

## EN AVANT MARS

# « EN AVANT MARS ! »

- **Jessica Flahaut, Planétologue, chargée de recherche CNRS, Université de Lorraine.**

- **Sylvain Breton, Enseignant-chercheur, Université de Lorraine.**

**M**ars est la destination de nombreuses missions spatiales depuis les années soixante. Des rovers, petits robots sur roues, arpentent sa surface depuis 1996. En ligne de mire désormais : les vols habités. À travers différentes questions accessibles, les auteurs de l'ouvrage « En avant Mars ! », paru aux éditions EDP Sciences, reviennent sur l'histoire de nos relations avec la planète rouge et expliquent les dernières découvertes des explorations martiennes. Dans cet extrait, il répondent à la question « Quel temps fait-il sur Mars ? » Pour préparer une mission vers Mars, les ingénieurs et techniciens se demandent quel temps il va faire sur place. Après tout, un robot n'aime ni la pluie ni le givre, et pour bien fonctionner, certains rovers ont aussi besoin de l'énergie du Soleil. Voici donc un petit point sur la météo martienne.

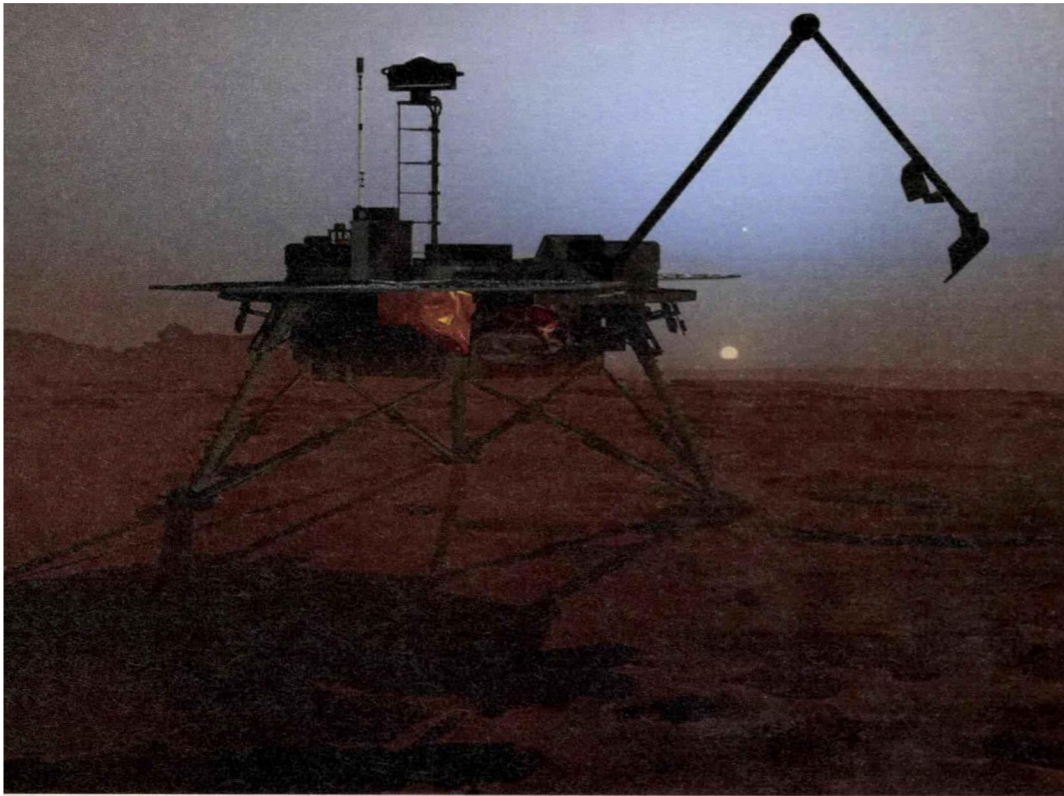
### Des températures glaciales

La surface de Mars est très froide, avec des températures autour de  $-63^{\circ}\text{C}$  en moyenne. Mais tout comme sur Terre, ces températures changent

fortement selon les saisons et la latitude. Ainsi, au niveau des pôles, la température peut descendre jusqu'à  $-150^{\circ}\text{C}$ , tandis que l'on enregistre des températures grimant jusqu'à  $20^{\circ}\text{C}$  au niveau de l'équateur. Pourquoi la température est-elle si faible ? Eh bien tout simplement car Mars, située une fois et demie plus loin du Soleil que la Terre, reçoit deux fois moins d'énergie de notre étoile sur une surface équivalente. Un second facteur vient également amplifier la différence de température entre la Terre et Mars : l'épaisseur de l'atmosphère martienne. En effet, sur Terre, sans l'atmosphère et ses gaz à effet de serre, il ferait en moyenne  $-18^{\circ}\text{C}$ . Bien que l'atmosphère de Mars soit principalement composée de  $\text{CO}_2$ , elle est si ténue que l'effet de serre est négligeable, ne permettant pas de réchauffer la surface de Mars, contrairement à ce qui se passe sur notre planète. S'il fait si froid, doit-on s'attendre à rouler dans la neige ? À priori non, car l'atmosphère martienne reste beaucoup trop sèche pour observer des précipitations sur Mars. En revanche, localement, l'air se trouve parfois assez humide





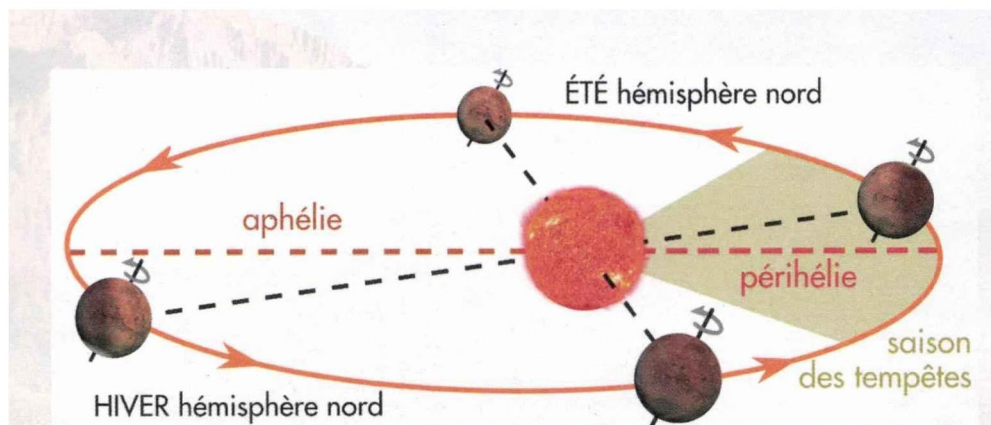


*Vue d'artiste de Phoenix, atterrisseur américain qui a visité le pôle Nord de Mars en 2008. Ce robot disposait d'une station météo miniature. Il a mesuré la température et la pression dans la basse atmosphère et a même pris en flagrant délit des flocons de neige en altitude ! NASA/JPL-Caltech/University of Arizona.*

pour former des nappes de brouillard temporaires et de fins nuages de glace. On peut aussi observer du givre se former autour du pôle Nord, comme le montraient déjà les premières images envoyées par les atterrisseurs Viking. La sonde Phoenix, qui s'est posée près du pôle Nord, a aussi détecté la présence de quelques flocons de neige 4 km au-dessus d'elle en septembre 2008. Mais ces flocons n'ont jamais atteint le sol ! Ils se sont sublimés en gaz très rapidement et ont disparu.

#### **Une bonne dose d'UV**

Si la surface de Mars peine à se réchauffer, il faut pourtant se méfier des coups de soleil ! En effet, sur Terre, une partie des rayons solaires est directement absorbée dans l'atmosphère, notamment par la couche d'ozone. D'autres rayons se trouvent déviés, bien plus loin de la surface, par le champ magnétique de notre planète. Mais Mars ne possède ni atmosphère épaisse, ni couche d'ozone, ni champ magnétique pour protéger sa surface



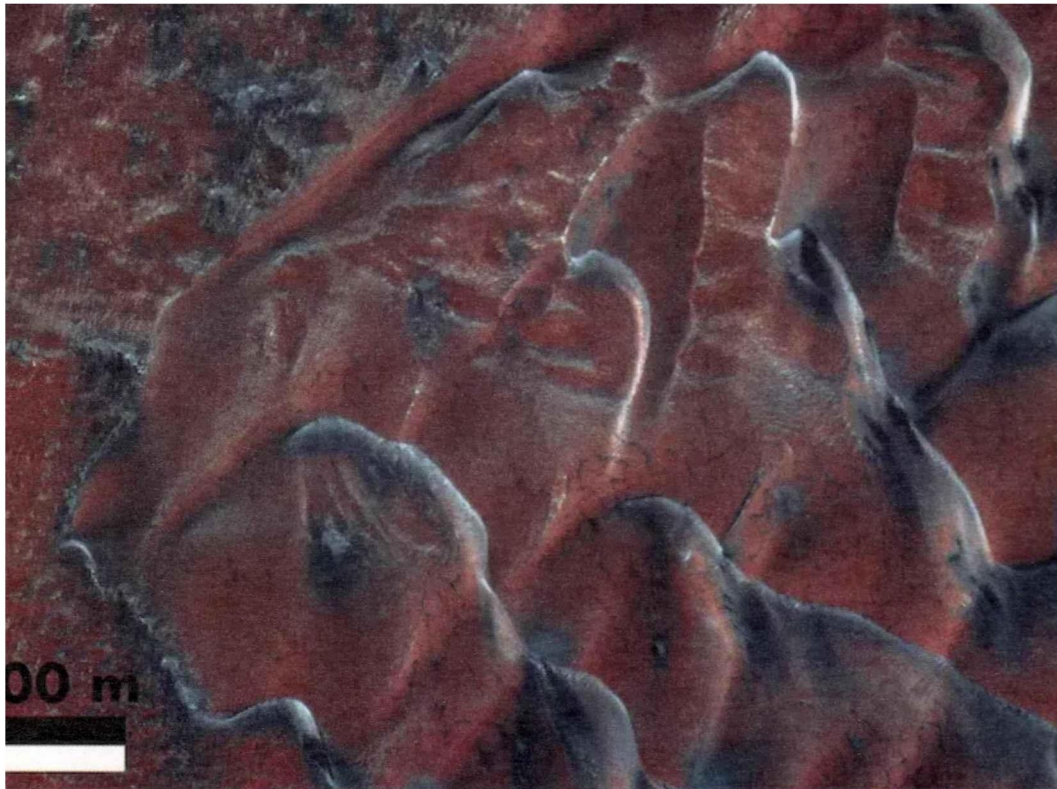
*Comme sur Terre, les saisons martiennes sont contrôlées par la face que Mars présente au Soleil. Mais chez notre voisine, l'excentricité de la planète vient amplifier les saisons dans l'hémisphère sud et les atténuer dans l'hémisphère nord. Fourni par l'auteur.*

des rayonnements solaires les plus dangereux. La quantité de rayons ultraviolets (UV), responsables des coups de soleil, est bien plus importante que sur Terre. Et d'autres rayonnements à haute énergie, tels que le vent solaire et les rayonnements cosmiques, atteignent la surface dans des quantités dangereuses pour tout être vivant qui se trouverait sur place. L'inexistence de champ magnétique sur Mars a même une conséquence irréversible pour sa fragile atmosphère. En l'absence de cette précieuse protection, certains rayons solaires très énergétiques brisent les molécules de gaz de l'atmosphère, qui deviennent alors tellement légères qu'elles échappent à la gravité martienne et fuient définitivement vers l'espace : Mars perd donc son atmosphère au cours du temps.

#### **Du vent, des tempêtes et des tornades**

Rajoutant au climat inhospitalier de Mars, des vents balaient fréquemment la poussière très fine, surtout au cours de grandes tempêtes. Tous les étés martiens (soit tous les deux ans sur Terre), on observe de tels phénomènes dans l'hémisphère sud. Des nuages de poussière couvrant une grande partie de Mars sont alors observables depuis la Terre. Il arrive même que certaines de ces tempêtes s'étendent à l'ensemble de la planète, rendant son atmosphère opaque aux rayons du Soleil et faisant drastiquement chuter les températures en surface. Les vents martiens s'expliquent, comme sur Terre, par la combinaison de deux mécanismes : les contrastes thermiques importants et la rotation





*Autour du pôle Nord, la différence de température entre la calotte et ses alentours provoque de forts courants d'air : ces vents dits catabatiques sont responsables de la formation de gigantesques champs de dunes que l'on peut voir avancer de quelques mètres par an entre deux passages de satellite. Des champs de dunes similaires sont fréquemment observés au fond des cratères et des dépressions topographiques sur Mars : leur forme et leur orientation sur les images à haute résolution donnent des indications sur la direction et la force du vent responsables de leur mise en place. NASA/JPL/University of Arizona.*

de la planète. Les missions d'atterrissage martiennes ont permis de poser des instruments météo à la surface, recueillant des informations sur la circulation de l'air sur Mars. En temps normal, le vent martien souffle à une vitesse de 15 à 30 kilomètres par heure, mais cette vitesse peut atteindre des pointes d'environ 120 kilomètres par heure lors de tempêtes. Cependant, contrairement

à un vent terrestre de cette vitesse, un humain sur Mars ne sentirait qu'une légère brise, en raison de la faible pression atmosphérique ! La différence de force d'un vent terrestre et d'un vent martien de même vitesse est comparable à la différence de force exercée par un courant d'eau et un vent terrestre de même vitesse : plus le fluide en mouvement est dense, plus la force qu'il exerce est grande.





*Bien qu'il en ait croisé moins que son jumeau Spirit, Opportunity a aussi observé des dust devils, petits tourbillons de poussière créés par une colonne ascendante d'air chaud. NASA/JPL-Caltech.*

### **Des saisons marquées**

Tout comme sur Terre, les températures changent au cours d'une année martienne. En fonction de l'inclinaison de la planète par rapport aux rayons de soleil incidents, les hémisphères nord et sud reçoivent une quantité d'énergie solaire différente. Mais sur

Mars, un second facteur vient jouer sur les saisons : son orbite autour du Soleil est plus ovale que ronde (autrement dit, son orbite est fortement elliptique), ce qui signifie que sa distance à notre étoile varie fortement au cours d'une année. Lorsque Mars est la plus proche du Soleil (le périhélie), elle reçoit 40 % plus d'énergie



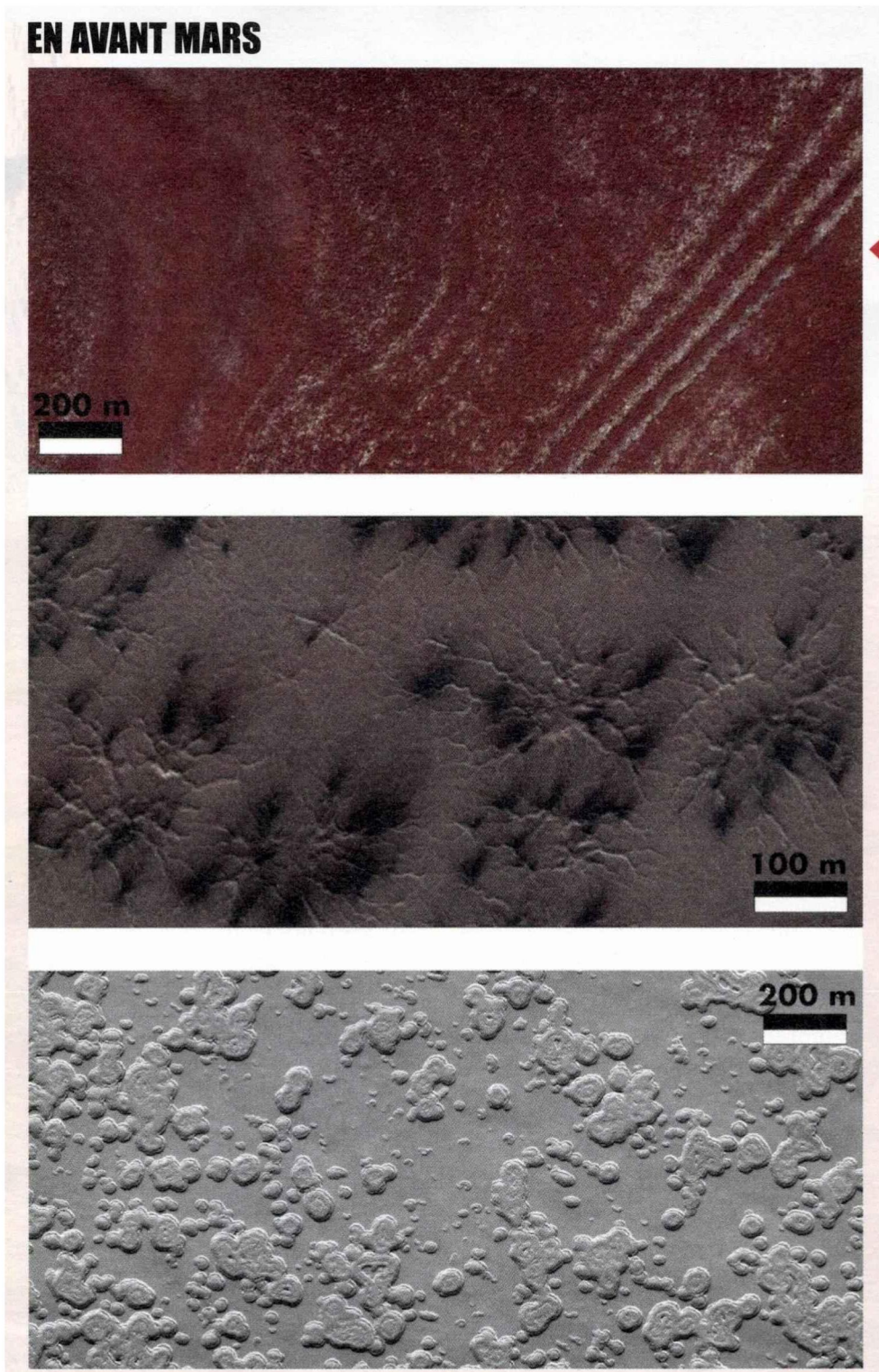
solaire qu'au moment où elle en est le plus loin (l'aphélie). Ce second effet influe largement sur la durée et l'intensité des saisons martiennes. Les hivers dans l'hémisphère nord ont lieu au moment du périhélie. Ils y sont donc doux et courts tandis que les étés y sont longs et froids. Inversement, les hivers de l'hémisphère sud sont plus longs et froids, alors que les étés y sont courts et chauds. Ces saisons ont des conséquences marquantes sur le climat martien. Ainsi, les tempêtes de sable ont plus particulièrement lieu au périhélie (au moment de l'été dans l'hémisphère sud), lorsque l'énergie solaire plus importante déclenche des vents plus violents. La différence d'intensité des saisons entre les hémisphères nord et sud joue aussi un rôle majeur dans la composition et la dynamique des calottes polaires. Lors de l'hiver de l'hémisphère sud, les températures descendent fortement et une part importante du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère martienne se condense sous forme de glace, diminuant la pression atmosphérique de la planète. Mais ce cycle saisonnier n'est pas le seul à influencer le climat martien. Au cours de ces derniers millions d'années, l'intensité des saisons et la distribution de la glace ont probablement changé de nombreuses fois. En effet, sur Terre, l'inclinaison de l'axe de la planète par rapport au plan orbital moyen, appelé obliquité, est stabilisée autour de 23,4° C par la présence de la Lune. En conséquence, les pôles se présentent toujours au Soleil avec le même angle tous les étés. En revanche, l'absence de satellite massif autour de Mars entraîne une forte oscillation de son obliquité à l'échelle de la centaine de milliers d'années : l'ensoleillement

des pôles en été varie largement, et la glace a tendance à s'accumuler tantôt aux pôles, tantôt près de l'équateur, lorsque la planète bascule sur son axe ! Outre les modélisations numériques, la présence d'anciennes langues glaciaires sur les flancs de Tharsis en témoigne : même si elle reste froide et sèche, Mars connaît de fréquents chamboulements climatiques depuis plusieurs millions d'années.

### Des calottes polaires

Repérées au télescope dès 1666 par Cassini et quelques années plus tard par Huygens, les calottes polaires martiennes ont été décrites comme deux taches blanches aux pôles. Les mêmes observations permettent déjà de remarquer l'existence d'un cycle saisonnier avec des calottes de taille variable, ainsi que des cycles de condensation et de vaporisation de la glace entre l'hiver et l'été. Il reste cependant toujours une calotte résiduelle dite « pérenne », épaisse de 2 kilomètres et large d'environ 1000 kilomètres au nord, contre 3 kilomètres d'épaisseur pour 400 kilomètres de largeur au sud. Les calottes polaires Nord et Sud ne se ressemblent donc pas, du fait des saisons inégales entre les deux hémisphères, mais aussi de leur forte différence d'altitude. En effet, la base de la calotte Sud culmine à plus de 6000 mètres au-dessus de celle du pôle Nord. La variation de pression est donc suffisante pour modifier les conditions de stabilité de la glace de CO<sub>2</sub> (dite glace sèche). Les spectres acquis dans le domaine infrarouge par les orbiteurs martiens confirment un fort contraste de température entre les deux calottes : -130° C pour la







*Les calottes pérennes de Mars possèdent des bords assez raides, qui ont permis d'étudier leur structure interne : elles semblent formées d'un empilement de dépôts stratifiés composés de poussière et de glace. En été, la couche de glace de CO<sub>2</sub> qui recouvre la calotte polaire Sud se sublime partiellement. Au creux des zones fondues, on peut alors apercevoir la calotte pérenne composée de glace d'eau. Cet aspect bien particulier de la calotte Sud a été qualifié de « gruyère » par les chercheurs. Les « araignées » martiennes apparaissent au moment du printemps dans l'hémisphère sud. Elles seraient dues à la sublimation de la glace de dioxyde de carbone en profondeur : la formation de poches de gaz ferait craquer la surface et provoquerait alors des mini-geysers de poussière. Cette poussière, plus sombre que la couche de givre de CO<sub>2</sub>, serait responsable des taches sombres ou « dark spots ». NASA/JPL/University of Arizona. Fourni par l'auteur.*

calotte Sud et -120° C pour la calotte Nord en hiver, et -100° C au Sud et -50° C au Nord en été. Ainsi, les calottes présentent de légères différences de composition. Au Sud, les étés sont froids et courts : ces conditions permettent la formation d'une couche de glace sèche permanente, d'environ 8 mètres d'épaisseur, qui recouvre la glace d'eau. En été, cette glace sèche se sublime parfois localement, formant les fameux « gruyères » ou « Swiss cheese » de la NASA. Au Nord, les hivers plus chauds et la pression atmosphérique plus forte entraînent la sublimation de la totalité du mètre de glace sèche déposé durant l'hiver. Explorer les calottes polaires serait très intéressant pour comprendre l'histoire récente de Mars et mieux connaître la quantité d'eau présente sur la planète. Cependant, aucune mission ne s'est encore aventurée sur les calottes de Mars : il y fait froid, mais il y a aussi peu de luminosité aux pôles, et la calotte n'est pas toujours très lisse. Cet ouvrage a été co-écrit par Nicolas Beck, directeur de la vie universitaire et de la culture de l'Université de Lorraine. ■



**EDP Sciences. Fourni par l'auteur.**



## CE QU'IL FAUT RETENIR DE LA MISSION CURIOSITY APRÈS DIX ANNÉES SUR MARS

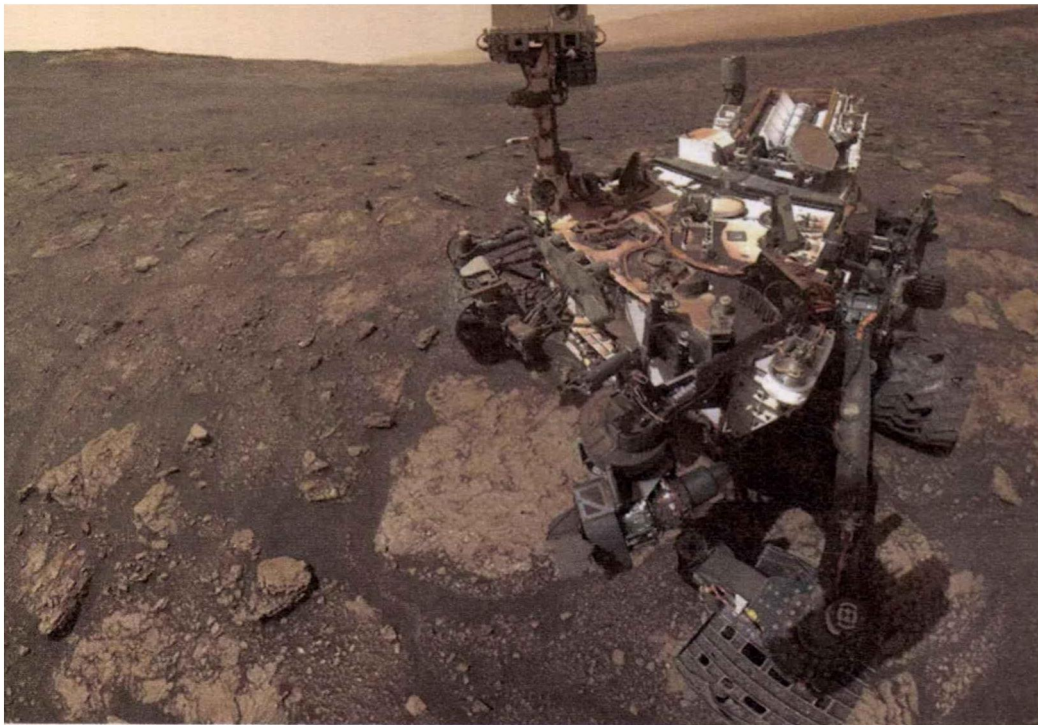
- **Cyril Szopa, Professeur des Universités, Exobiologiste au Laboratoire Atmosphères Modélisation et Observations Spatiales (LATMOS), Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ) – Université Paris-Saclay.**
- **Éric Lorigny, Chef des opérations MSL/ Curiosity et Perseverance au CNES, Centre national d'études spatiales (CNES).**
- **Olivier Gasnault, Chargé de recherche au CNRS, Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie, Centre national d'études spatiales (CNES).**
- **Valérie Mousset, Cheffe de projet de la participation française au projet Mars Science Laboratory, Centre national d'études spatiales (CNES).**

**L**e 6 août 2022, nous avons fêté les dix ans de l'atterrissage de Curiosity sur la planète Mars. En effet, c'est le 6 août 2012 que cet astromobile de 900 kilos s'est posé au milieu du Cratère Gale, de 150 km de diamètre, creusé il y a environ 3,6 milliards d'années par l'impact d'une météorite. Sur Mars, les jours s'appellent des sols, numérotés depuis l'atterrissage (Sol 0) ; le 6 août 2022 correspond donc au Sol 3555, soit 3652 jours terrestres. Cet anniversaire nous donne l'occasion de dresser un bilan technique et scientifique de cette mission et d'évoquer les découvertes faites avec les instruments embarqués à bord de Curiosity.

### **Curiosity : une aventure internationale qui a commencé bien avant l'atterrissage**

Curiosity a embarqué à bord dix instruments dont deux franco-américains : ChemCam et SAM. ChemCam est le fruit du travail de plus de 300 personnes en France (CNRS, universités, CNES et industries) sous la responsabilité technique et scientifique de l'Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP) en coopération avec le Los Alamos National Laboratory (LANL – USA) et sous la maîtrise d'ouvrage du Centre national d'études spatiales (CNES) qui finance la contribution française au projet. L'instrument ChemCam a été



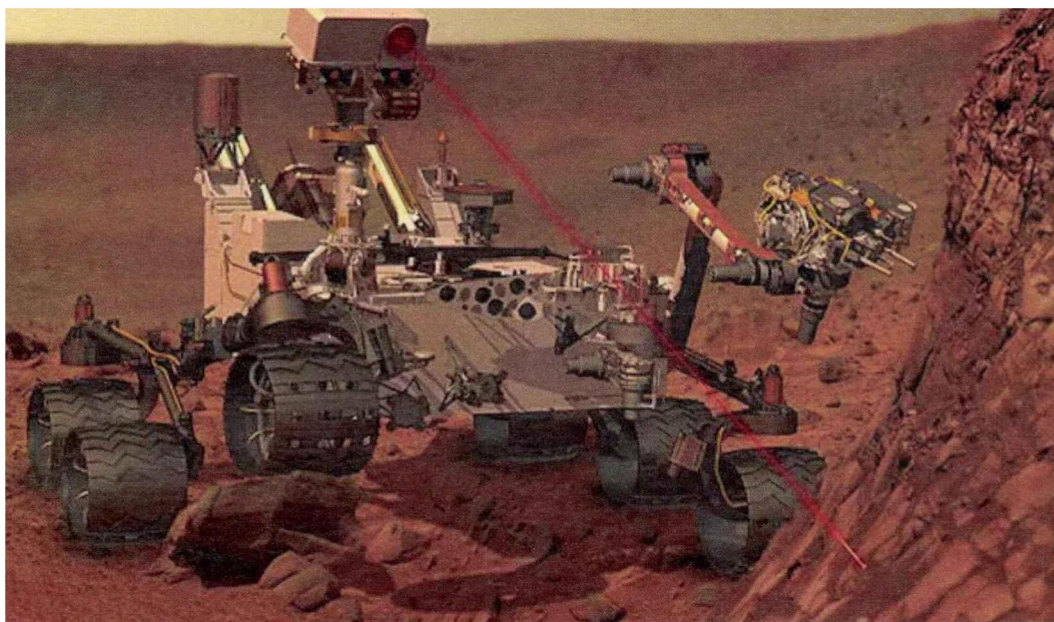


***Curiosity prend un selfie sur le site Mary Anning grâce à une caméra nommée Mars Hand Lens Imager, située au bout de ses bras robotiques. NASA/JPL-Caltech/MSSS.***

sélectionné pour analyser la composition chimique des roches martiennes autour du rover, en tirant dessus au laser et en collectant la lumière renvoyée (on parle de spectrométrie sur plasma induit par laser ou LIBS). Le principe est de chauffer très fortement la roche (> 10 000° C) sur une petite surface (moins d'un millimètre carré) pour qu'un tout petit fragment soit sublimé (passe de l'état solide à l'état gazeux) puis ionisé à l'état plasma. C'est avec l'analyse spectrale de la lumière de cette étincelle que la composition atomique de la roche est déterminée et que les scientifiques en déduisent la nature de la roche. SAM quant à lui est un gros laboratoire de chimie analytique, pesant

près de 40 kg, soit la moitié de l'ensemble des instruments du rover. Il permet d'analyser l'environnement du rover au niveau moléculaire. Il s'agit également d'une contribution franco-américaine à la mission, et résulte du travail de près de 100 personnes en France (CNRS, universités, CNES et industrie) sous responsabilité du Laboratoire Atmosphères Observations Spatiales (LATMOS) et sous la maîtrise d'ouvrage du CNES. Il a été développé en collaboration avec le NASA Goddard Space Flight Center et le NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL). Ce dernier a également conçu, développé et assemblé Curiosity. SAM permet de chauffer les échantillons prélevés par le rover jusqu'à plus





*Vue d'artiste de l'utilisation de la ChemCam. NASA/JPL-Caltech. Wikimedia.*

de 850° C, et d'analyser finement la nature chimique des gaz produits avec les trois instruments complémentaires qu'il contient. Cela permet de fournir des informations sur la nature des minéraux et composés organiques présents dans les échantillons analysés. SAM a également la capacité d'analyser la composition de l'atmosphère pour comprendre le climat présent et passé de la planète. Depuis 10 ans, au CNES à Toulouse, le Centre d'opérations Martien, nommé FOCSE (French Operation Center for Science and Exploration), accueille une semaine sur deux les équipes françaises qui travaillent en direct avec la NASA (Agence spatiale américaine). Chaque soir, les ingénieurs et scientifiques qui opèrent les instruments ChemCam et SAM se retrouvent au CNES pour assurer la surveillance et la programmation des instruments, la récupération et le traitement des données scientifiques.

### **Mars : Une planète autrefois habitable**

Lors des premiers sols suivant son atterrissage, une phase de vérification de bonne santé des instruments scientifiques (ChemCam, SAM, etc.) a été opérée. Ensuite, Curiosity a commencé à explorer le cratère. Nous pensions y trouver des alluvions (dépôts sédimentaires) transportés par une ou plusieurs rivières dont l'une se déversait depuis le plateau environnant. Le rover recherchait alors des traces de ces écoulements passés. Stupeur : un échantillon, prélevé sur le site forage Cumberland, a révélé que Mars a bien réuni, à un moment de son histoire, toutes les conditions requises à son habitabilité : de l'eau liquide, de la matière organique et une source d'énergie. Une forme de vie simple aurait pu y exister, mais nous ne pouvons pas dire si le cratère Gale a hébergé ou



non un jour une forme de vie. Les différents outils embarqués ont, de plus, permis de découvrir la présence de matière organique recherchée depuis près de 40 ans. Les équipes étudient aussi l'origine des sédiments présents et leur transformation en roches lorsque l'eau coulait sur la planète Rouge... Observer toutes les conditions d'habitabilité de façon exhaustive n'est pas commun. À ce jour, cela n'a été possible que sur la Terre et Mars.

#### **Confronter la « vérité terrain » aux données orbitales**

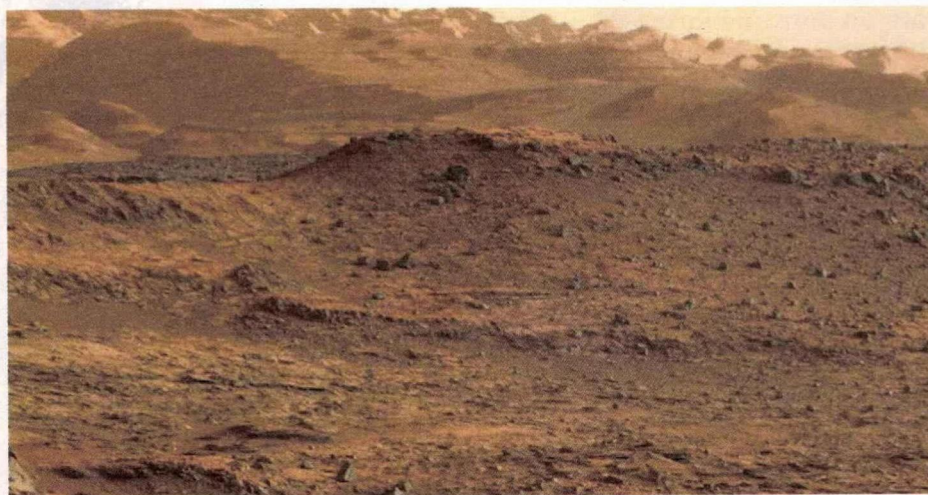
L'aventure sur Mars s'est déroulée de manière nominale au cours de la première année martienne (presque 2 ans terrestres). La NASA a décidé ensuite de prolonger la mission afin d'explorer d'autres formations géologiques. Au milieu du cratère Gale, s'élève le pic central qui culmine à plus de 5500 mètres au-dessus du plancher. Il se nomme Aeolis Mons, plus familièrement appelé Mont

Sharp. Il expose sur ses flancs de nombreuses couches géologiques dont l'empilement constitue un livre ouvert sur l'histoire de la planète. À moins de 10 km du lieu d'atterrissage de Curiosity, il existe des voies d'accès au Mont Sharp empruntées par le rover autour du Sol 750. L'une des premières couches notables rencontrées lors de cette ascension s'appelle Vera Rubin Ridge, en hommage à l'astronome Vera Rubin. Selon les données collectées en orbite martienne, cette zone est riche en un minéral appelé « hématite ». Il s'agit d'un oxyde de fer fréquemment formé en milieu aqueux. Observer cette couche depuis le sol grâce au rover nous permet d'acquérir ce qu'en géologie nous appelons la vérité terrain. Les données orbitales restent importantes car elles permettent une couverture globale de la planète, mais ne seront jamais aussi précises que les données acquises directement au sol. Cependant, contrairement à ce que suggéraient les données orbitales, cette zone n'est pas beaucoup plus



*Photo de Yellowknife Bay. Crédits : NASA/JPL-Caltech/MSSS/ASU). Fourni par l'auteur.*





*Mont Sharp au coucher du soleil. NASA/JPL-Caltech/MSSS/Thomas Appéré. Flickr.*

enrichie en hématite que les terrains environnants. Ceci met en évidence la complémentarité des deux types de données, en orbite et au sol, pour analyser l'histoire de la planète. La seconde zone d'intérêt pour la mission de Curiosity est ce qui a été appelé l'unité d'argiles. Les argiles sont d'un fort intérêt pour l'exobiologie, qui s'intéresse aux processus pré-biotiques (avant l'apparition du vivant) et biologiques dans l'univers. Elles protègent la matière organique car elles la préservent entre les feuillets qui les constituent.

On pourrait voir les argiles un peu comme le mille-feuille des minéraux car ils sont constitués d'un empilement de feuillets, entre lesquels se glisse de la matière organique. Les données acquises dans cette zone d'argile sont encore en cours d'analyse et les articles scientifiques qui les concernent sont progressivement publiés dans différents journaux

spécialisés. Cette zone caractérise donc la période humide de l'histoire de Mars avec des vestiges de lacs et de rivières. Enfin, la troisième zone d'intérêt qui constitue le mont Sharp est la couche des sulfates. Ils sont potentiellement les témoins d'une transition environnementale : le passage d'une époque riche en eau liquide vers une époque de plus en plus aride. Le rover se dirige actuellement vers cette zone pour tester cette hypothèse, et les résultats restent à venir. Toutes ces découvertes montrent que Mars a une histoire géologique complexe et riche remontant à plus de 3 milliards d'années. Après dix ans, malgré les nombreux défis (changements thermiques diurnes importants, poussière et radiations), Curiosity et ses instruments fonctionnent toujours. Des précautions sont prises pour préserver le matériel pour que la mission scientifique se poursuive. Aujourd'hui, à l'entrée de l'impressionnante vallée de Gediz, Curiosity se trouve dans un



paysage époustouflant et la mission vient d'être reconduite pour trois ans. À ce jour, Curiosity n'est plus seul à arpenter la surface de Mars puisque le rover Perseverance l'a rejoint le 18 février 2021 avec pour mission la recherche de traces pré-biotiques et la collecte d'échantillons qui seront rapportés sur Terre.

Le lander Insight s'est également posé sur Mars en novembre 2018 pour « écouter » les tremblements de la planète, grâce au sismomètre français SEIS, et ainsi étudier le cœur de Mars. La connaissance de la structure de Mars est importante pour comprendre son évolution, par exemple connaître les raisons de la disparition du champ magnétique qui autrefois entourait Mars et est en relation étroite avec l'habitabilité de la planète. Aurait dû s'ajouter à cela Rosalind Franklin, le premier rover européen qui embarque également des participations françaises, dans le cadre de la mission Exomars. Il devait décoller en septembre 2022 avec un lanceur russe, mais son lancement a été retardé jusqu'à nouvel ordre suite au déclenchement de la guerre en Ukraine dont les conséquences politiques impactent la coopération

scientifique. Ce rover devrait creuser jusqu'à deux mètres de profondeur pour analyser des roches mieux protégées des rudes conditions qui règnent à la surface. Elles sont donc supposées renfermer plus d'informations sur la chimie pré-biotique de Mars que les échantillons analysés jusqu'à présent. Toutes ces missions spatiales extrêmement complémentaires pour l'étude de Mars sont pensées en ce sens, et sont le fruit de coopérations internationales. Mais si elles permettent de mieux comprendre l'histoire de la planète Mars, elles nous renseignent aussi sur l'histoire de la jeune Terre. En effet sur Terre, les très vieilles roches, témoins de l'apparition de la vie, ont été oblitérées par la tectonique des plaques. En revanche, cette tectonique n'a pas existé sur la planète Mars ou a été très limitée : nous avons donc accès à des roches conservées depuis des milliards d'années, et qui se sont probablement formées dans un environnement proche de celui de notre Terre à l'époque. Au regard des similitudes des deux planètes, mieux comprendre l'histoire géologique de Mars pourra nous permettre de comprendre notre genèse ainsi que notre possible évolution. Source : The Conversation. ■



*Entre le Sol 2638 (7 janvier 2020) et le Sol 2731 (12 April 2020), RMI a imagé le côté nord de Gediz Vallis, un contrefort de Mont Sharp. NASA/JPIL-Caltech/MSSS/LANL/IRAP/Thomas Appéré.*



### Mars Express repère deux énormes canyons dans Valles Marineris

La nouvelle image de la caméra stéréo haute résolution (HRSC) à bord de la sonde Mars Express de l'ESA montre des sections de Ius Chasma et de Tithonium Chasma, deux failles tectoniques très différentes situées à l'ouest de Valles Marineris sur Mars. Lorsque la sonde Mariner 9 de la NASA a atteint Mars en 1971 et a commencé à explorer la planète depuis son orbite, la déception a d'abord été grande au centre de contrôle : on ne voyait pratiquement rien sur les images envoyées vers la Terre. À cette époque, une tempête de poussière mondiale faisait rage sur Mars, ce qui rendait impossible de voir la surface. Seuls les sommets des volcans les plus élevés se détachaient de ce gris monotone. Au début de 1972, le temps martien s'est amélioré, la poussière s'est calmée et Mariner 9 a commencé à effectuer un relevé global de la planète rouge. L'une des structures les plus impressionnantes observées était une vallée de rift atteignant 4 000 km de long, 200 km de large et 7 km de profondeur. En l'honneur de la mission, cette structure, déchirée par les forces tectoniques, a été baptisée Valles Marineris - les vallées de Mariner. On pense qu'elle s'est formée par la dérive des plaques tectoniques. La nouvelle image HRSC montre Ius Chasma (en haut) et Tithonium Chasma (en bas) - deux tranchées (ou chasma) qui font partie de l'ouest de Valles Marineris. Tithonium Chasma mesure environ 805 km d'est en ouest et Ius Chasma 840 km.

« Alors que ces images à haute résolution montrent des détails de surface incroyables, ce n'est que lorsque nous regardons une carte d'altitude que nous réalisons la profondeur spectaculaire des chasmas - jusqu'à 7 km », ont déclaré les chercheurs de l'ESA. Dans le chasma de Tithonium, une tache de sable sombre apporte un contraste de couleur à l'image. Ce sable pourrait provenir de la région volcanique voisine de Tharsis. À côté des dunes de sable sombre se trouvent deux monticules de couleur claire. Ces « monticules » ressemblent plus à des montagnes, s'élevant à plus de 3 km de hauteur. Leurs surfaces ont été fortement érodées par les vents violents de Mars, ce qui indique qu'ils sont faits d'un matériau plus faible que la roche environnante. Entre les deux monticules, on voit une série de petites bosses. L'équipe de Mars Express a précédemment trouvé des minéraux sulfatés contenant de l'eau dans cette région. Cela suggère que ces bosses ont pu se former lorsque le liquide qui remplissait autrefois le chasma s'est évaporé, bien que cette théorie soit encore très débattue. À gauche du monticule que nous voyons entièrement, nous pouvons voir des lignes parallèles et des tas de débris qui indiquent un glissement de terrain récent. Le glissement de terrain a été causé par l'effondrement de la paroi du canyon sur la droite, et il est probable qu'il se soit produit relativement récemment car il n'a pas été fortement érodé. Le sol nouveau de Ius Chasma est tout aussi fascinant. Lorsque les plaques tectoniques se sont écartées, elles semblent avoir provoqué la formation de triangles rocheux déchiquetés qui ressemblent à une rangée de dents de requin. Au fil du temps, ces formations rocheuses se sont effondrées et érodées.

→ Cette image, prise par la caméra stéréo haute résolution (HRSC) à bord de Mars Express de l'ESA le 21 avril 2022, montre Ius et Tithonium Chasmata, qui font partie de la structure du canyon Valles Marineris de Mars. Crédit : ESA / DLR / FU Berlin.



