



**HAL**  
open science

## Instrumentation embarquée pour la recherche de traces de vie sur Mars

Frédéric Foucher

► **To cite this version:**

Frédéric Foucher. Instrumentation embarquée pour la recherche de traces de vie sur Mars. Journées Drones & Capteurs embarqués 2021, Sep 2021, Saint-Pierre-d'Oléron, France. hal-03572106

**HAL Id: hal-03572106**

**<https://hal.science/hal-03572106>**

Submitted on 14 Feb 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## Frédéric Foucher

Groupe Exobiologie, Centre de Biophysique Moléculaire, CNRS, Orléans  
[frederic.foucher@cnrs.fr](mailto:frederic.foucher@cnrs.fr)

L'exobiologie s'intéresse à l'origine de la vie et son évolution sur Terre comme ailleurs dans l'Univers.



### Où chercher la vie extraterrestre?

#### CONDITIONS D'HABITABILITÉ:

- corps rocheux,
- présence d'eau liquide actuelle ou passée,
- tectonique limitée pour préserver les fossiles.



#### LIMITATIONS TECHNIQUES:

- le plus près possible de la Terre,
- conditions (T, P...) compatibles avec une exploration *in situ*, seul moyen d'observer une vie microbienne.



#### MARS

Après la Lune et Vénus, l'astre le plus proche de la Terre explorable *in situ*.

### Habitabilité actuelle

#### MARINER 4

(1964-1967, survol de Mars le 15/07/1965)

9 instruments dont un appareil photo, un système d'analyse de l'atmosphère et un détecteur de radiation pour l'étude de la magnétosphère.



Résultats: pas de possibilité d'eau liquide en surface, pas de champ magnétique.

#### VIKING 1 & 2

(1976-1980, lancement en 1975)

2 sondes. Divers instruments dont des appareils photo, une GC-MS, un spectromètre XRF et un module d'expériences biologiques.



Résultats: pas de vie active ni de matière organique en surface.

#### PHOENIX

(2008, lancement en 2007)

Divers instruments dont des appareils photo, un analyseur de gaz, un microscope optique et un AFM.



Résultats: glace d'eau en subsurface (permafrost), perchlorates et carbonates.

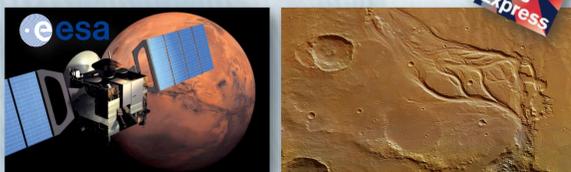
➔ Dans les conditions actuelles, la vie est peu probable en surface.

### Habitabilités passées

#### MARS EXPRESS

(depuis 2003)

7 instruments dont un appareil photo et deux spectromètres infrarouges.



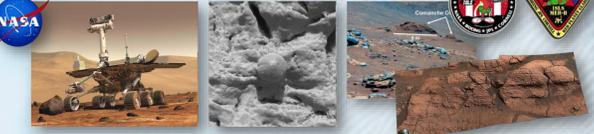
Résultats: eau liquide abondante par le passé démontrée par la présence de lacs, fleuves et rivières asséchés et de minéraux hydratés.

#### MARS EXPLORATION ROVER A & B

SPiRiT & OPPORTUNITY

(2004-2010 & 2004-2018, lancement en 2003)

2 sondes. Divers instruments dont des appareils photo, un spectromètre infrarouge, un spectromètre Mössbauer et un spectromètre APXS.



Résultats: eau liquide passée de pH neutre démontrée par la présence de structures sédimentaires, de carbonates et d'hématite.

#### MARS SCIENCE LABORATORY, CURIOSITY

(depuis 2012, lancement en 2011)

Divers instruments dont des appareils photo, un LIBS, un spectromètre XRF, une GC et un spectromètre de masse



Résultats: présence d'eau liquide sur plusieurs dizaines de milliers d'années compatible avec l'apparition de la vie; présence de perchlorates.

➔ Possibilité d'une vie fossile datant de plus de 3,5 milliards d'années

### Que chercher?

Des fossiles proches des fossiles terrestres datant de la même époque.



Des fossiles proches des fossiles des premiers organismes vivants sur Terre.

### Comment détecter une vie microbienne?

Preuve directe:

- Observation de colonies microbiennes.

Preuves indirectes:

- Biomolécules (e.g. acides nucléiques)
- Biogaz (e.g. méthane)
- Biominéraux (e.g. vaterite)
- Biostructures (e.g. stromatolithes)



### Comment détecter des microfossiles de plusieurs Ga?

Preuve directe:

- Observation de colonies fossilisées (pas suffisant).

Preuves indirectes:

- Biomolécules → matière carbonée (pas suffisant).
- Biogaz
- Biominéraux → quelques biominéraux (pas suffisant).
- Biostructures (pas suffisant).

### Histoire de l'eau sur Mars

Vie microbienne en surface?

Microfossiles en surface?



Vie microbienne en sous-sol?

➔ Nécessite un faisceau de preuves! ➔ Une approche multi-échelle et multimodale



### Le défi de la spatialisation

#### MASSE:

Quelques dizaines de kg max.

#### ENERGIE:

Quelques dizaines de W max.

#### DÉLAIS DE COMMUNICATION:

entre 6 et 45 min (aller-retour à la vitesse de la lumière).

➔ instruments limités (type, puissance, résolution) et automatisés

### MARS 2020

(depuis 2020, lancement en 2019)

Perseverance, une version 1.2 de Curiosity. Divers instruments dont des appareils photo, un LIBS, deux spectromètres Raman.



Objectif: collecter des échantillons en vue de leur retour sur Terre.

### INGENUITY

Un drone sur Mars! Hélicoptère équipé d'une caméra de navigation, d'une caméra couleur HD (13 Mp) et d'un altimètre.



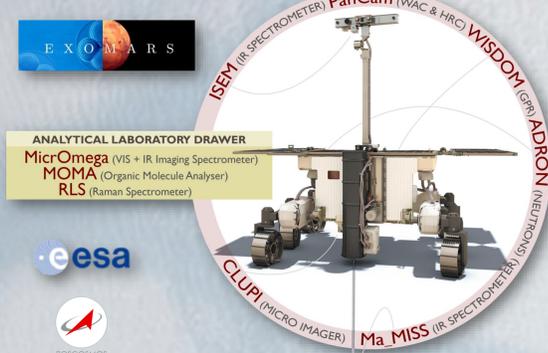
Objectif: plutôt pensé comme un démonstrateur, la possibilité d'obtenir des prises de vue aériennes est intéressante pour la navigation du rover et pour renseigner sur le contexte géologique.

### Missions en cours et à venir

#### EXOMARS 2022

(à partir de 2023, lancement en 2022)

Divers instruments dont des appareils photo, un spectromètre Raman, deux spectromètres IR, un LD/GC-MS.



Objectif: collecter des échantillons en profondeur (jusqu'à 2 m) pour y détecter des molécules organiques et des traces de vie actuelle et/ou fossile.

#### MARS SAMPLE RETURN

(à partir de 2026, retour en 2031)

Rover européen de collecte des échantillons prélevés par Perseverance et renvoi sur Terre en 2031.



Objectif: étudier des échantillons avec à disposition l'ensemble des méthodes de laboratoire.

#### EURO-CARES

Projet Horizon-2020 pour réfléchir à la création d'un centre de curation européen d'échantillons spatiaux, en particulier d'échantillons ramenés de Mars.



Objectif: optimisation des protocoles d'analyses, prises en compte des contraintes liées à la protection planétaire.

#### L'HOMME SUR MARS

(à partir de 2050?)

Vitesse d'exploration démultipliée, augmentation du nombre de techniques utilisables, possibilité de télépilotage en temps réel...

