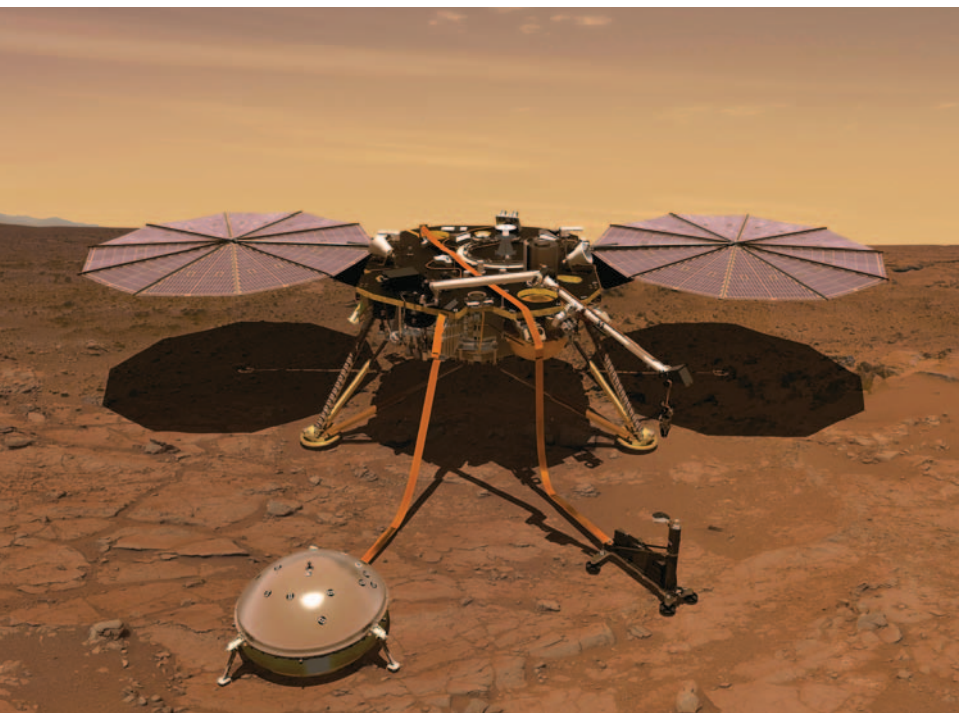


## Bientôt des chimistes sur Mars ?



InSight sur Mars (vue d'artiste, © NASA/JPL-Caltech).

La mission InSight de la NASA, partie le 5 mai dernier en direction de Mars et qui doit arriver à destination le 26 novembre (après 205 jours), a relancé les phantasmes sur la « planète rouge », spécialement en France car le Centre national d'études spatiales (CNES), partenaire de cette mission, y a embarqué une station géophysique – le sismomètre SEIS –, qui va mesurer l'activité tectonique de Mars. Dans un grand élan de rêves et de science-fiction, les médias ont rivalisé pour enfile les combinaisons de néo-explorateurs en ce domaine inconnu. Pourra-t-on un jour faire de la chimie sur Mars ?

En réalité, nous avons déjà sur place un très bon « chimiste », le rover Curiosity, équipé du laboratoire « ChemCam », une merveille technologique d'instruments analytiques élaborée par le CNES, avec la collaboration du CNRS, du CEA et de l'Université de Toulouse (cocorico !). Il comporte plusieurs spectromètres à rayons X, un spectromètre de masse, un laser infrarouge, qui permettent par ablation laser d'analyser les roches et des échantillons du sol martien. Un chromatographe complète la panoplie analytique pour l'analyse de l'atmosphère [1]. C'est ainsi que l'on sait maintenant de façon assez précise, après le 500 000<sup>e</sup> tir du laser pulsé en décembre 2017, que le sol martien est principalement composé d'oxydes métalliques, de nickel, de cobalt, mais surtout de fer, l'hématite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  étant dominante et donnant la couleur rouge de cette planète. De son périple de plus de dix kilomètres dans le cratère Gale, les analyses du rover montrent que ces sédiments sont issus de l'érosion de roches basaltiques due à l'action de l'eau par une mer et des rivières qui ont disparu il y a 3,7 milliards d'années. L'érosion éolienne par les vents solaires, les poussières galactiques et la percussion d'astéroïdes ont aussi façonné le

sol de Mars. Dans sa recherche de molécules organiques, preuves d'une vie éventuelle, Curiosity n'avait pu identifier jusqu'en mai 2018 que des particules de carbone apportées par les vents galactiques et parfois des bouffées de méthane, mais tout récemment, il a analysé des molécules organiques dans un prélèvement [2]. Dans son exploration vers le mont Sharp, plusieurs sulfates (Ca et Mg) ainsi que des argiles ont été mis en évidence, ce qui montre la présence d'eau de cristallisation.

### Mars, une planète accueillante ?

Alors, peut-on aller plus loin dans l'exploration spatiale et envoyer des scientifiques pour préciser nos connaissances et identifier des ressources éventuelles ? Il faut d'abord rappeler les conditions extrêmes sur notre voisin du cosmos. Dans le cratère Gale, la température varie entre - 140 et + 25 °C suivant le temps et la saison. L'atmosphère, composée à 95 % de  $\text{CO}_2$  et de moins de 1 % d'oxygène, est quasi inexistante puisque sa pression est de l'ordre de six millibars ( $6 \times 10^{-3}$  bar), soit 170 fois moins

que sur Terre. La masse totale de Mars est le tiers de celle de la Terre, donc la constante gravitationnelle n'est que de 3,7 N (9,8 N sur Terre). Le ciel est brun ou gris car l'atmosphère peu dense et le faible nombre de particules empêchent la diffusion de Rayleigh qui nous fait, à nous Terriens, un beau ciel bleu. N'oublions pas non plus que la surface est balayée par les vents solaires et les rayonnements galactiques qui ne sont pas déviés comme sur Terre, car Mars n'a pas de champ magnétique propre. Cela signifie qu'au cours de son voyage de plusieurs mois et de son séjour de six mois, le courageux astronaute subira un bombardement intensif que l'on estime à environ 1 000 millisieverts (mSv), alors que sur Terre, on recommande de ne pas dépasser 2,5 mSv par an.

### Comment y aller ?

En 2018, il y a un fort encouragement d'expédition de prestige de la part de la présidence américaine. On le détecte avec le projet de faire de la Lune une étape pour la destination Mars, avec la préparation de deux lanceurs opérationnels en 2019-2020 : la fusée BFR (ou « Big Falcon Rocket ») de SpaceX, l'entreprise de Elon Musk, pouvant y emporter 40 tonnes, et le SLS (ou « Space Launch System ») de la NASA emportant 26 tonnes. En Europe, Airbus a une autre approche, celle de placer en orbite un démonstrateur d'usine spatiale avec plusieurs bras robotisés communicants, capables de fabriquer de façon autonome des satellites, des panneaux, des abris, qui permettraient d'alléger les futurs porteurs non soumis aux vibrations du départ et à la forte gravité terrestre. Il reste clair que les propulseurs classiques (chimiques) sont handicapés par une poussée limitée par le poids de carburant à emporter

et que le voyage peut difficilement durer moins de six mois. Les propulseurs électriques basés sur l'effet Hall et l'éjection d'ions accélérés par un champ électrique ou magnétique sont économiques et plus légers mais ont une faible poussée (1 W) [3]. Par contre, une invention en cours d'essai, le « Ad Astra Rocket », utilise un plasma d'argon porté à très haute température ( $10^6$  °C) confiné par des aimants supraconducteurs et accéléré par une forte bobine magnétique dans une tuyère céramique. La poussée serait alors de l'ordre du mégawatt et dans ces conditions, le voyage durerait trente-neuf jours.

## Un heureux séjour

Arrivé sur Mars, il faut pouvoir y vivre. On a vu que les conditions y sont extrêmes. Les modèles de base lunaire peuvent peut-être s'appliquer. Celle de l'Italien Marco Peroni est composée d'abord d'un dôme de seize câbles électrifiés de 10 cm de diamètre se croisant au-dessus de la base et coiffé d'un bouclier de plaques d'acier au sommet. Ce dôme induit un champ magnétique censé protéger des rayonnements cosmiques et des astéroïdes. À l'intérieur sont disposés des bungalows formés d'une enveloppe en Kevlar® gonflée par de l'air comprimé où des robots montent par fabrication 3D une couche interne protectrice minérale à base des oxydes de la surface et d'une encre polymère. Tout cela exige de l'énergie et c'est pourquoi la NASA vient d'expérimenter avec succès en avril dernier un miniréacteur nucléaire, le « Kilopower Reactor Using Stirling Technology » ou KRUSTY, qui est un réacteur à uranium 235 dont le cœur n'est pas plus grand qu'un « rouleau essuie-tout ». Des caloducs au sodium transfèrent la chaleur à des moteurs Stirling qui la convertissent en électricité. Ce type de réacteur peut fournir 10 kW de puissance durant au moins dix ans. Quatre de ces dispositifs permettraient d'alimenter un poste avancé sur Mars. Avec l'énergie, l'eau est aussi nécessaire, ne serait-ce que par électrolyse pour en tirer de l'oxygène et de l'hydrogène qui manquent cruellement. Il faudra alors voir si les argiles et les sulfates présents peuvent être déshydratés, ou si près des pôles, des glaces souterraines peuvent être identifiées et fondues, car pour en extraire de l'atmosphère, il faudra se lever tôt : la teneur varie de 20 à 70 ppm !

Comme l'homme ne vit pas seulement d'eau et d'espoir, mais aussi de nourritures « terrestres », la NASA et des chercheurs péruviens de Lima ont expérimenté la pousse de certaines variétés résistantes de pommes de terre. Pour cela, ils ont reproduit dans une serre les conditions atmosphériques martiennes ( $\text{CO}_2$ ,  $\epsilon$   $\text{O}_2$ ,  $p = 7$  mbar) sur un sol très sec issu du sud du désert péruvien et préalablement analysé. Certaines variétés poussent de façon encourageante. Une future mission chinoise prévue fin 2018 doit aussi déposer un rover, Chang'e 4, sur le pôle sud de la Lune pour tester le développement de plantes et d'insectes dans une faible



InSight : test sur les panneaux solaires de l'atterrisseur (Courtesy of Lockheed Martin, DR).

gravité. D'autre part, l'expérience de tester le comportement psychologique d'une équipe d'hommes et de femmes confinés dans un milieu extrême s'est achevée fin 2017 après 520 jours de vie commune ; les rapports à l'issue de cette expérience ne sont pas encore connus. L'imagination des ingénieurs de la NASA n'a plus de limites : en mai, ils ont montré le prototype d'un petit hélicoptère qui devrait voler comme un drone à 30 m au-dessus du sol martien. Pesant 1 kg avec des pales de 1,50 m tournant à un régime très rapide, il devrait pouvoir s'élever grâce à la faible gravité et à la densité du  $\text{CO}_2$  malgré la très faible portance de l'atmosphère. Déjà un retour d'expérience du séjour de Curiosity qui a fracturé l'une de ses roues permet de concevoir pour les futurs engins martiens une roue chaussée d'une espèce de cote de maille en alliage à mémoire de forme Ni-Ti qui peut se déformer jusqu'à l'axe principal, puis reprendre sa forme initiale. Pour l'instant, je n'ai pas trouvé de publications et de projets quant au retour sur Terre, mais je ne doute pas de l'imagination et du savoir-faire des scientifiques aiguillonnés par l'envie et la fièvre de la découverte de « terres nouvelles » semblables à celles qui enflammaient les navigateurs des XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles, suivant les vers du poème *Les conquérants* de José-María de Heredia... Ils veulent toujours regarder « monter en un ciel ignoré, du fond de l'Océan des étoiles nouvelles. »

Jean-Claude Bernier

Juin 2018

[1] [www.msl-chemcam.com](http://www.msl-chemcam.com) ; Jacquesy R.A., La chimie et ses méthodes à l'assaut de Mars, *L'Act. Chim.*, **2013**, 370, p. 6.

[2] NASA finds ancient organic material, mysterious methane on Mars, 7 juin 2018, <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-finds-ancient-organic-material-mysterious-methane-on-mars>

[3] Aanesland A., La propulsion électrique : de la propulsion classique à la micropropulsion, dans *Chimie, aéronautique et espace*, EDP Sciences/Fondation de la Maison de la Chimie, **2018**, p. 137.

## Index des annonceurs

Chemspec Europe  
CultureSciences-Chimie

2<sup>e</sup> de couv.  
p. 49

Fondation de la Maison de la Chimie

p. 53, 4<sup>e</sup> de couv.

Régie publicitaire : FFE, 15 rue des Sablons, 75016 Paris.  
Tél. : 01 53 36 20 40 – [www.ffe.fr](http://www.ffe.fr) – [aurelie.vuillemin@ffe.fr](mailto:aurelie.vuillemin@ffe.fr)