacts](#)

Philippe Lognonné

Planétologie et sciences spatiales

01 57 27 53 05

lognonne@ipgp.fr

Université Paris Diderot - Institut de Physique du Globe de Paris - 35 rue
Hélène Brion - Case 7071, Lamarck A - 75205 Paris Cedex 13, France

Professeur en Géophysique et Planétologie, Université Paris Diderot et Institut Universitaire de France

Responsable de l'Equipe Planétologie et Sciences Spatiales de l'Institut de Physique du Globe de Paris

Sujets de recherche:

- Sismologie planétaire (Structure interne de Mars et de la Lune, Processus d'impacts, ré-analyse des données Apollo)



National Aeronautics and
Space Administration

InSight

Home

Mission

News & Features

Science



InSight launch seen from Mt. Figueras, 80 second exposure
Copyright: Simon Stähler, ETH Zürich, staehler@erdw.ethz.ch

InSight

Jet Propulsion Laboratory

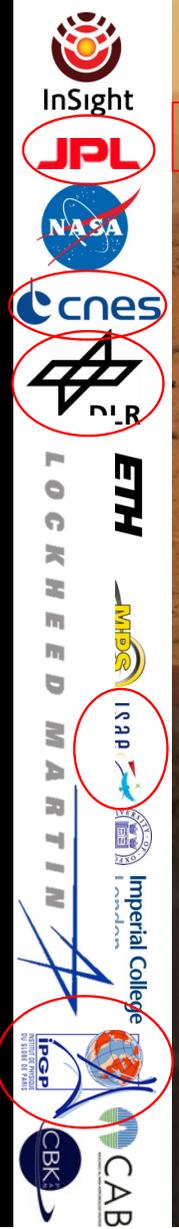
Centre national
d'études spatiales

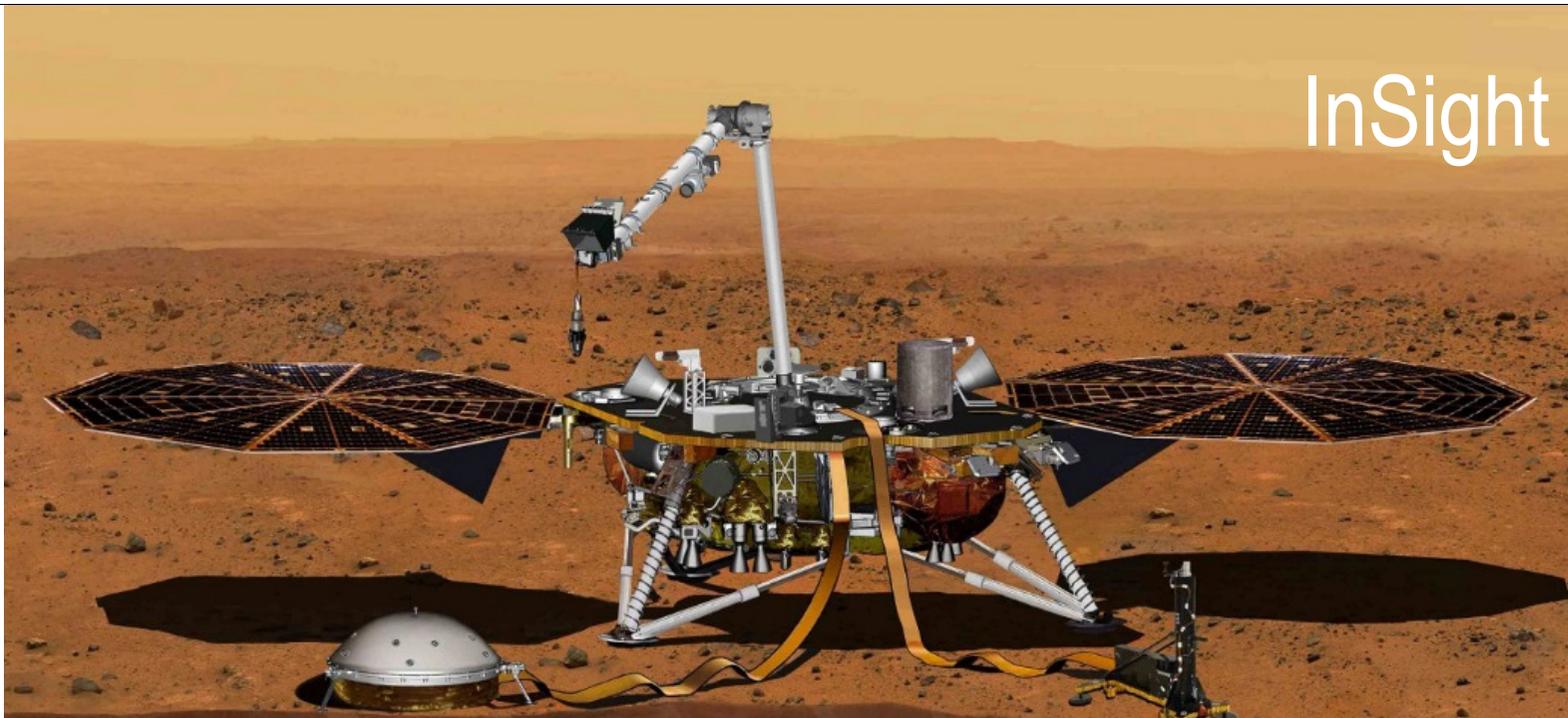
Deutsches Zentrum für
Luft- und Raumfahrt

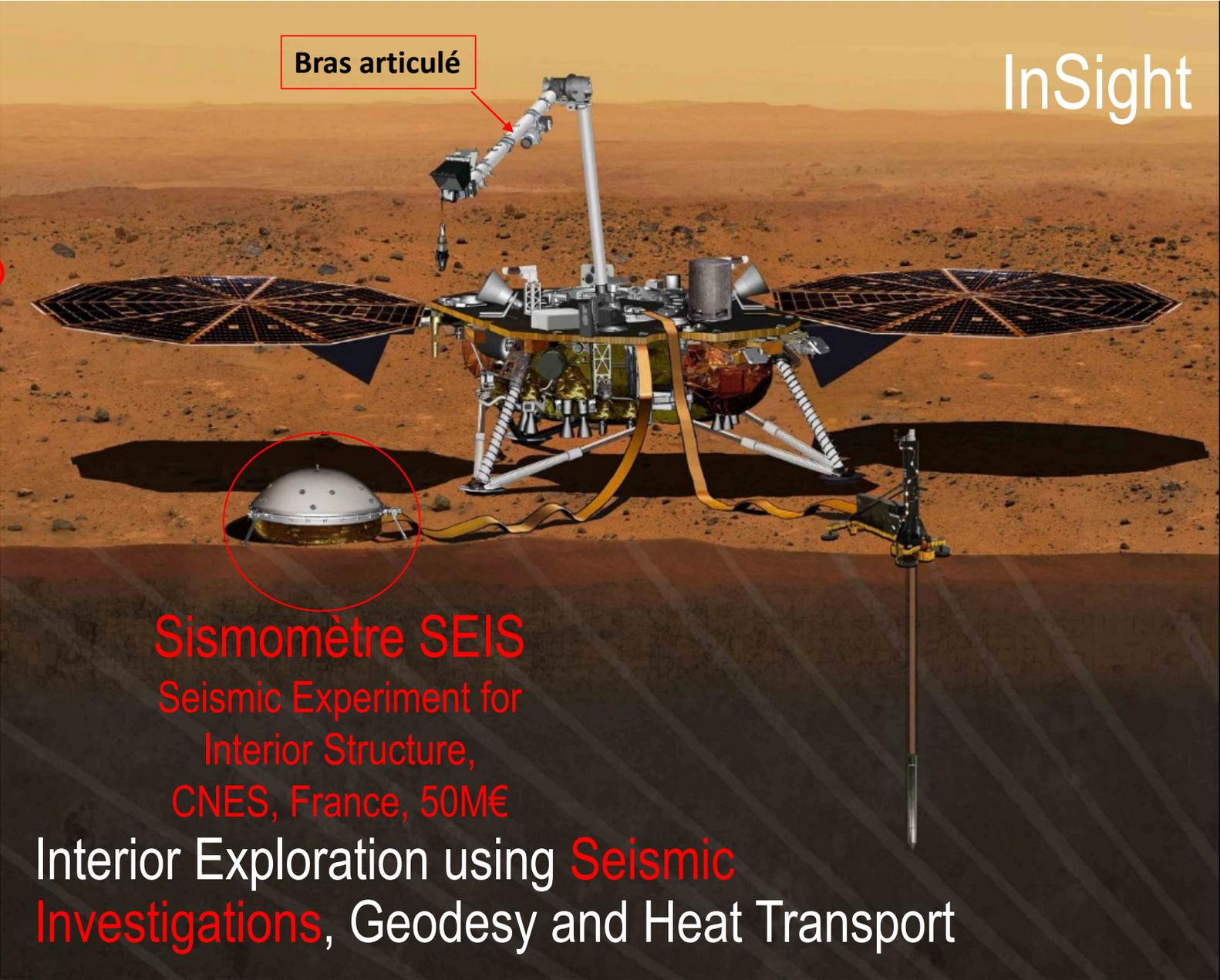
Supaero Toulouse

IPGP Paris

Interior Exploration using Seismic
Investigations, Geodesy and Heat Transport





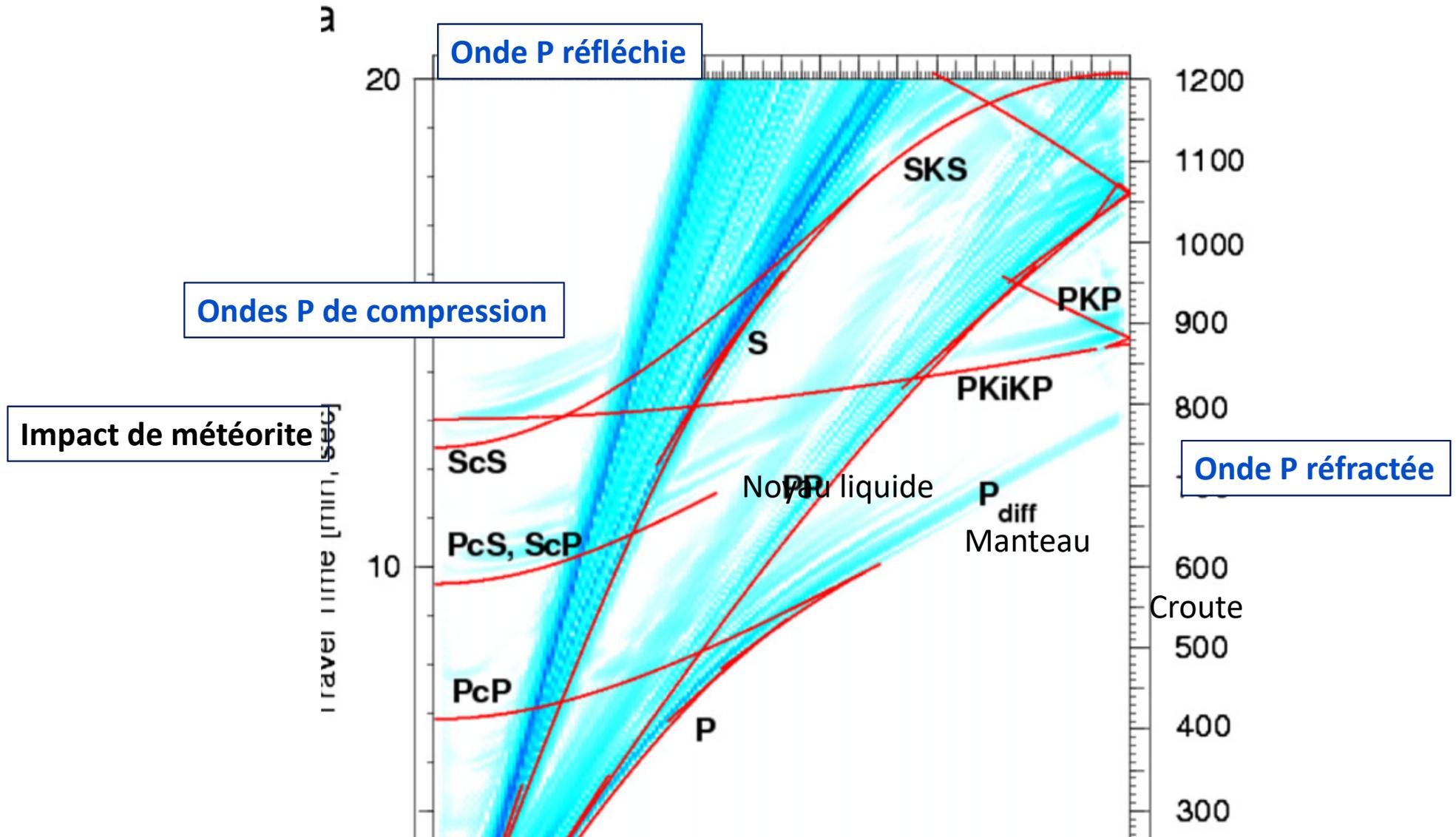


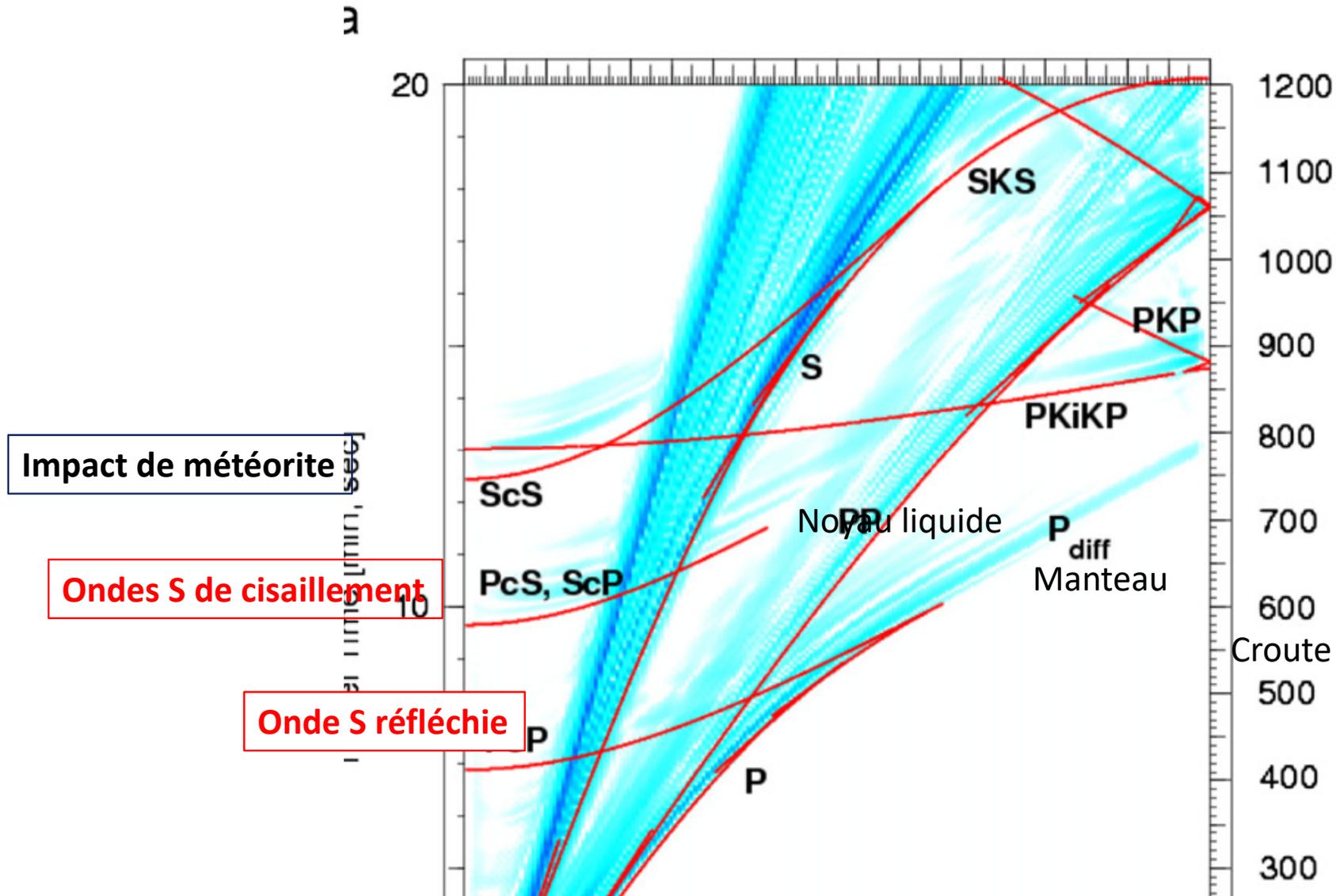
InSight

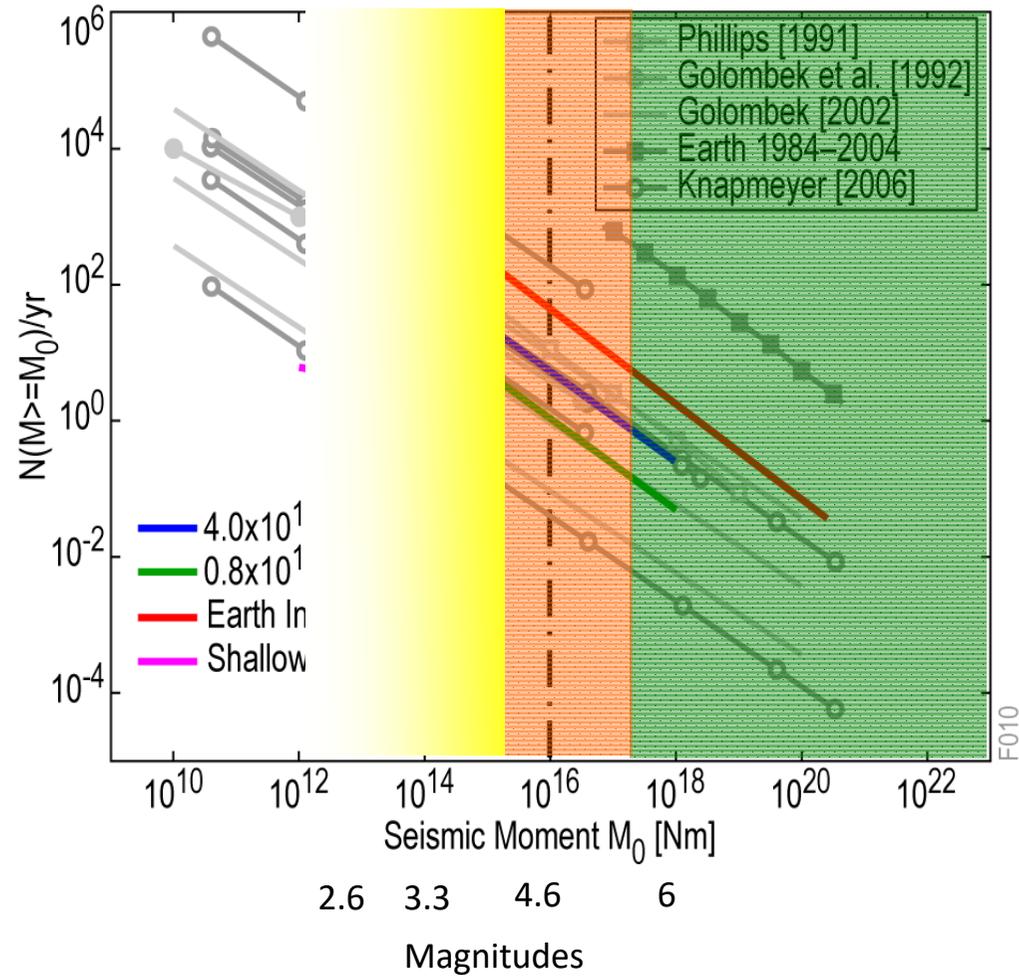
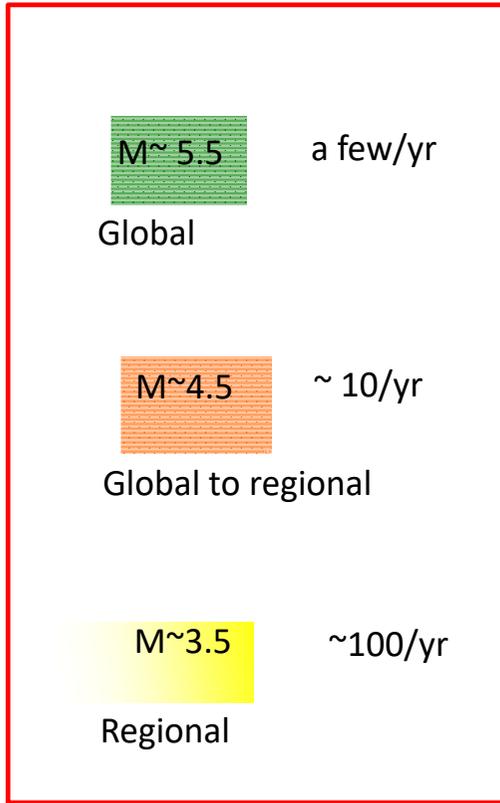
Bras articulé

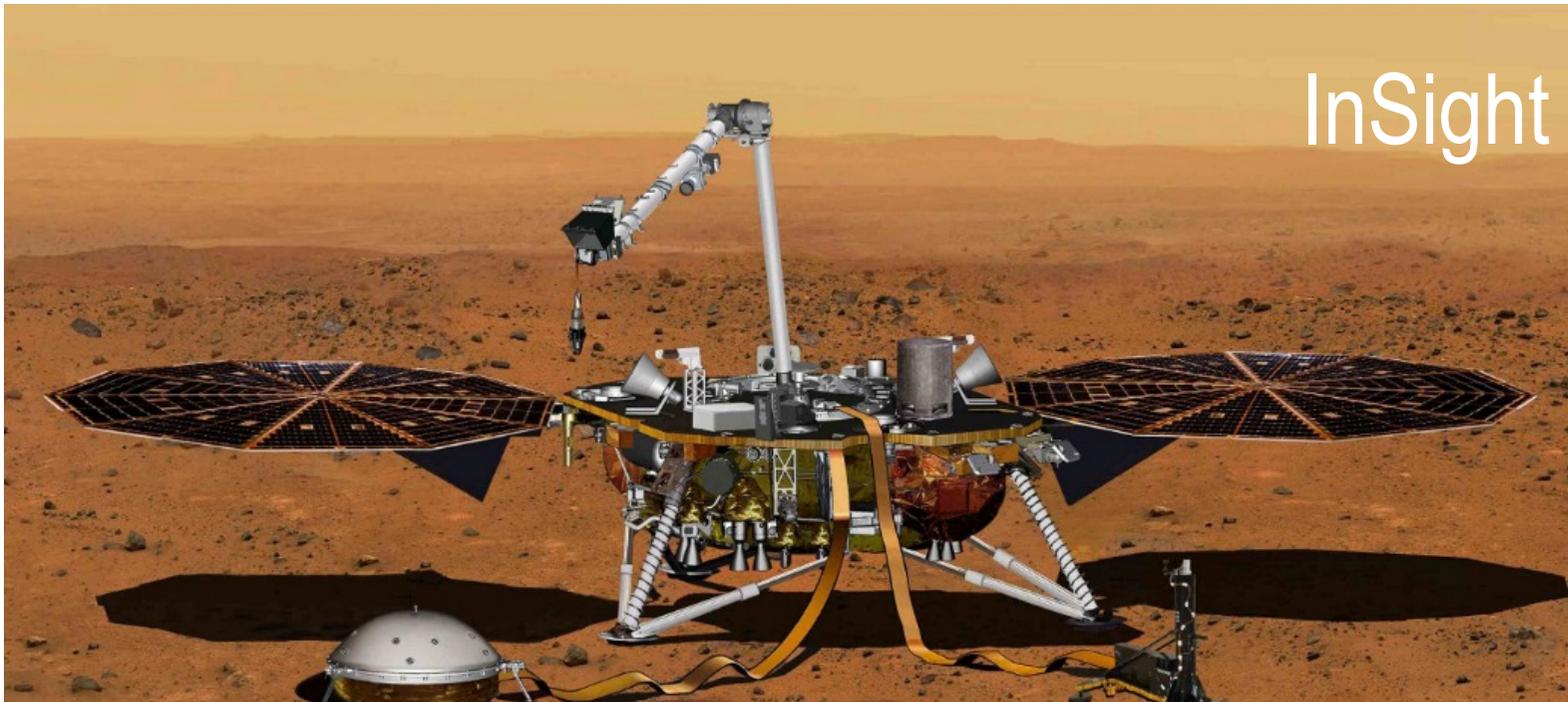
Sismomètre SEIS
Seismic Experiment for
Interior Structure,
CNES, France, 50M€

Interior Exploration using **Seismic Investigations**, Geodesy and Heat Transport



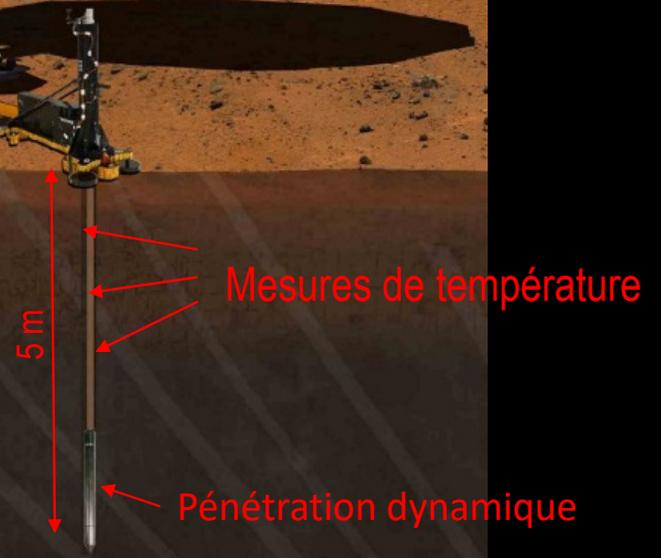




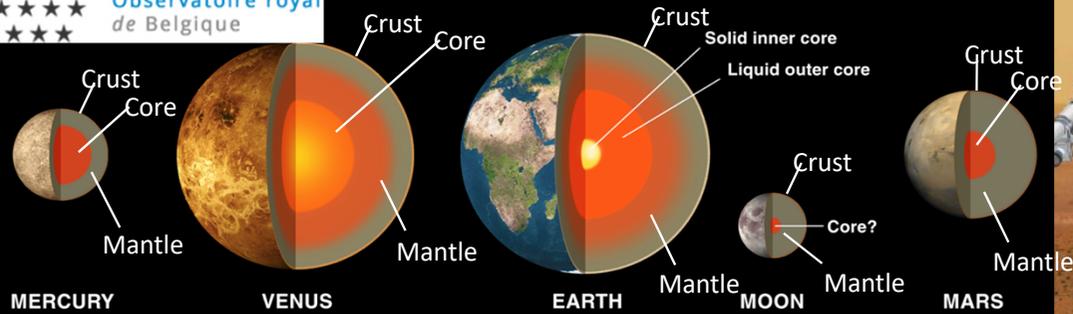


InSight

Dispositif HP³
Heat Flow and
Physical Properties
Package
DLR, Allemagne

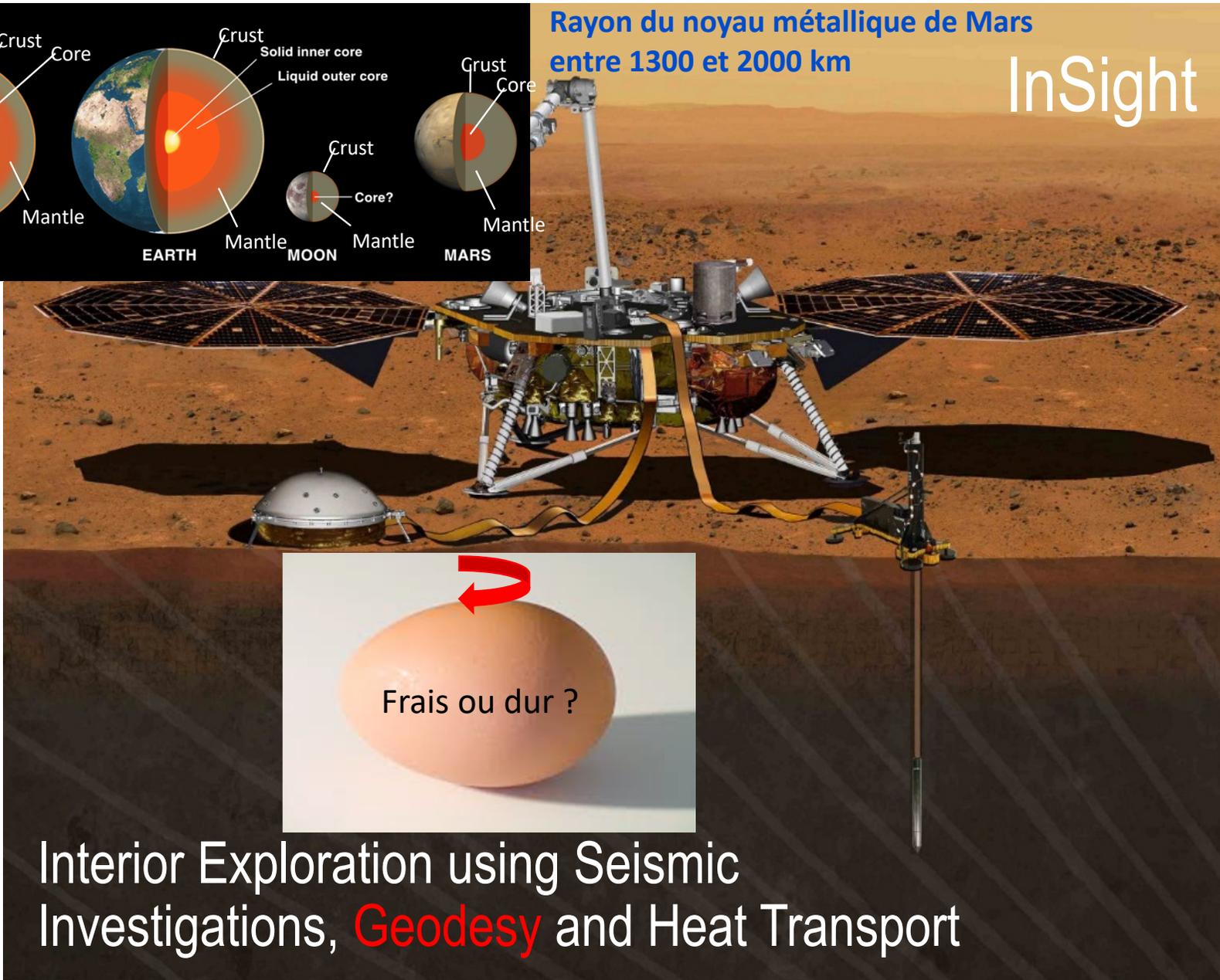


Interior Exploration using Seismic
Investigations, Geodesy and Heat Transport



Rayon du noyau métallique de Mars entre 1300 et 2000 km

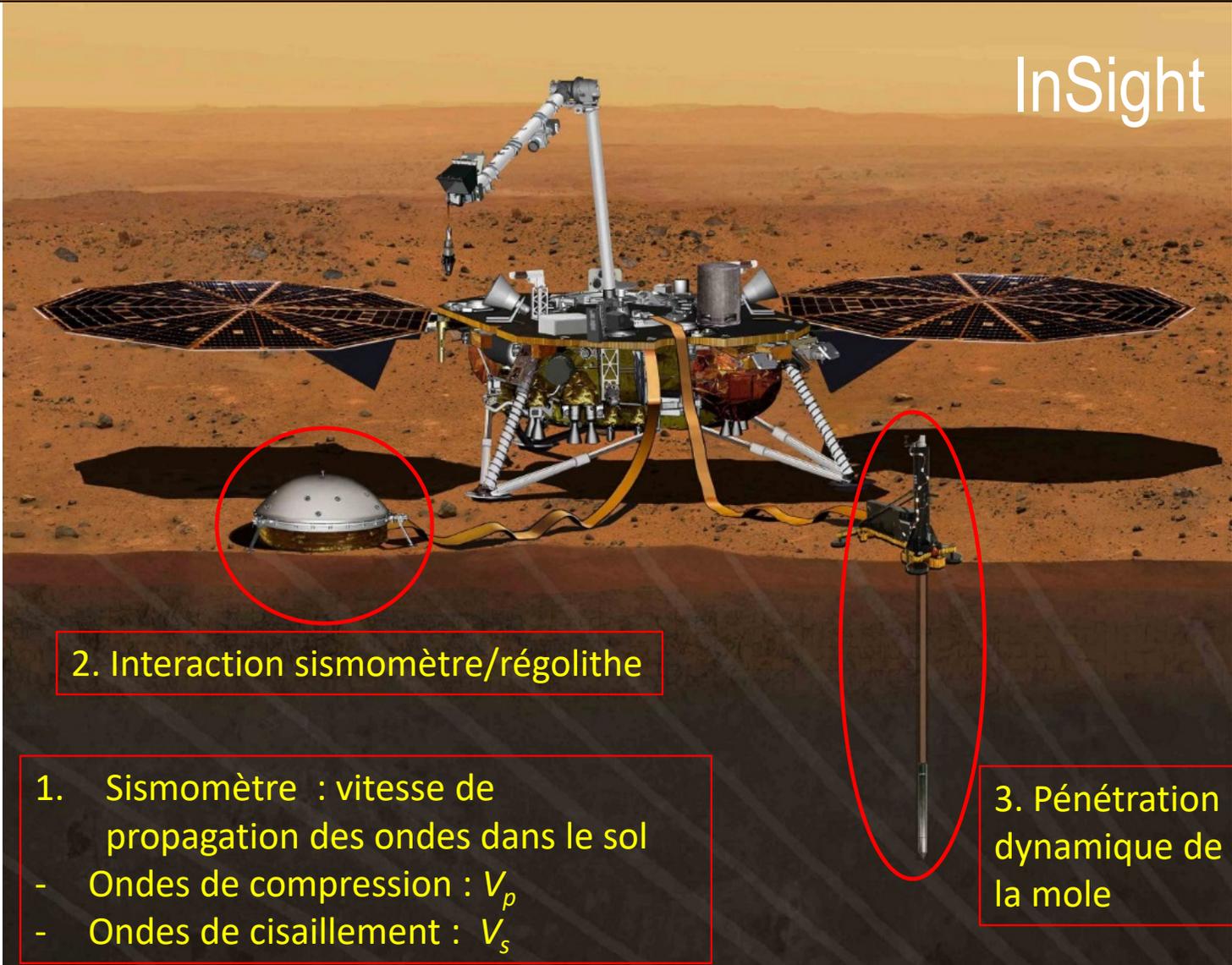
InSight



- DLR
- ETH
- MDS
- LOCKHEED MARTIN
- isap
- Imperial College
- IPGP
- CBK
- CAB

Interior Exploration using Seismic Investigations, **Geodesy** and Heat Transport



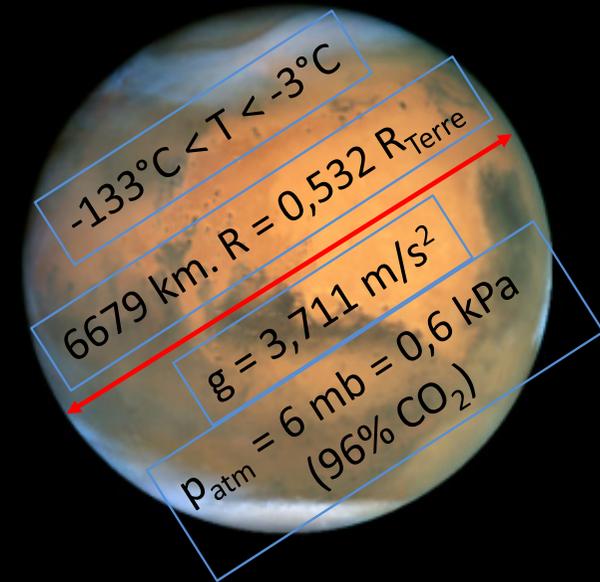
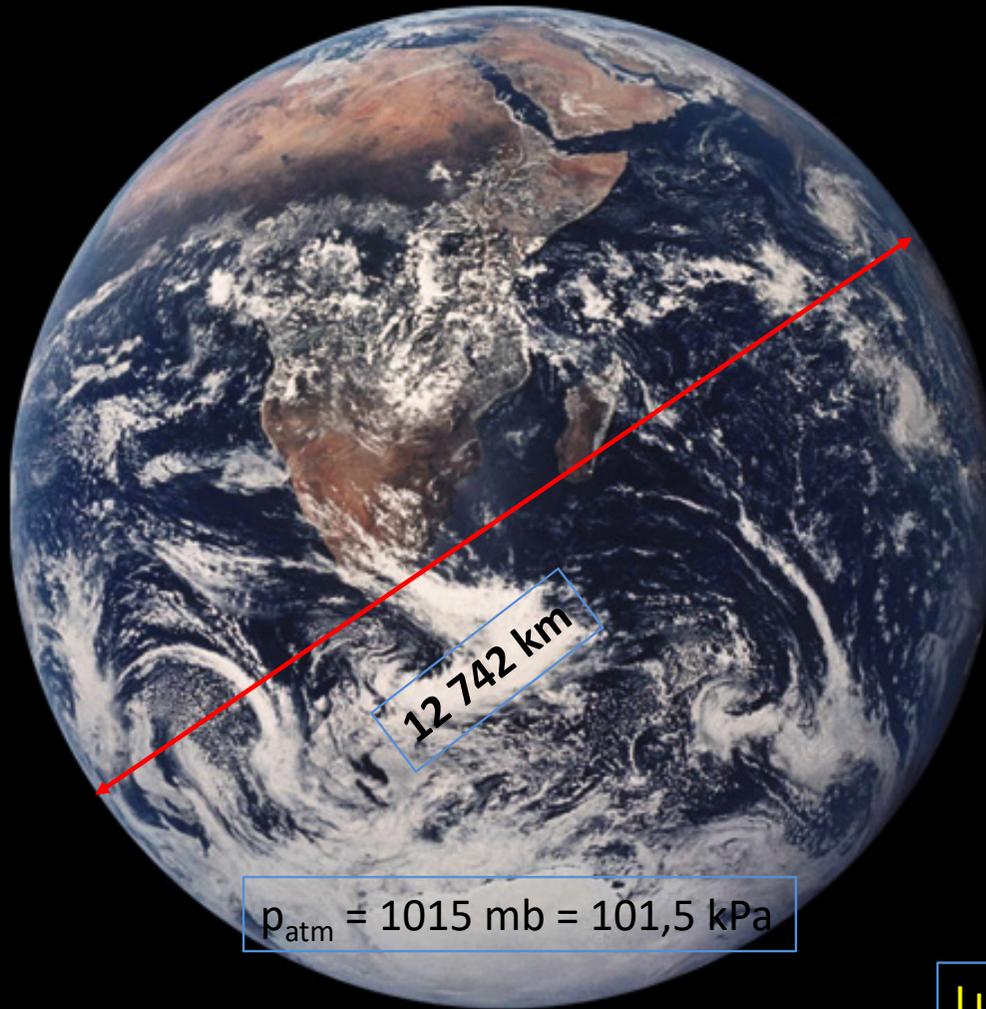


InSight

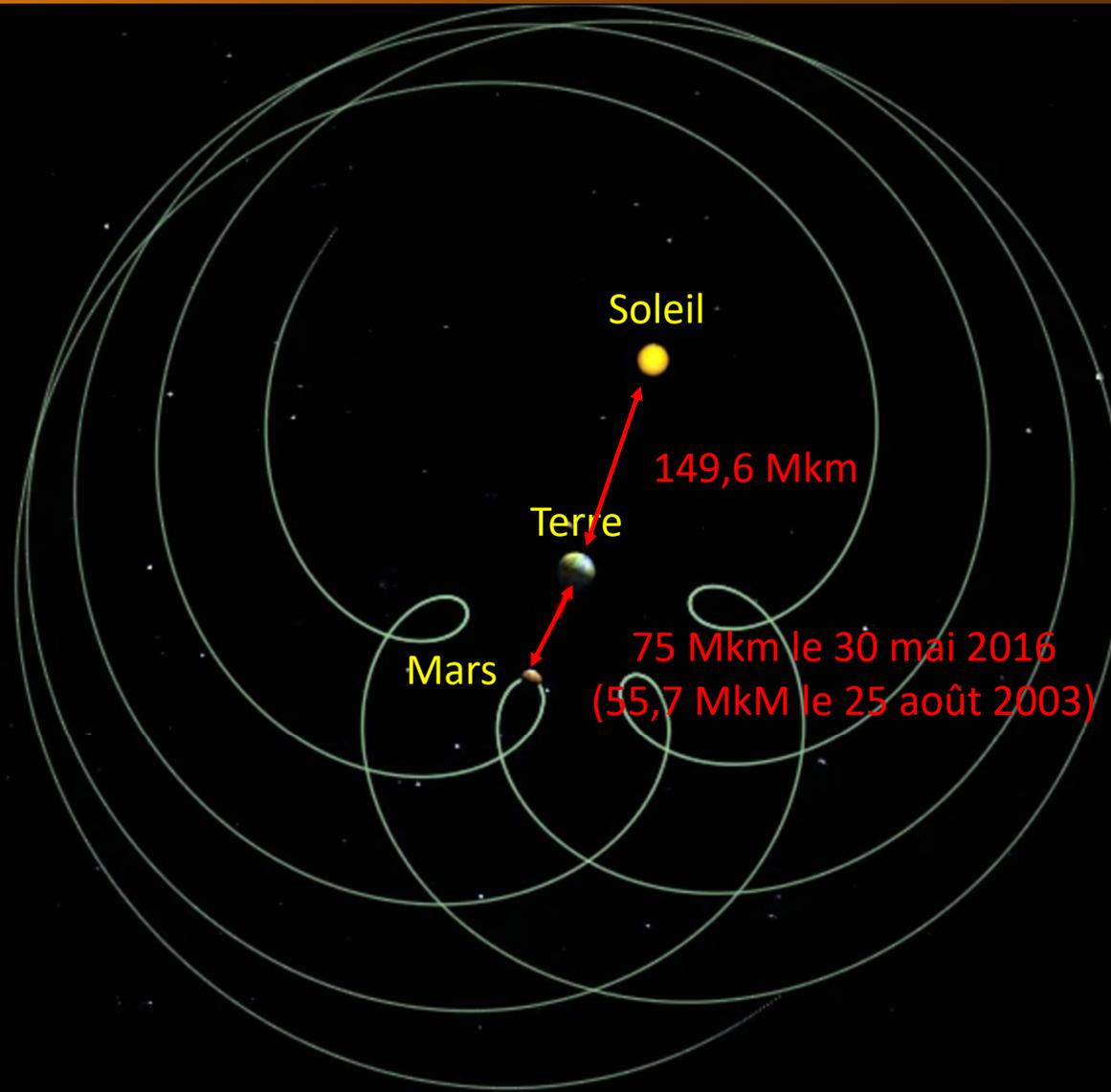
2. Interaction sismomètre/régolithe

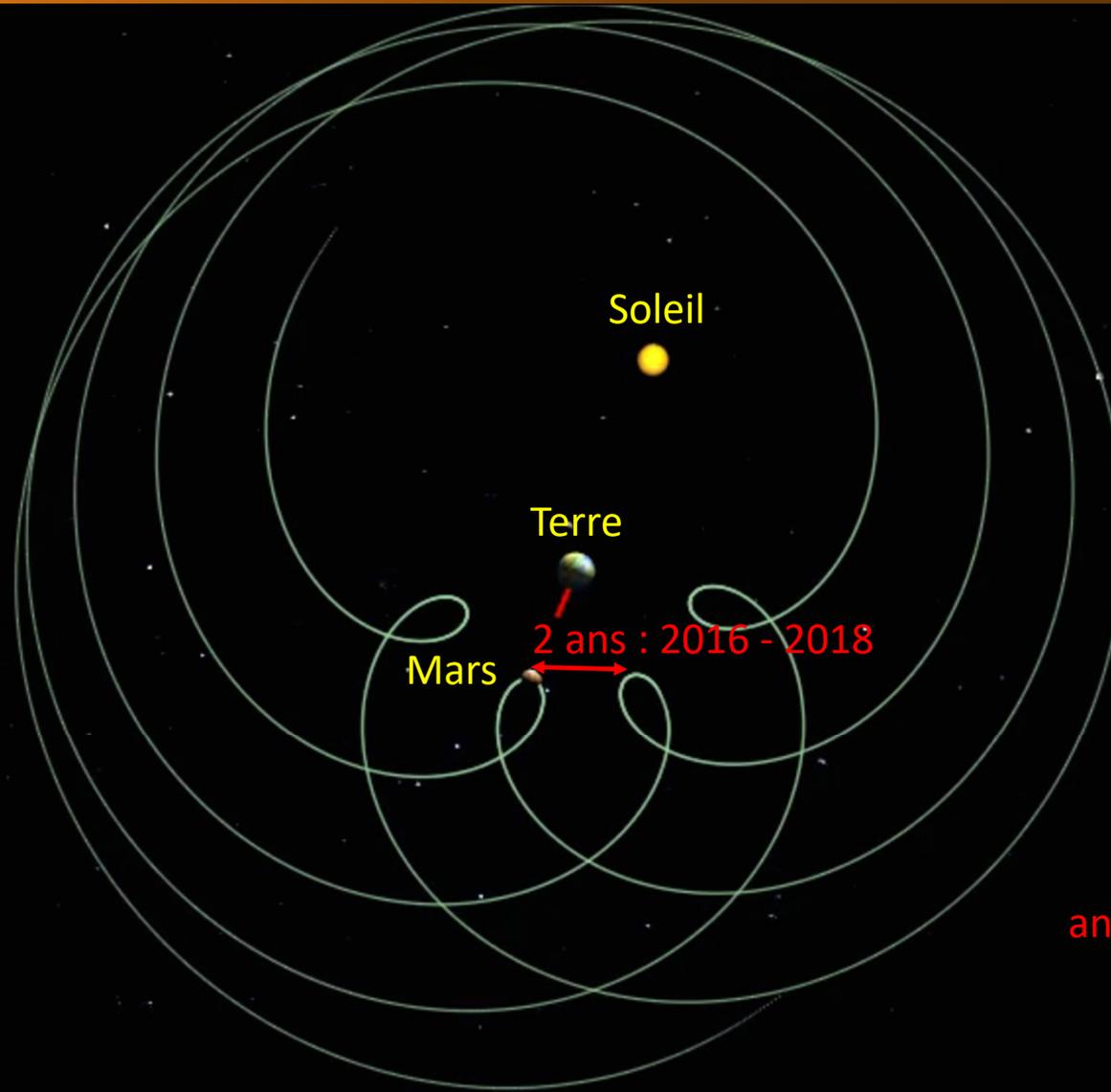
- 1. Sismomètre : vitesse de propagation des ondes dans le sol
 - Ondes de compression : V_p
 - Ondes de cisaillement : V_s

3. Pénétration dynamique de la mole

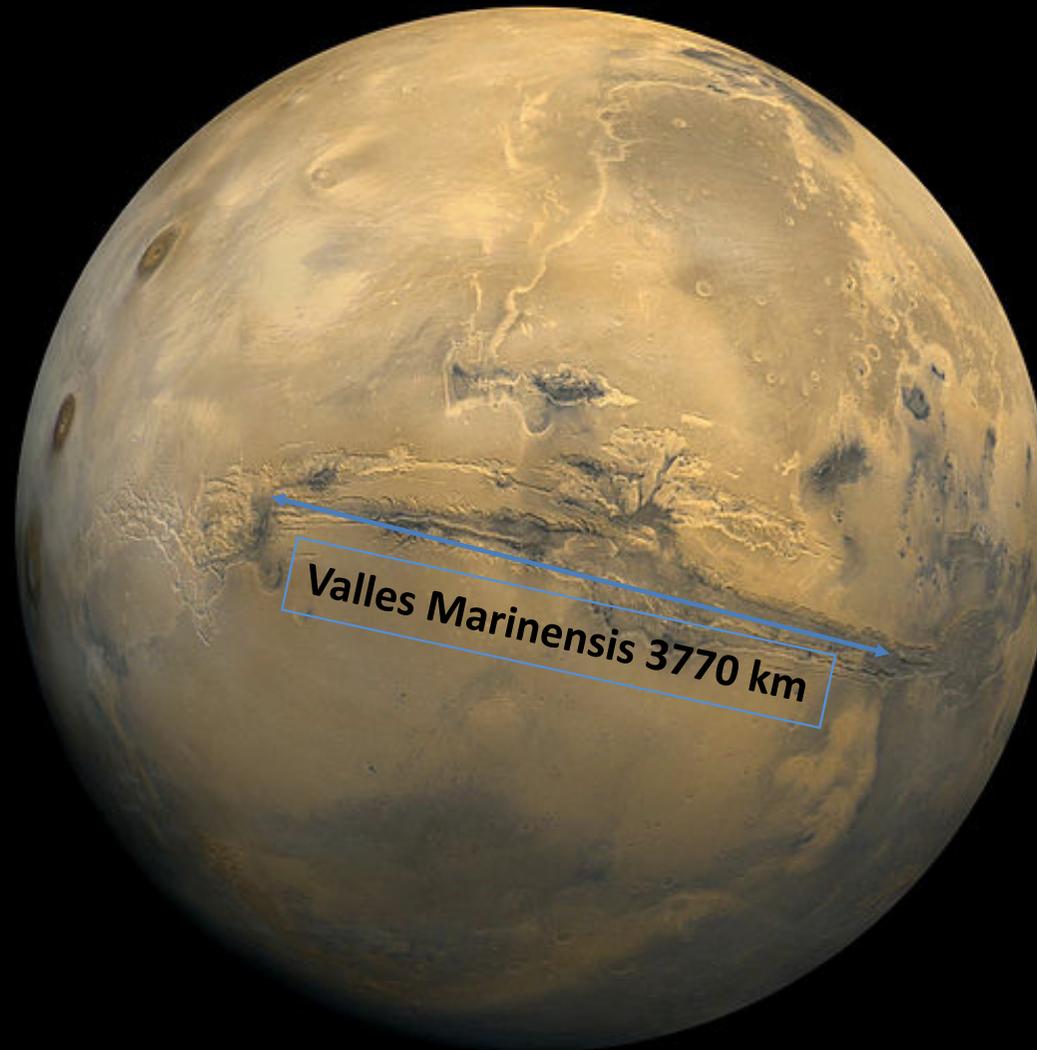


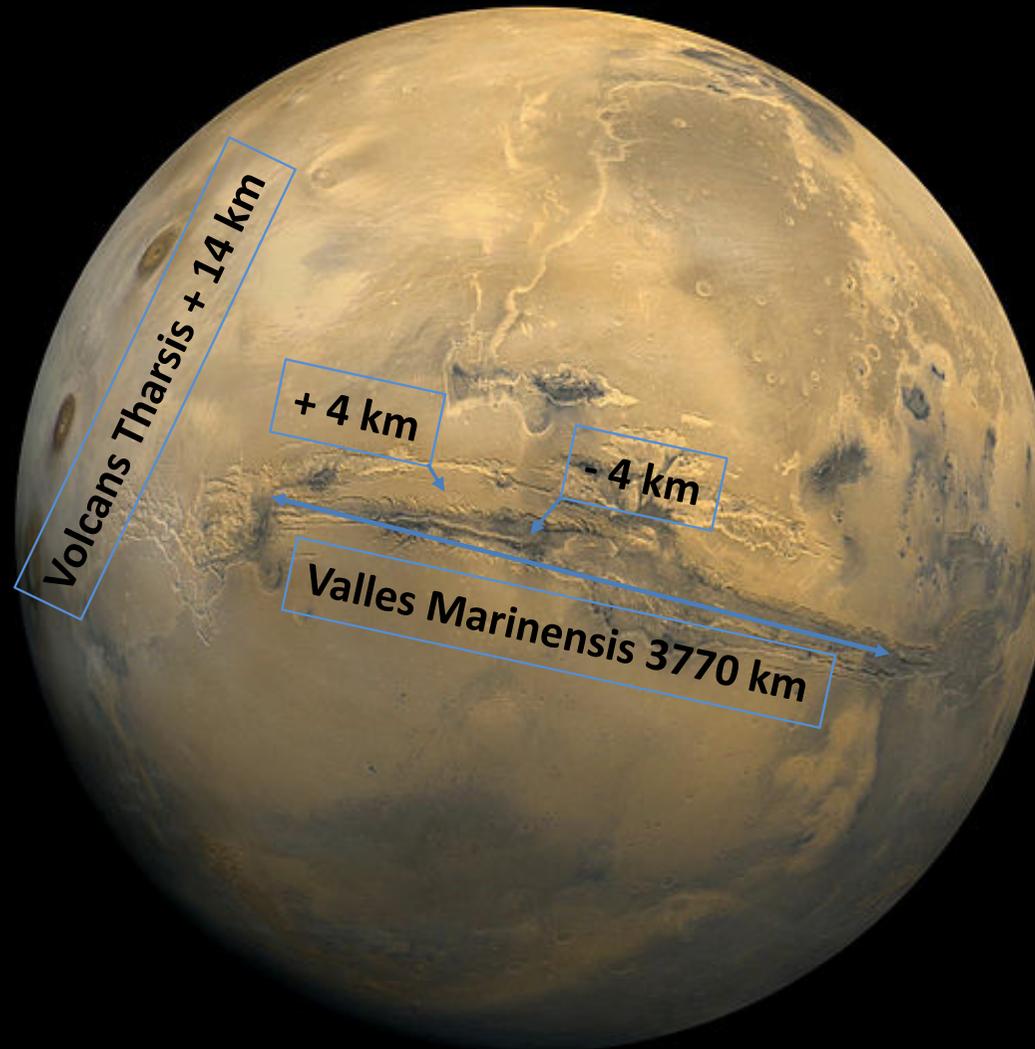
Lune : 3774 km





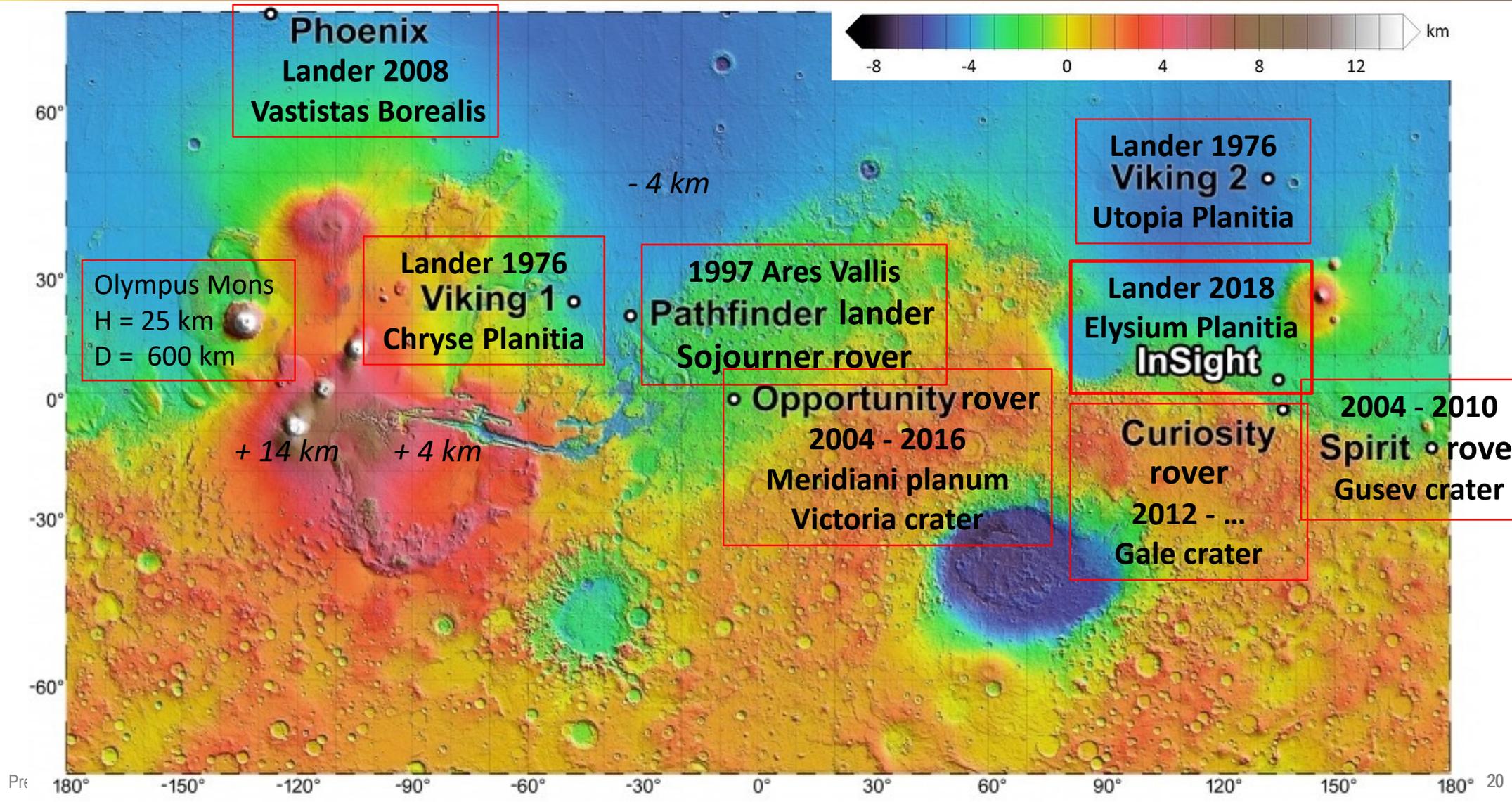
Terre – Lune 384 400 km
année martienne : 687 jours

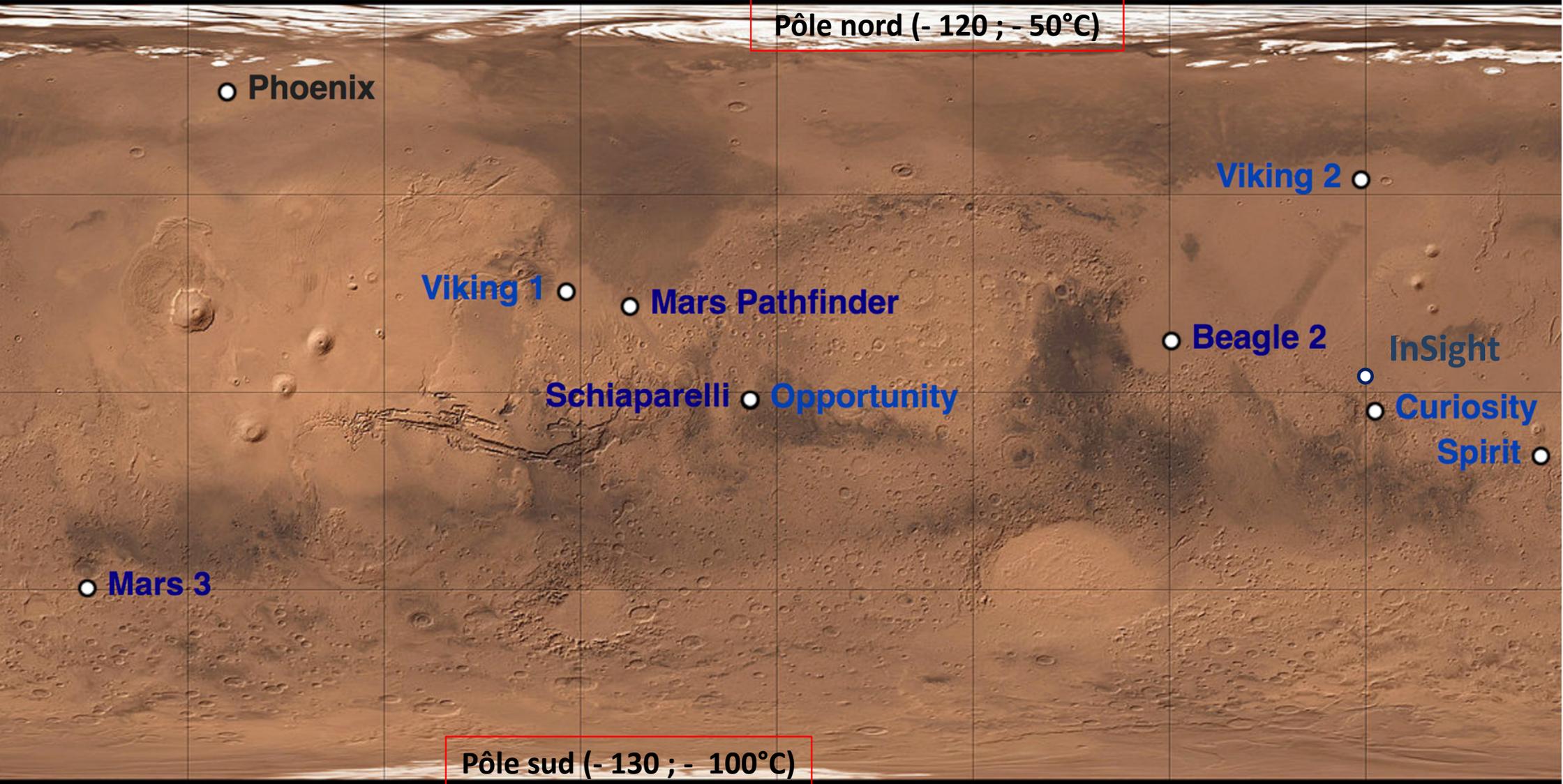


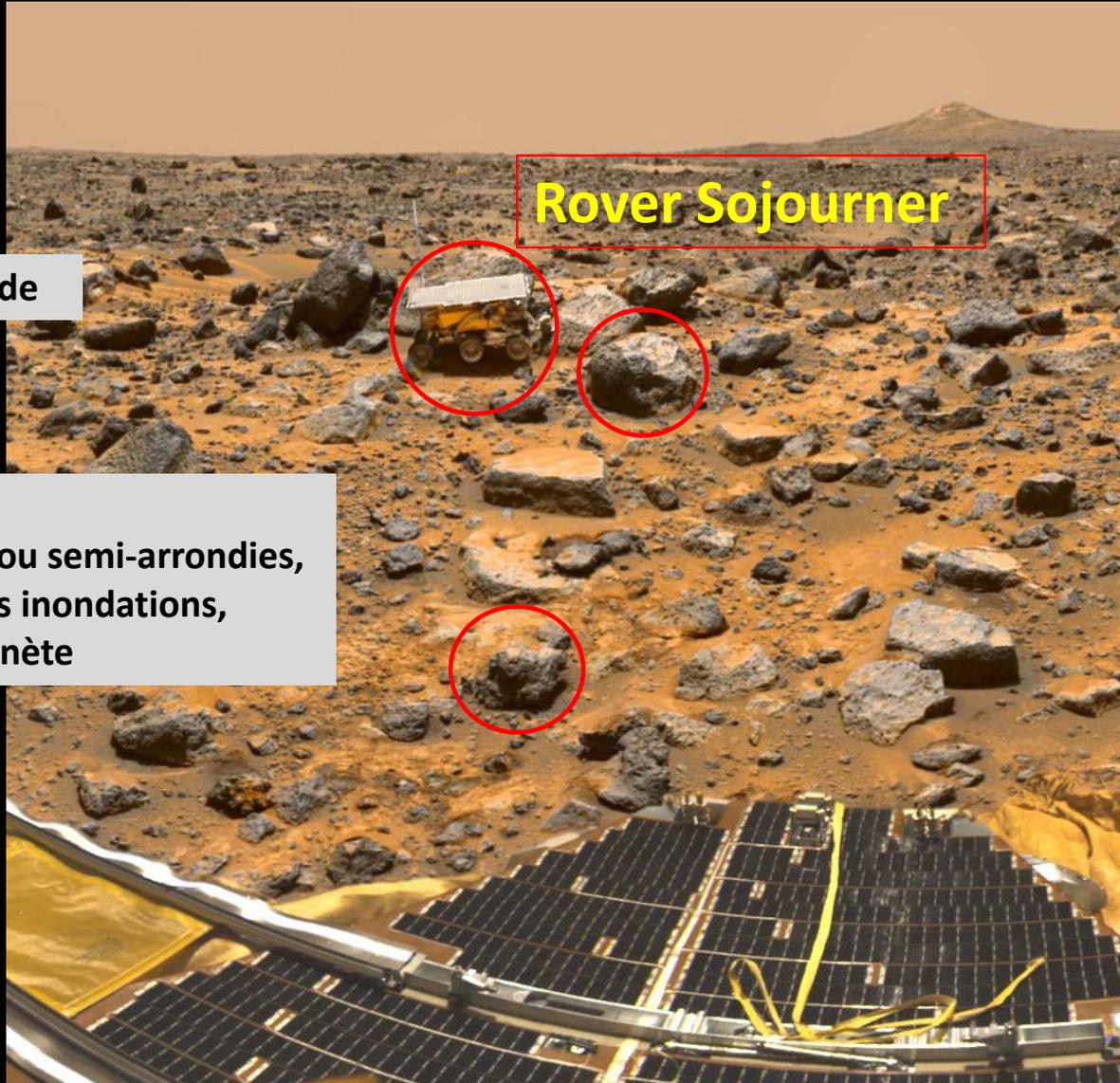




Missions NASA (Mars Orbiter Laser Altimeter, Mars Global Surveyor, 1997 – 2006)



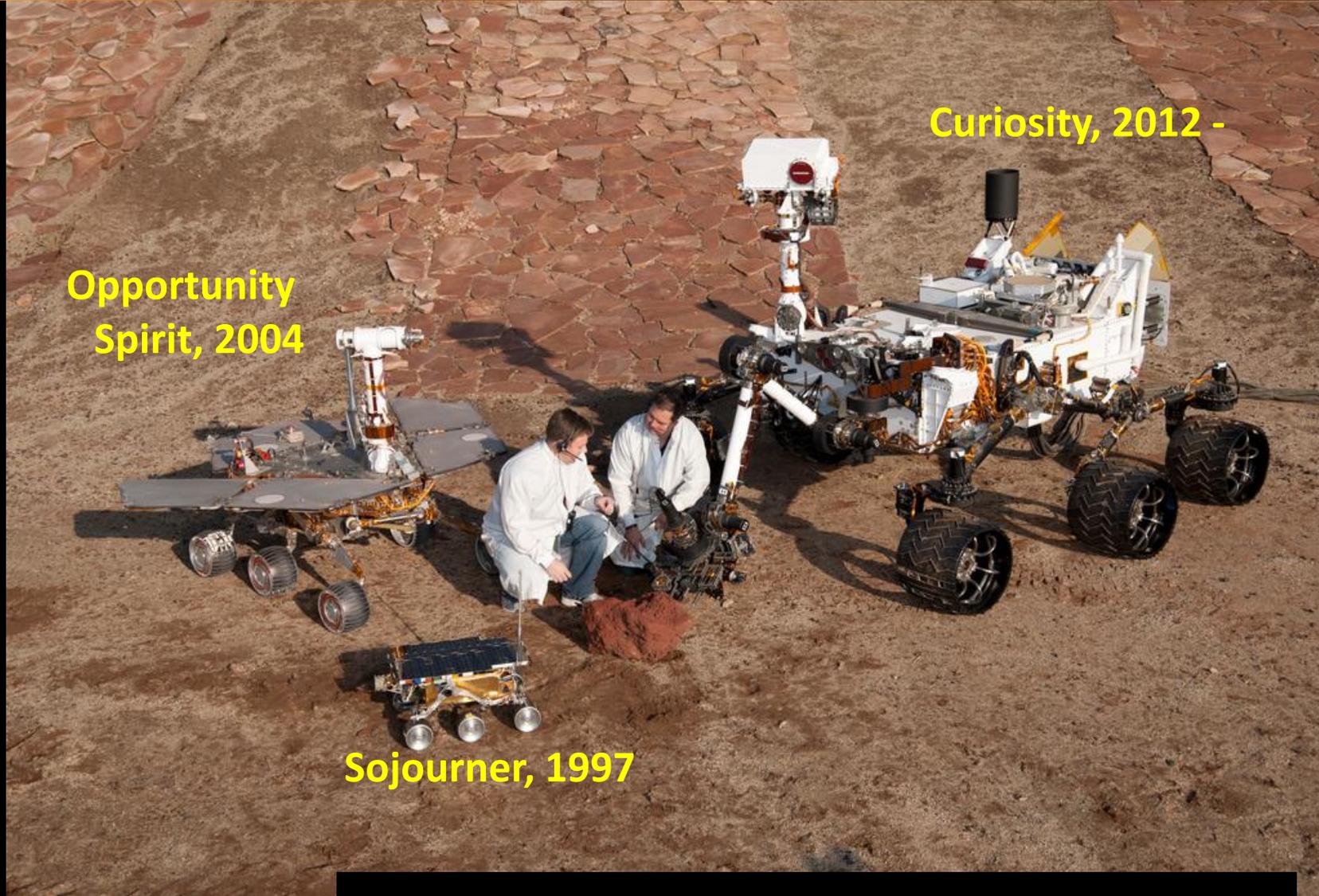




Rover Sojourner

Passé plus chaud et plus humide

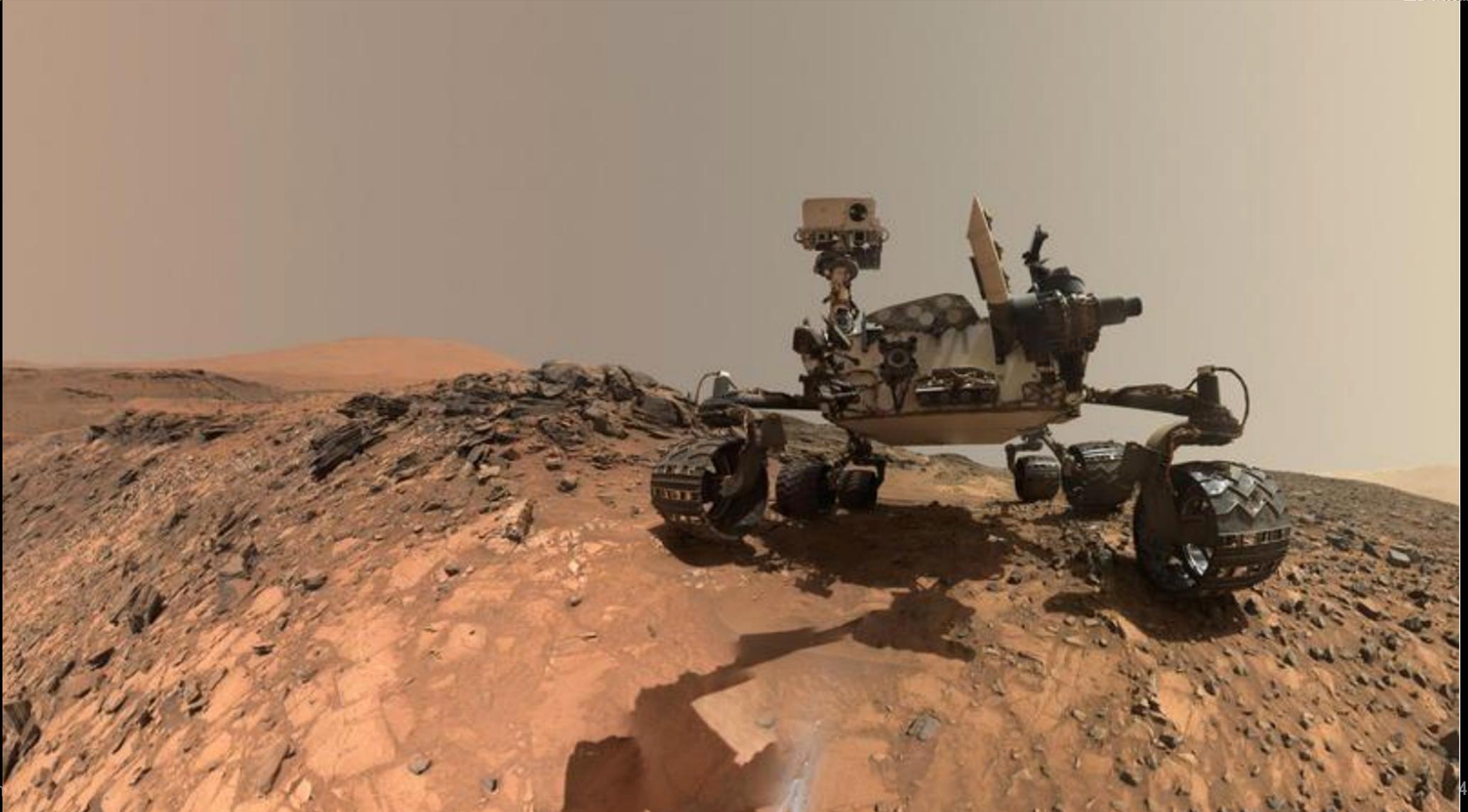
**Plaine d'inondation,
couverte de roches arrondies ou semi-arrondies,
emportées et déposées par les inondations,
en début d'évolution de la planète**



Opportunity
Spirit, 2004

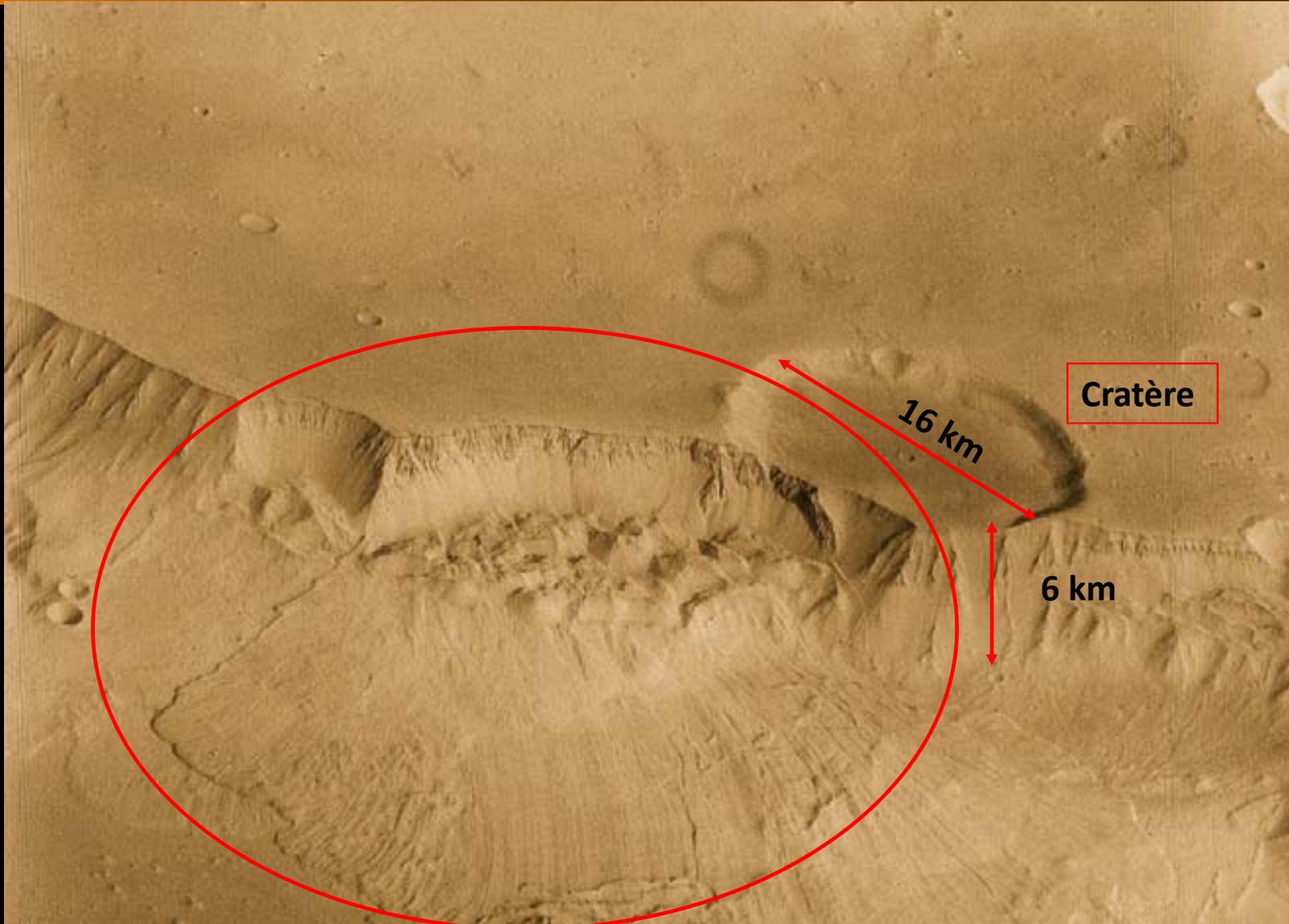
Curiosity, 2012 -

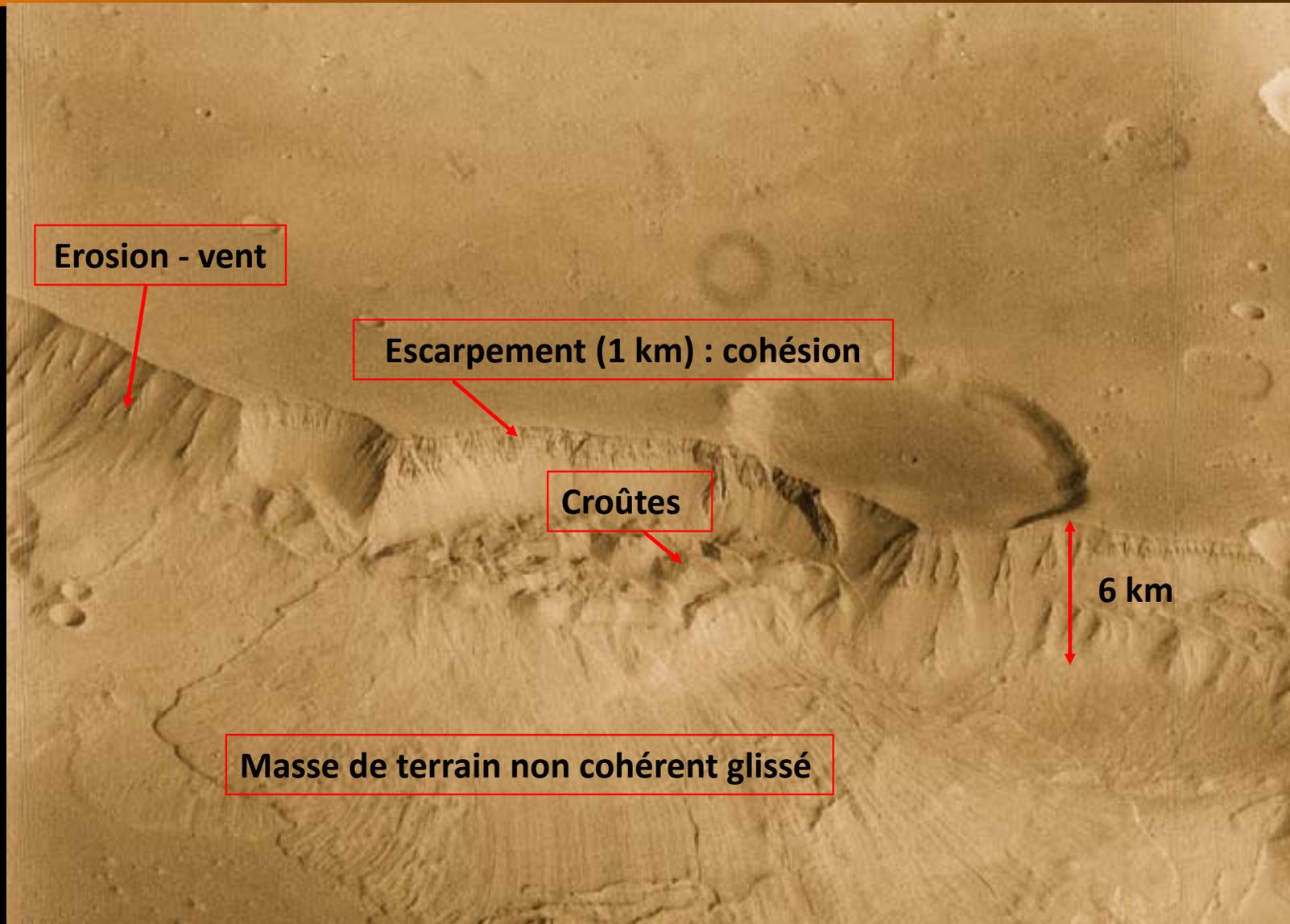
Sojourner, 1997









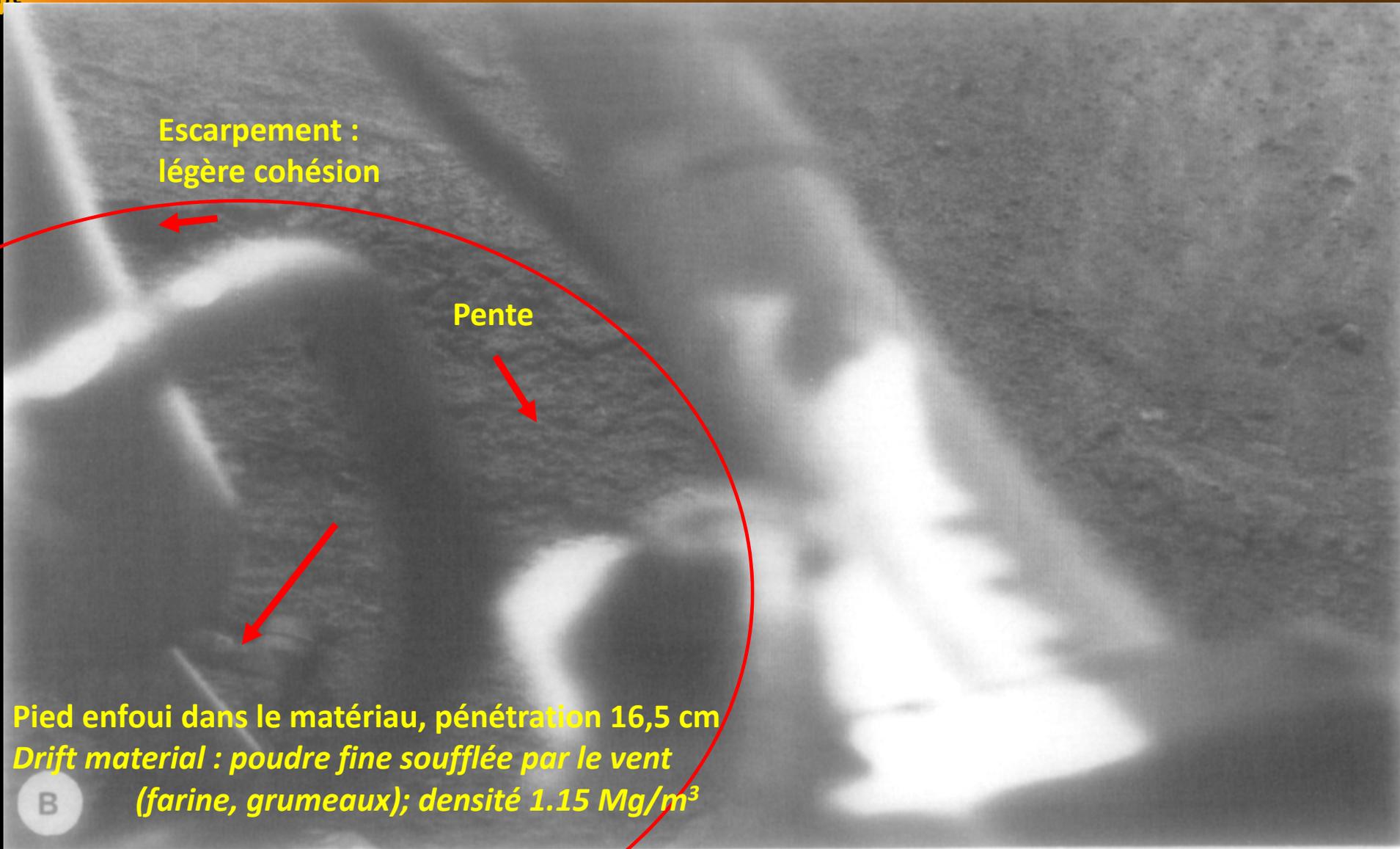


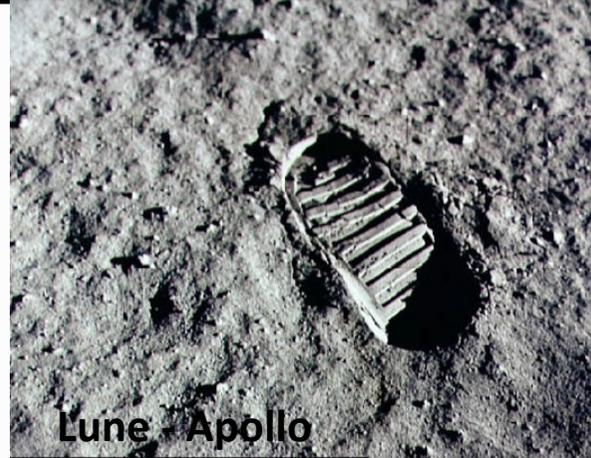


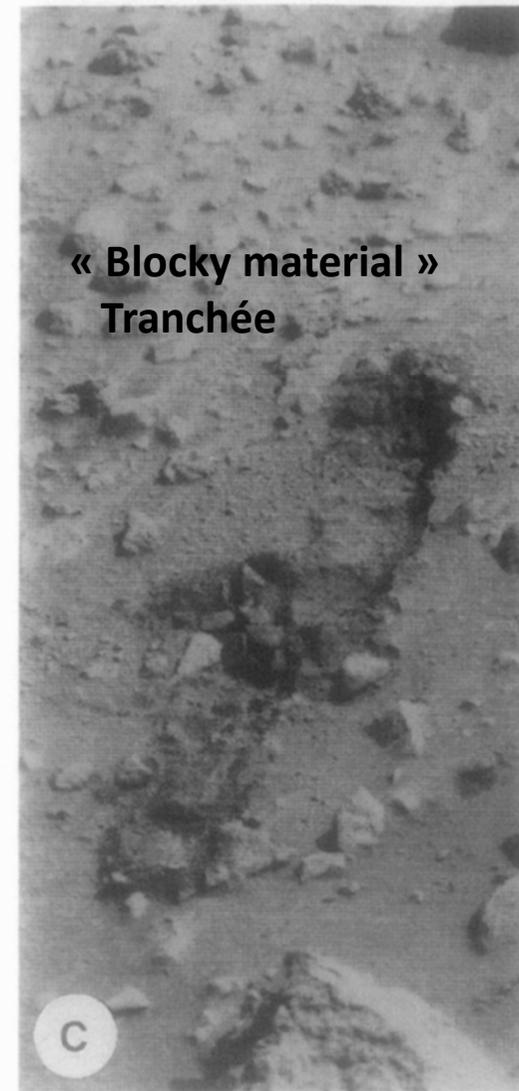
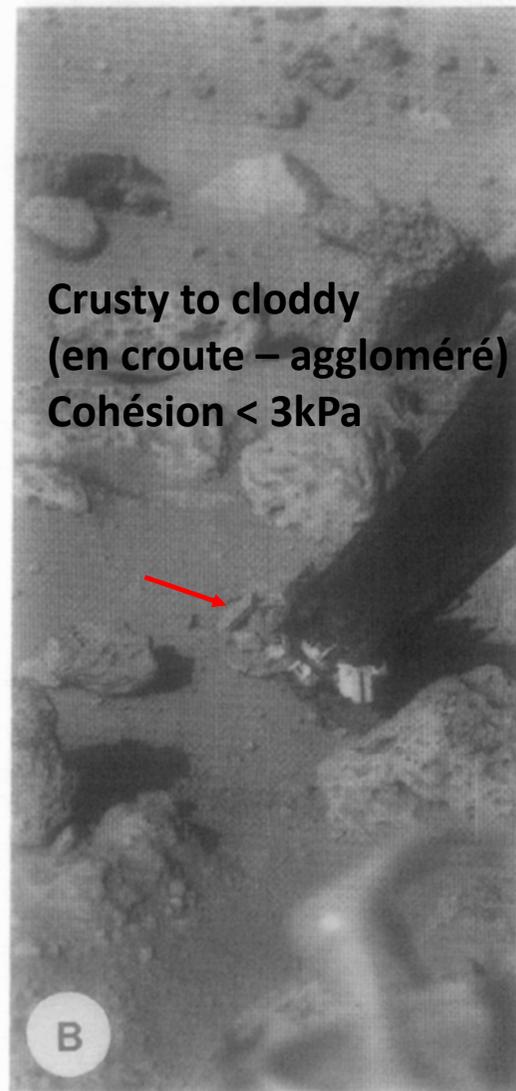
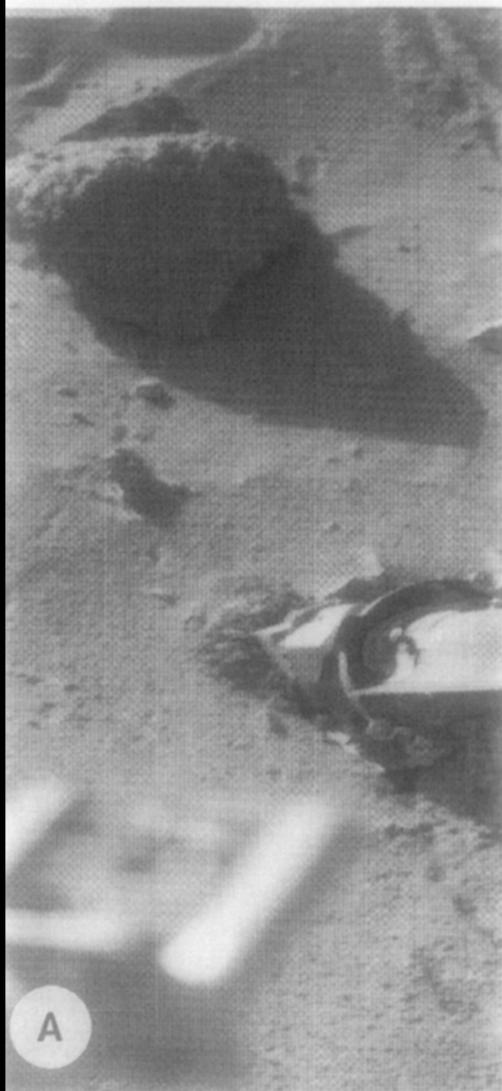
models are comparable to the dielectric constants and thermal inertias for drift and crusty to cloddy material, respectively. Dielectric constants and thermal inertias for blocky material are larger but consistent with values in the northern plains. Our interpretations are compatible with an aeolian origin for drift and similar materials elsewhere on Mars. The postulate that moderate dielectric constants and thermal inertias larger than 3 or 4×10^{-3} are produced by cementation of soillike materials is partly consistent with the data. The average dielectric constant and thermal inertia and their correlation with one another suggest that most of the surface of Mars should present few difficulties to future surface exploration, but some surfaces may present difficulties for spacecraft that are not suitably designed. © 1989 Academic Press, Inc.



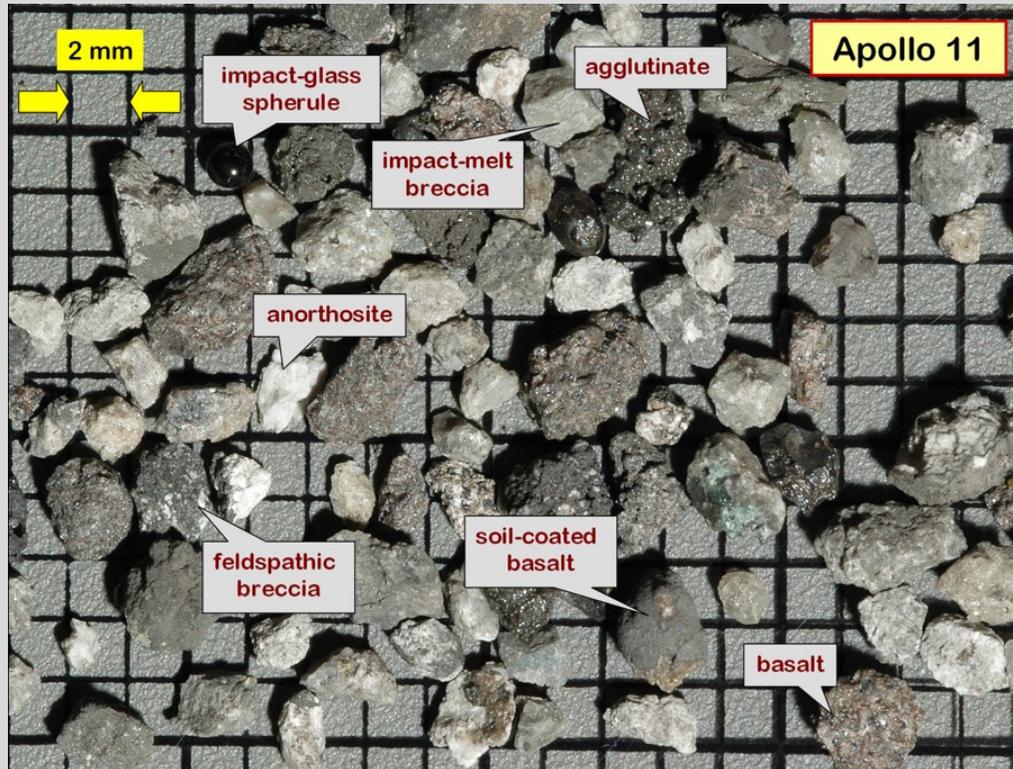
Atterrissage à 2,3 m/s, pénétration 4 cm







Régolithe lunaire : très angulaire



Régolithe martien : arrondi

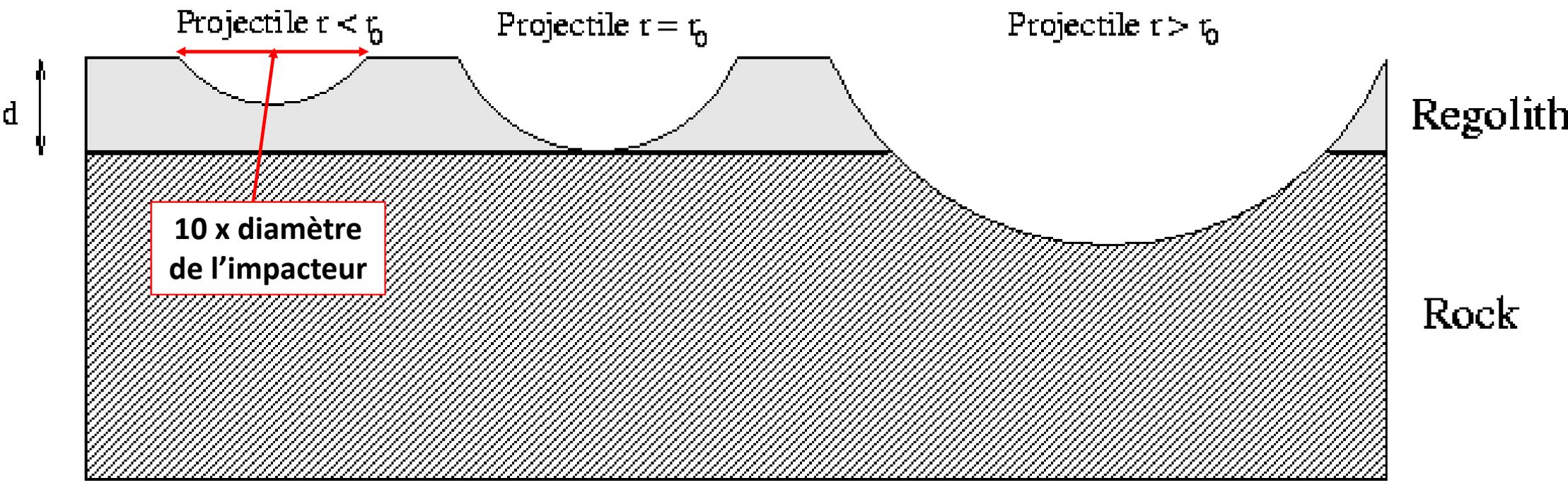


**Effet du vent martien (saltation)
3,5 milliards d'années**

Microscope optique, Phoenix landing site
Goetz et al. 2010)

Météorite à 30 km/s
vaporisation

Pression atmosphérique 6 mb



Météorite à 30 km/s
vaporisation

Pression atmosphérique 6 mb

Projectile $\tau = \tau_0$

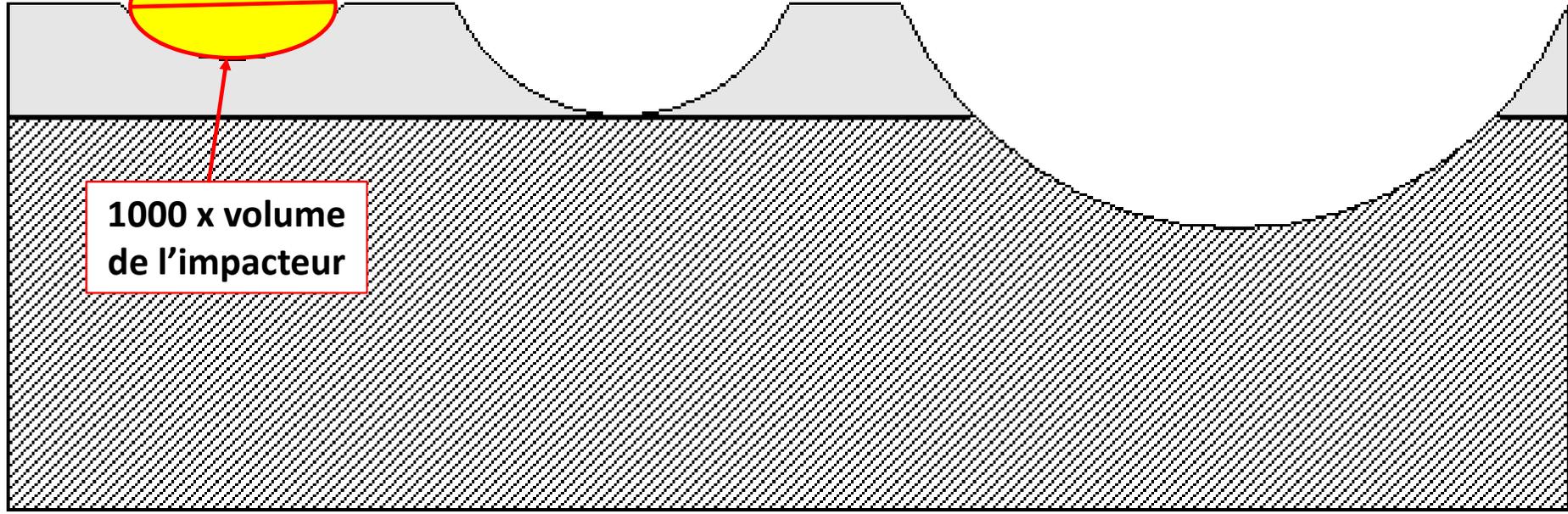
Projectile $\tau > \tau_0$

d

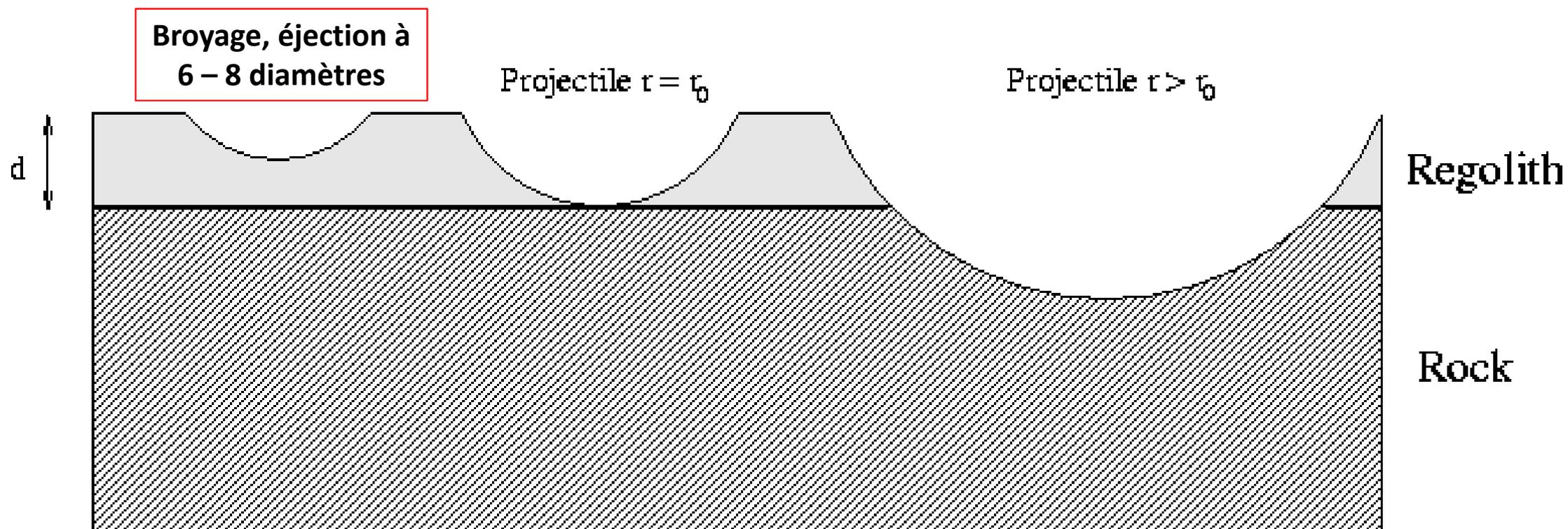
1000 x volume
de l'impacteur

Regolith

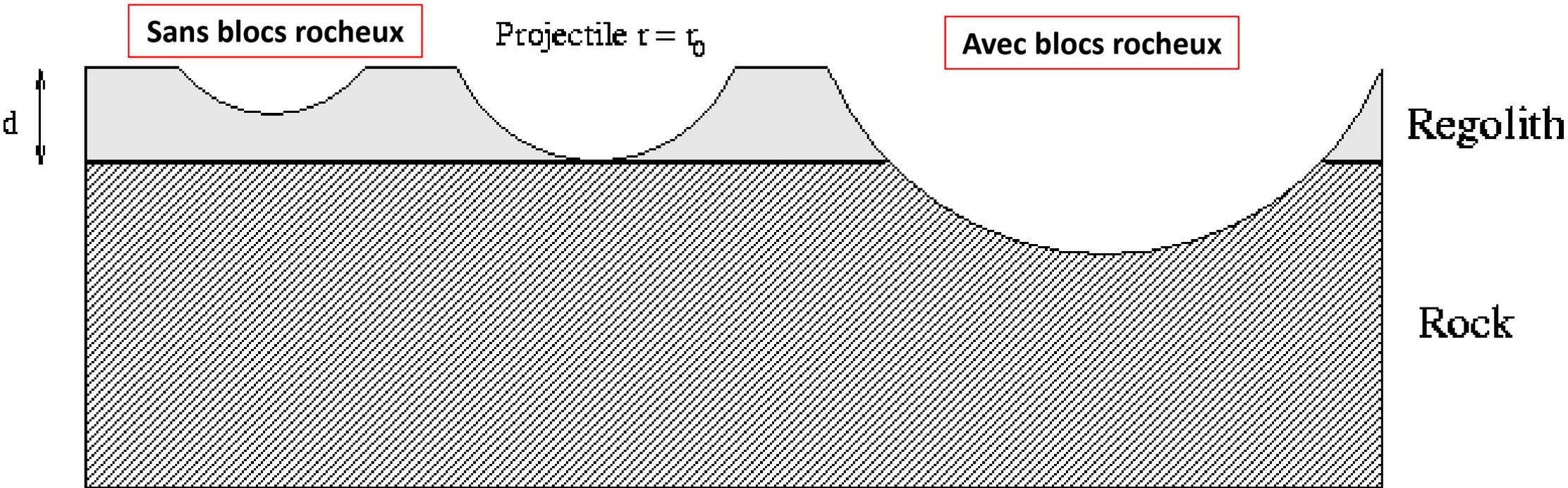
Rock

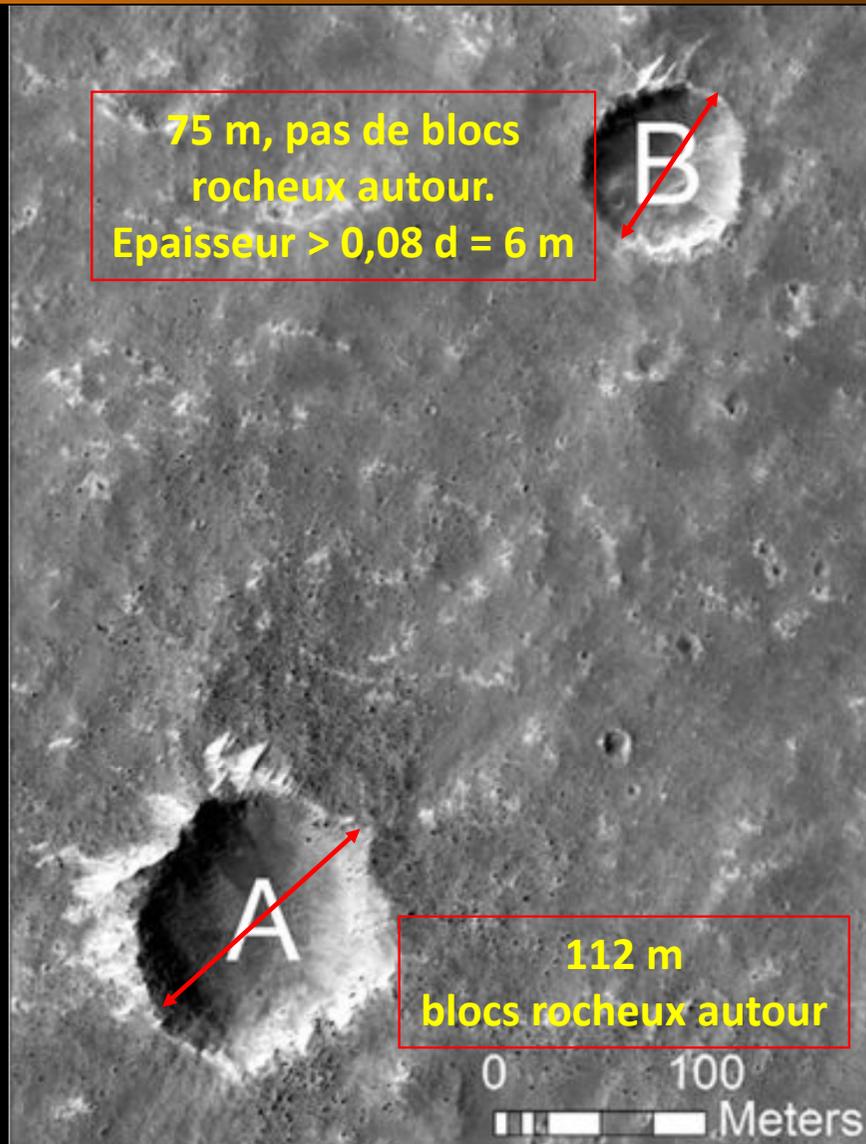


Pression atmosphérique 6 mb



Pression atmosphérique 6 mb

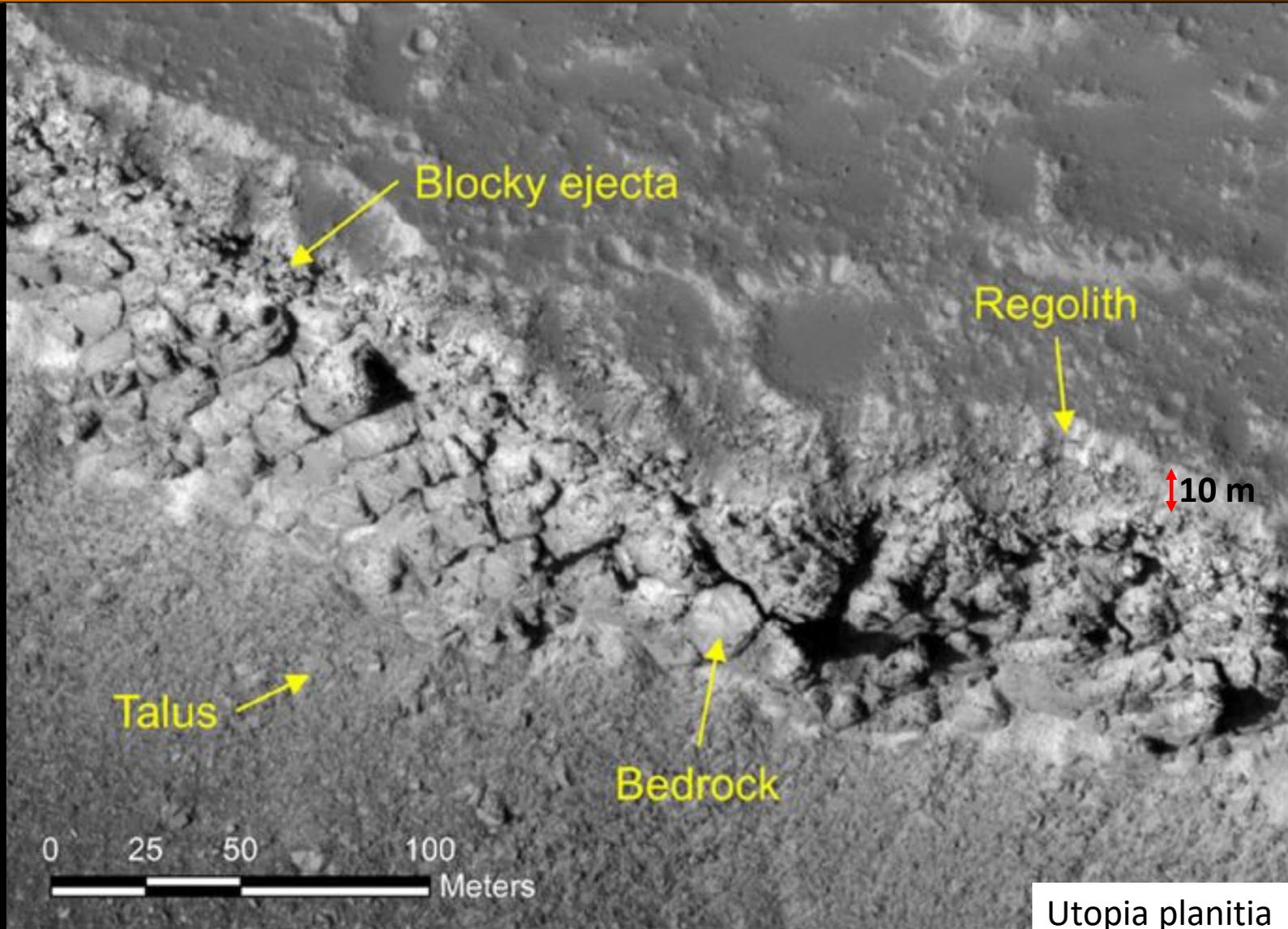




75 m, pas de blocs rocheux autour.
Epaisseur > 0,08 d = 6 m

112 m
blocs rocheux autour

Photo HiRise
Pixel 25 cm (!)
Mars Reconnaissance Orbiter
2006 -



- Mesurée depuis la sonde orbitale THEMIS (2001 -)
- Déduite du taux de variation de la température de surface (2 – 30 cm)

- $I = (k\rho c)^{1/2}$
 - k : conductivité thermique
 - ρ : densité du sol de surface
 - c : chaleur spécifique

- Mesurée depuis la sonde orbitale THEMIS (2001 -)
- Déduite du taux de variation de la température de surface (2 – 30 cm)

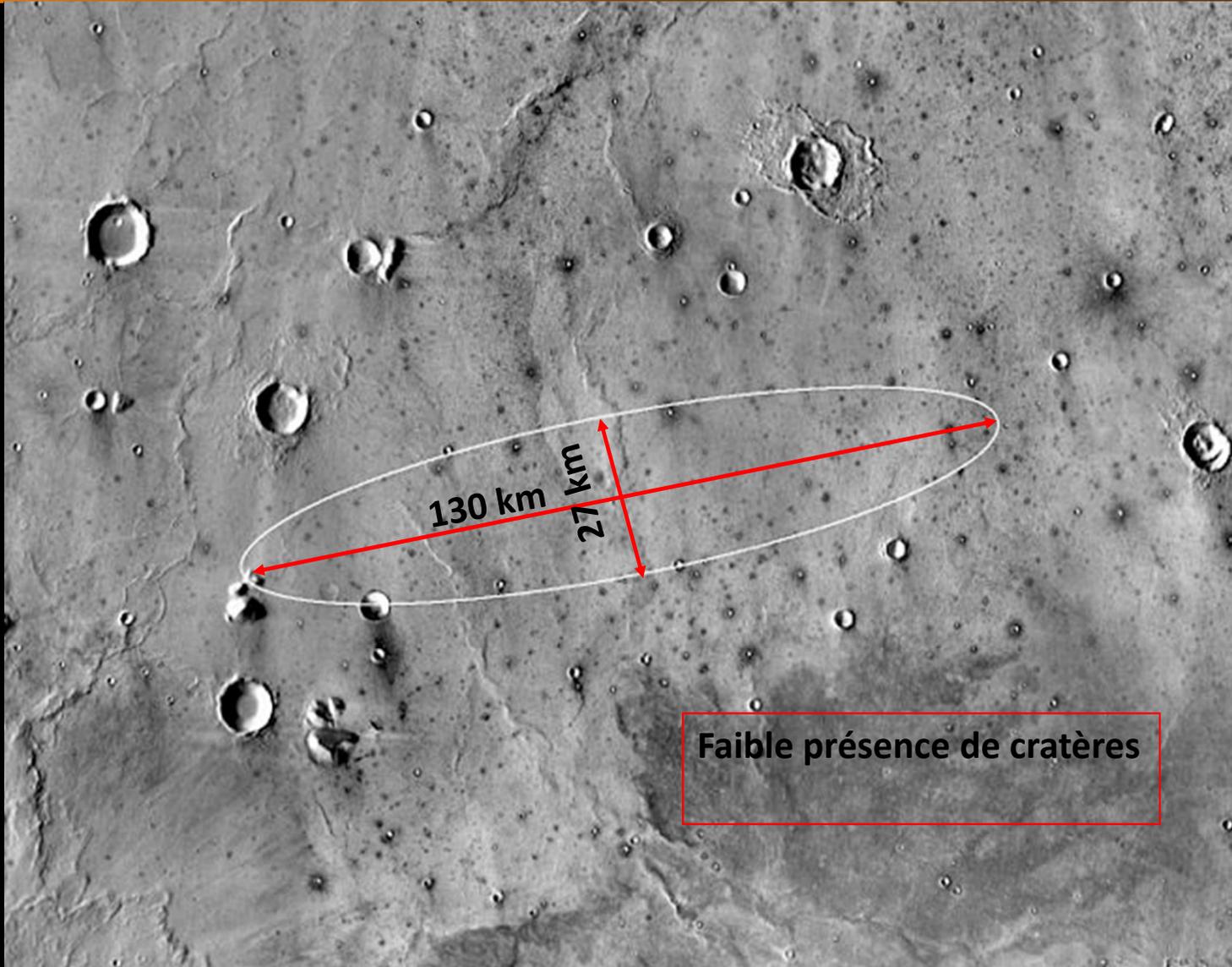
- $I = (k\rho c)^{1/2}$
 - k : conductivité thermique
 - ρ : densité du sol de surface
 - c : chaleur spécifique

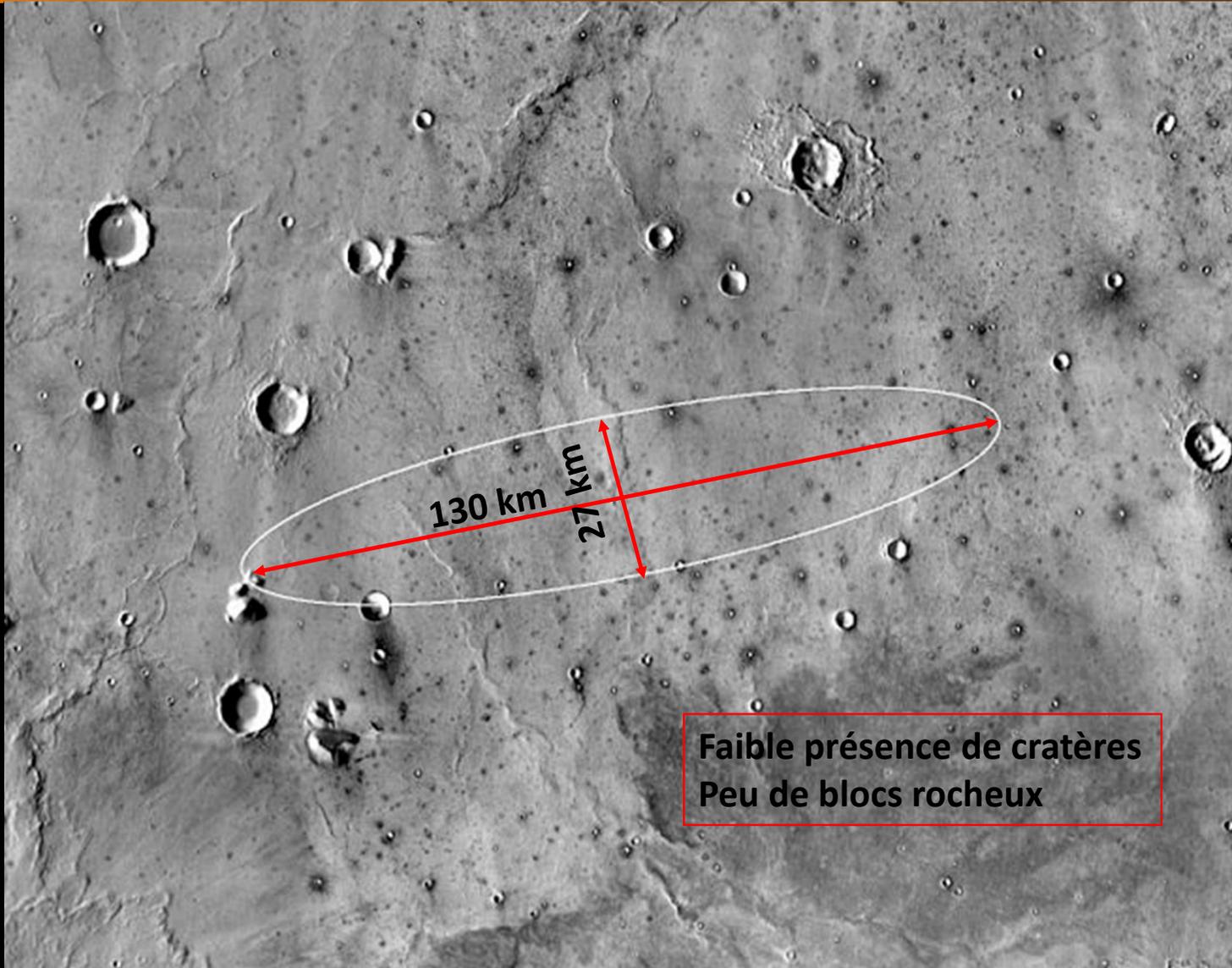
- Grains fins : faible inertie
- Grains plus gros : inertie plus forte

- Mesurée depuis la sonde orbitale THEMIS (2001 -)
- Déduite du taux de variation de la température de surface (2 – 30 cm)

- $I = (k\rho c)^{1/2}$
 - k : conductivité thermique
 - ρ : densité du sol de surface
 - c : chaleur spécifique

- Grains fins : faible inertie
- Grains plus gros : inertie plus forte
- La cohésion augmente l'inertie thermique





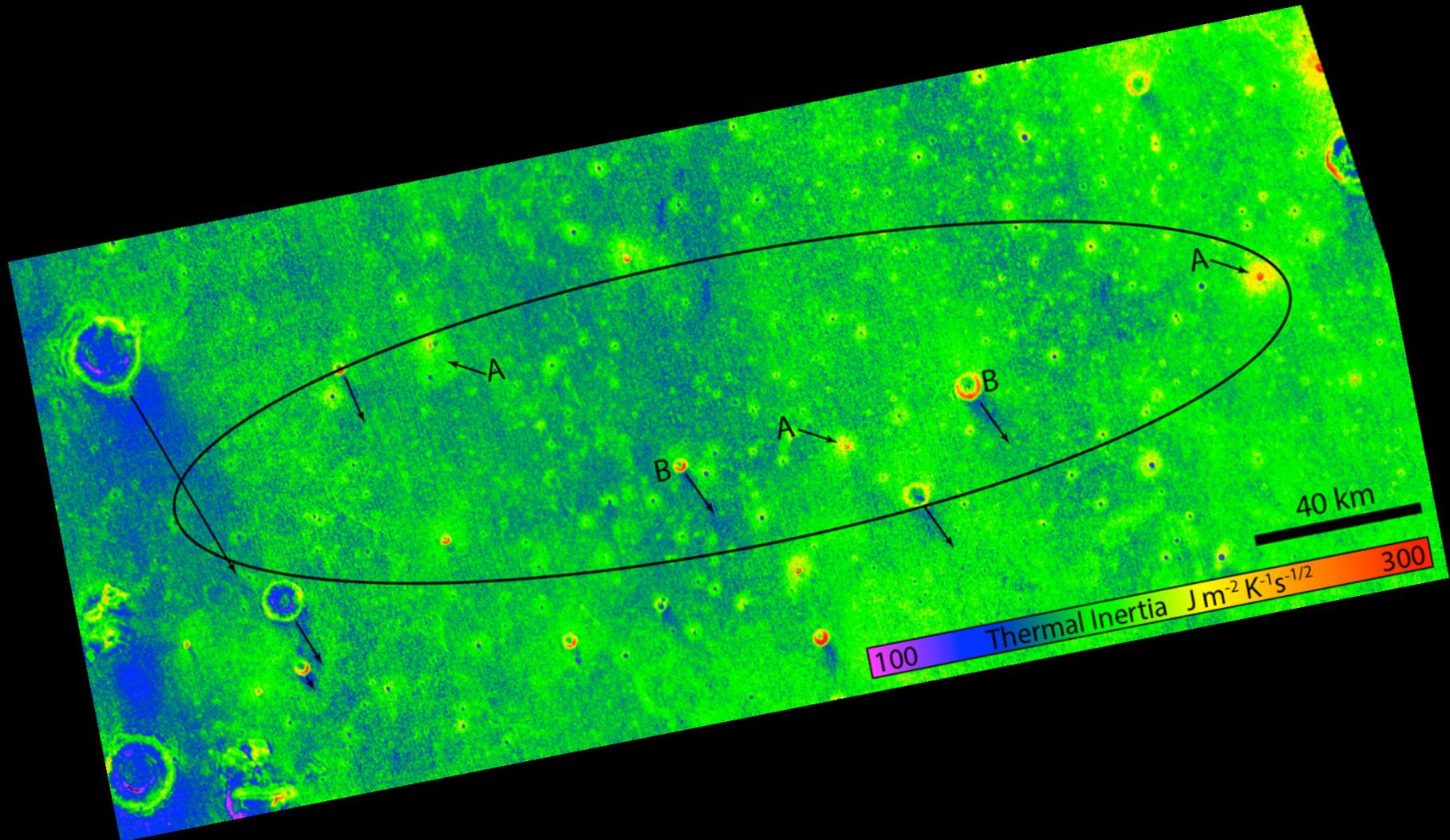
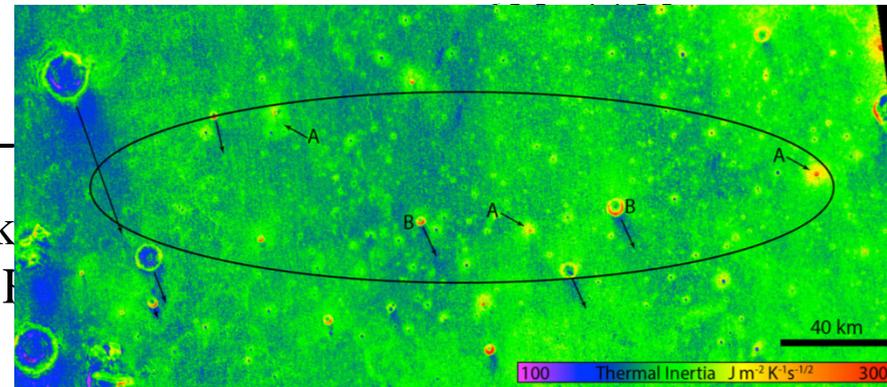
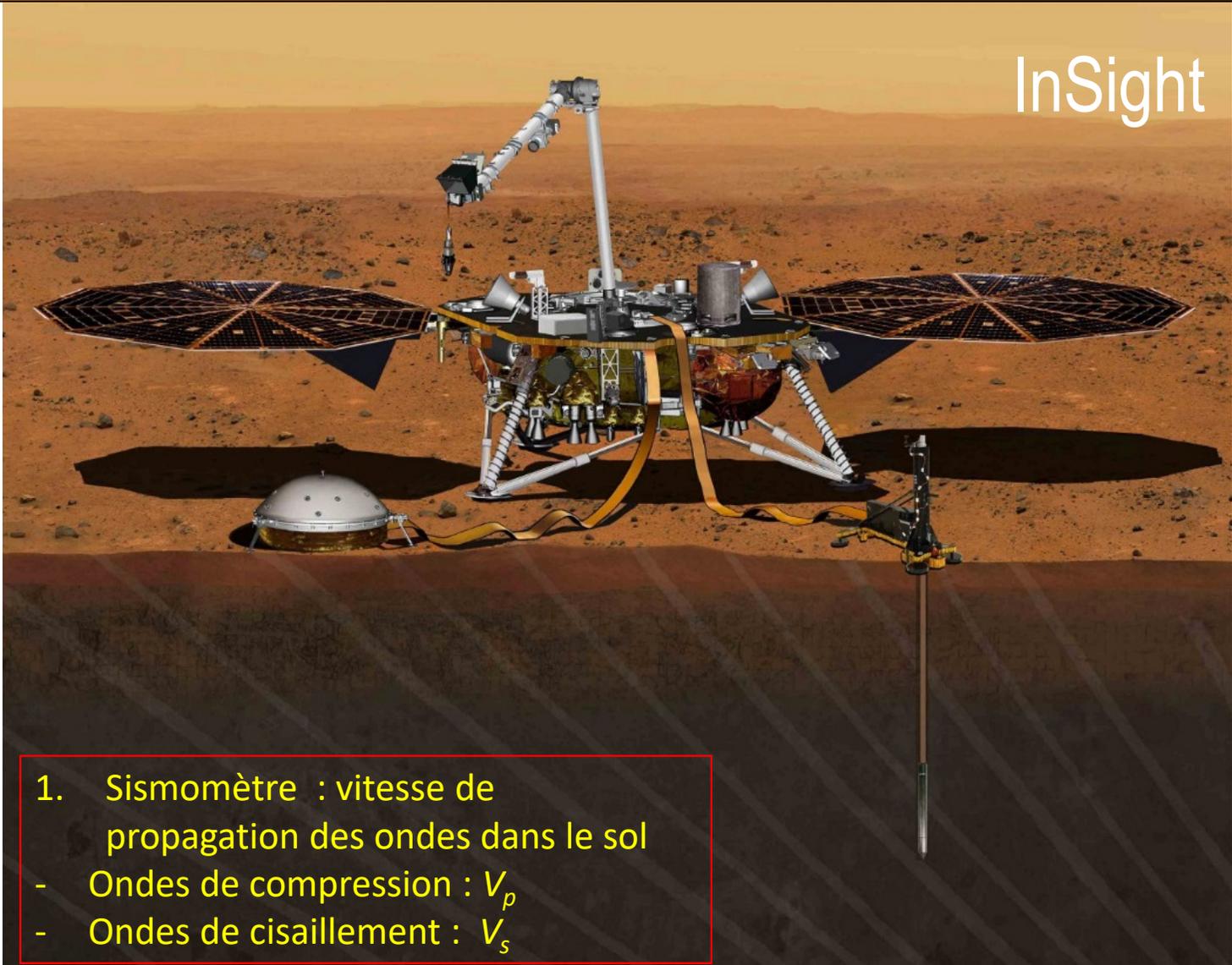


Table 1 Characteristics of some Martian surface materials (Golombek et al. 2008, Chap. 20)

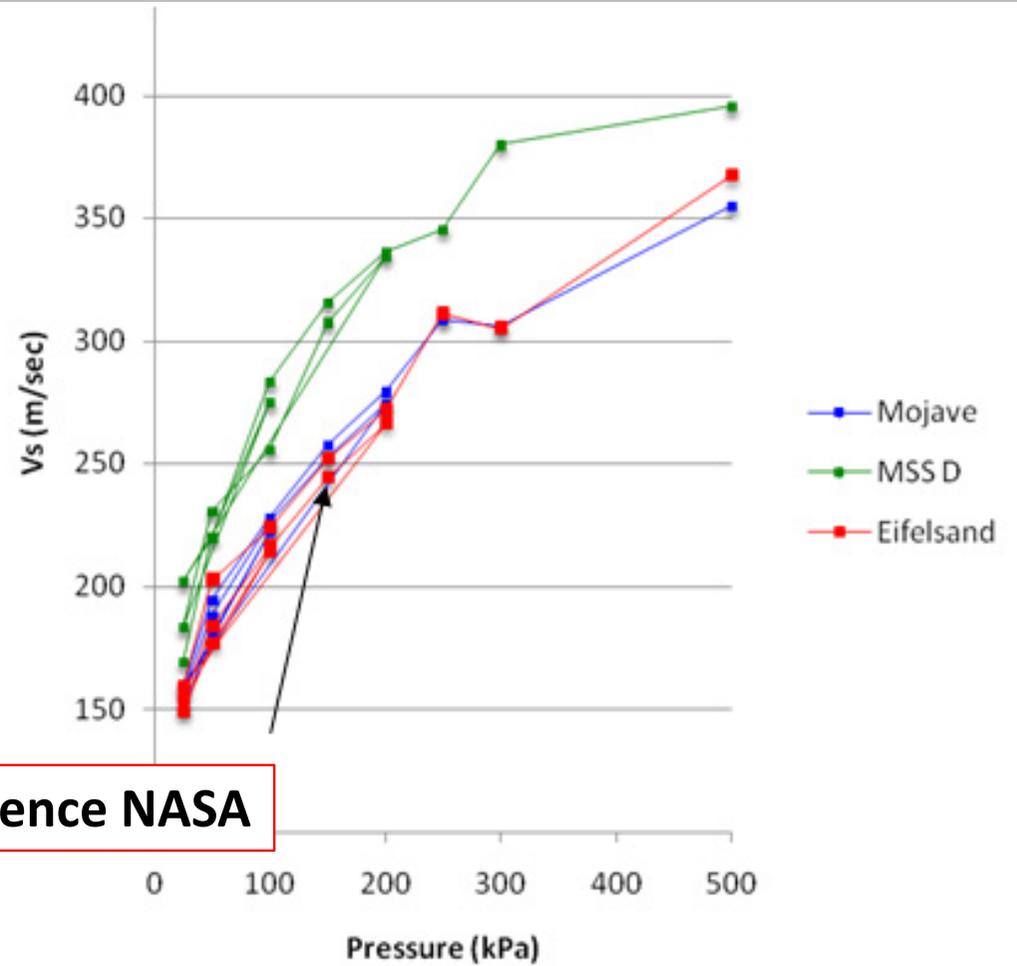
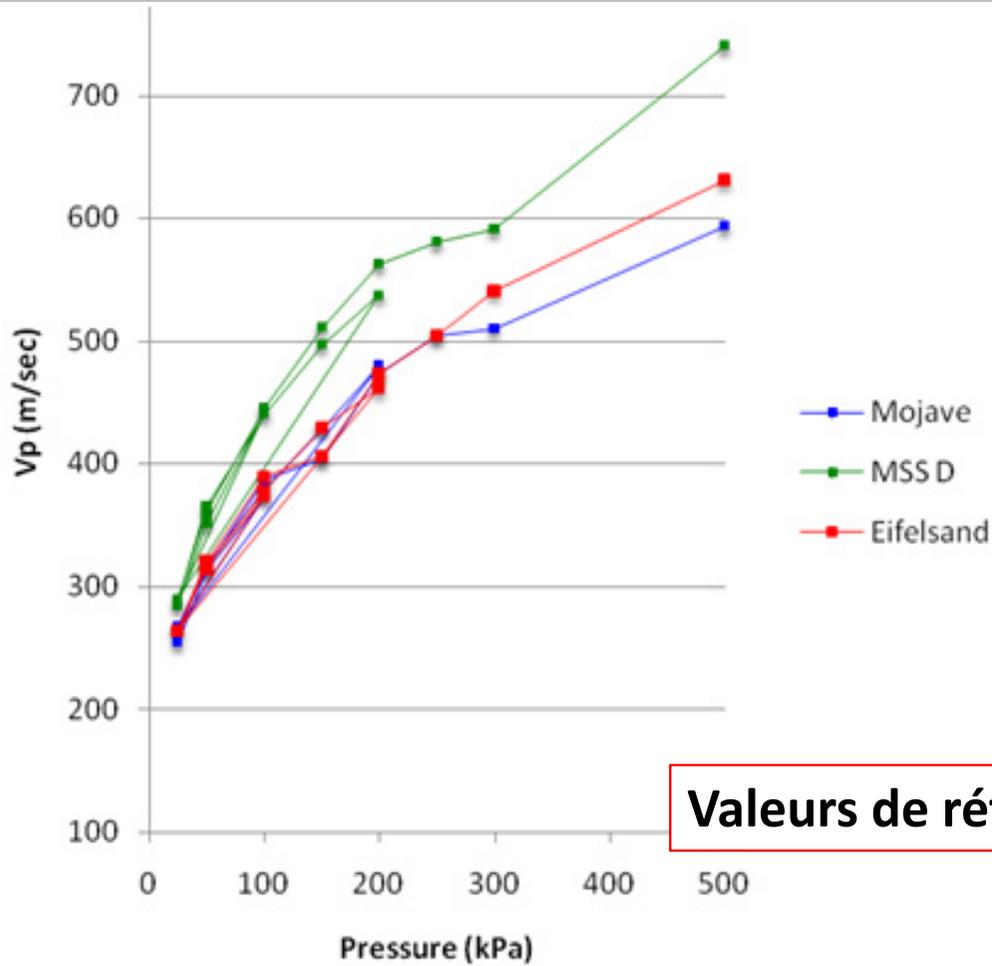
Surface material	Bulk density (Mg/m ³)	Grain size (mm)	Cohesion (kPa)	Friction angle (°)	Thermal inertia (J m ⁻² K ⁻¹ s ^{-1/2})
Drift	1–1.3	0.001–0.01	0–3	15–21	40–125
Sand	1.1–1.3	0.170 micron	–1	30	180 J m ⁻² K ⁻¹ s ^{1/2}
Crusty to cloddy sand	1.1–1.6	0.005–0.5	0–4	30–40	200–326
Blocky, indurated soil	1	Sable de Fontainebleau !		25–33	368–410
Dense float rock, volcanic	2.6–2.8	2–2000	1000–10000	40–60	> 1200–2500
Clastic rock, Columbia Hills	2				
Sulfate rock, Meridiani	< 2				

Data derived from Moore et al. (1987, 1999), Moore and Jakoski (1999), Arvidson et al. (2004a, 2004b), Christensen et al. (2004a, 2004b), Bell et al. (2006a) and Chap. 20 from Bell.

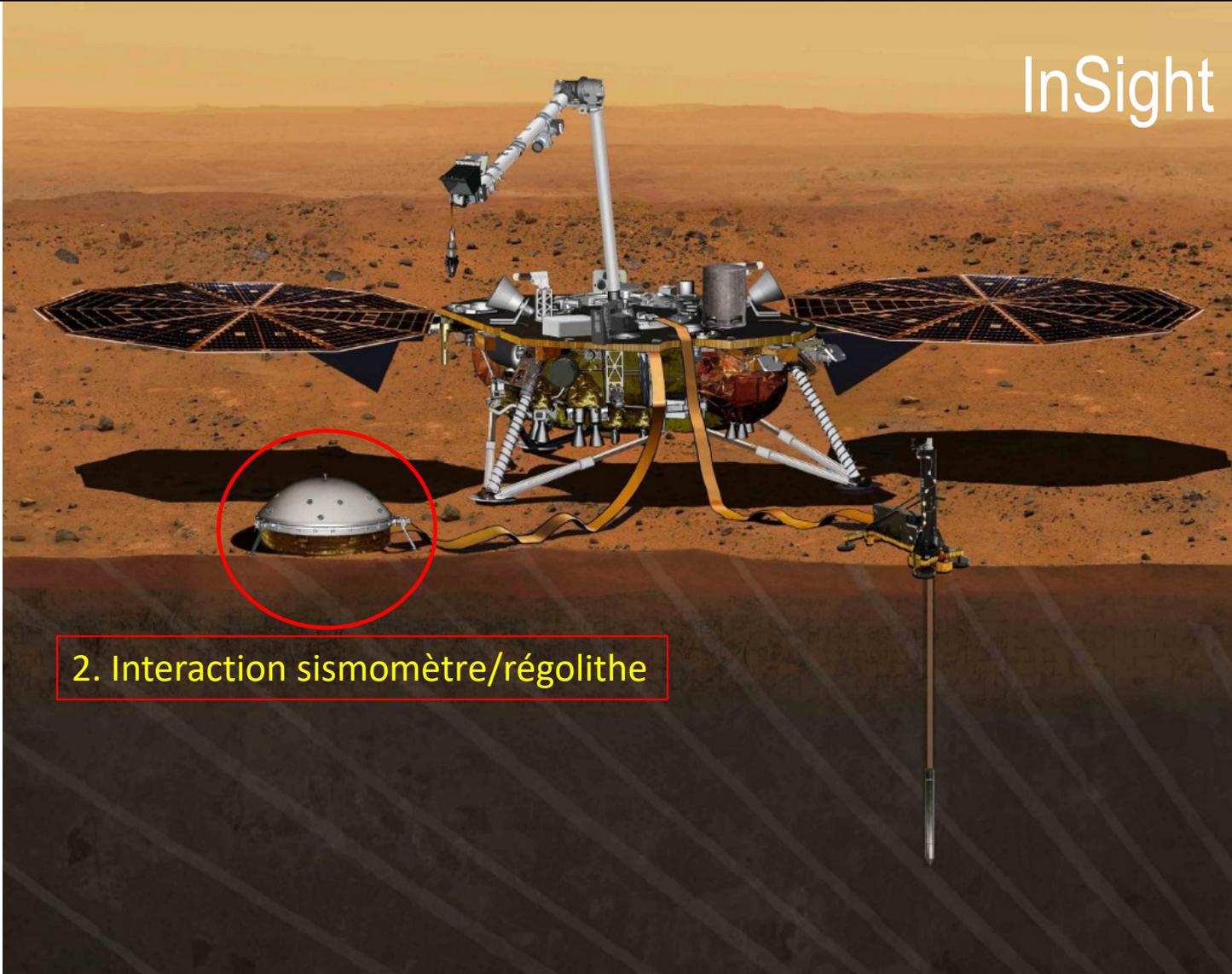


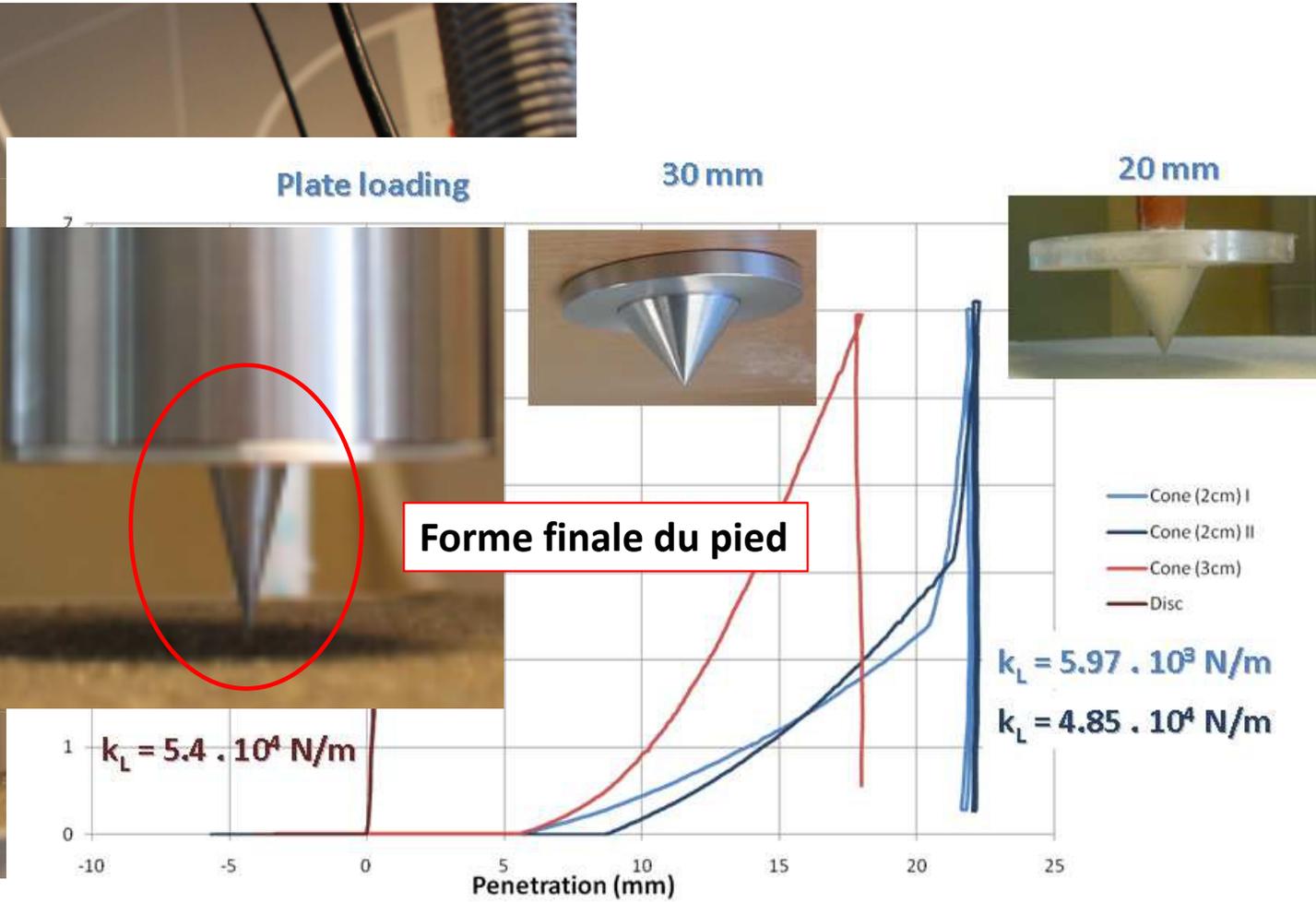


1. Sismomètre : vitesse de propagation des ondes dans le sol
 - Ondes de compression : V_p
 - Ondes de cisaillement : V_s



Valeurs de référence NASA



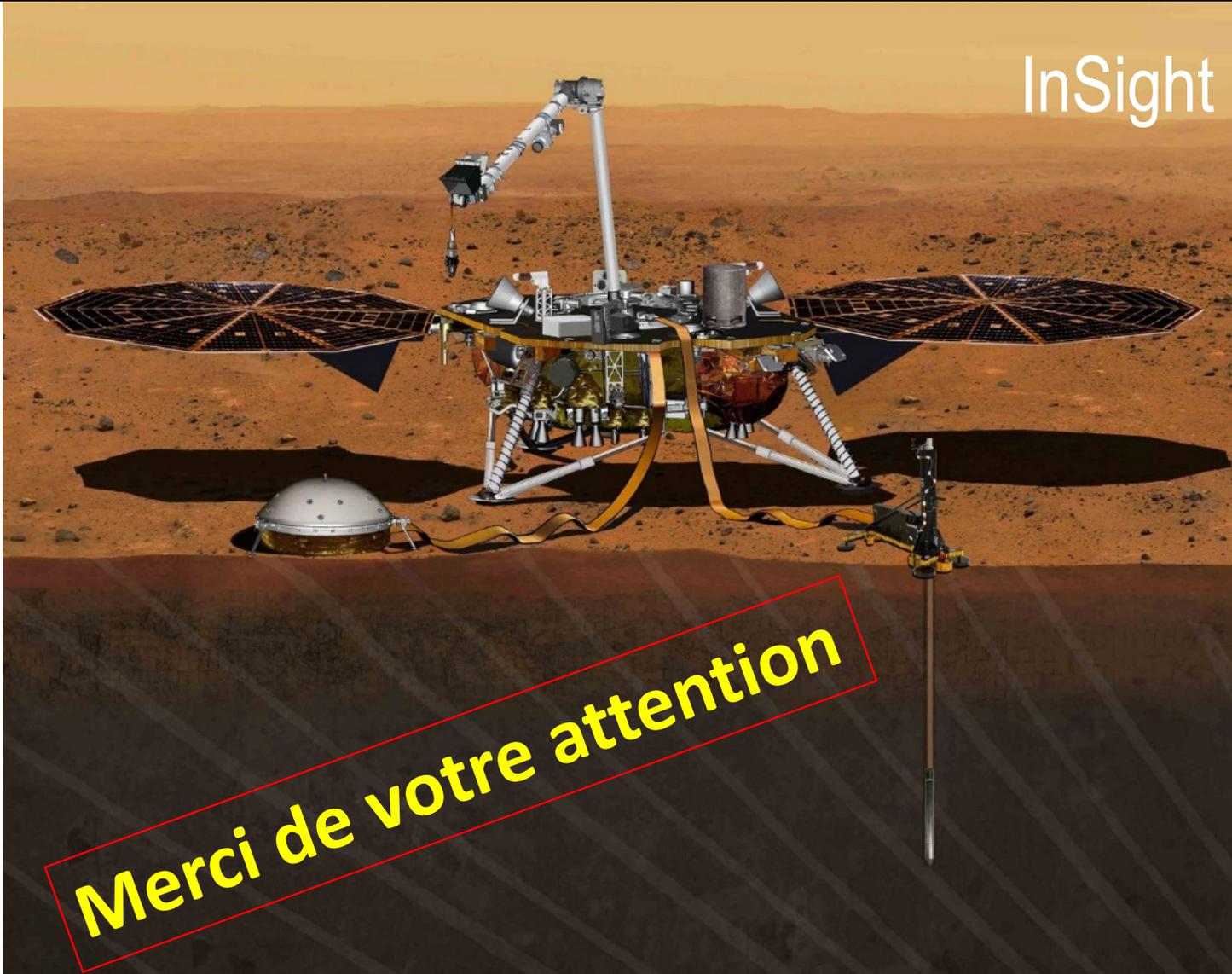


Space Sci Rev
DOI 10.1007/s11214-017-0339-7



An Investigation of the Mechanical Properties of Some Martian Regolith Simulants with Respect to the Surface Properties at the InSight Mission Landing Site

Pierre Delage¹ · Foivos Karakostas² · Amine Dhemaied¹ · Malik Belmokhtar¹ · Philippe Lognonné² · Matt Golombek³ · Emmanuel De Laure¹ · Ken Hurst³ · Jean-Claude Dupla¹ · Sharon Keddar³ · Yu Jun Cui¹ · Bruce Banerdt³



Merci de votre attention