

**VOYAGE  
DANS  
L'ESPACE**

Épisode

47

---

ÉTÉ 2020: À L'ASSAUT DE LA PLANÈTE MARS



À la recherche d'eau et de vie

## Le balado et les fascicules

Depuis janvier 2018, Claude Lafleur et Mathieu Rancourt produisent un balado consacré à l'exploration de l'espace. Intitulé *Voyage dans l'espace*, il est diffusé sur la plate-forme soundcloud.com. Chaque épisode vous fait parcourir une dimension particulière, qu'il s'agisse de l'exploration d'une planète, de la recherche de vie dans l'Univers ou de l'aventure des astronautes et de ceux et celles qui rêvent d'espace.

Pour chaque balado, ils préparent un exposé détaillé, sous forme de questions/réponses. Ils publient ces exposés sous forme de fascicules pdf, comme celui-ci. Il s'agit donc d'une conversation entre l'animateur de *Voyage dans l'espace*, Mathieu, et le passionné d'espace, Claude.

Notez que le balado diffusé s'inspire librement des questions/réponses préparées à cet effet. Le texte qui suit n'est pas un verbatim de l'émission, mais plutôt une autre version; le balado et ce fascicule se complètent l'un et l'autre.

Tous les fascicules sont offerts aux abonnés du balado *Voyage dans l'espace*, abonnement au coût de 5\$/mois, via la plate-forme patreon.com.

**Mathieu Rancourt** est géographe et professionnel de recherche. **Claude Lafleur** est journaliste scientifique qui suit au quotidien depuis cinquante ans les péripéties de l'exploration spatiale.

L'équipe des fascicules:

Rédaction:

Claude Lafleur

Couverture: Mathieu Rancourt

Illustrations: NASA, ESA, ISRO

Courriel: [claude-lafleur1@videotron.ca](mailto:claude-lafleur1@videotron.ca)

© Copyright, Claude Lafleur, 2020

ISBN 978-2-925106-02-9 (pdf)

Balado: <https://soundcloud.com/voyage-danslespace/>

ISBN 978-2-925106-03-6 (kindle)

Abonnement:

<https://www.patreon.com/voyagedanslespace>

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec, 2020

Facebook: <https://www.facebook.com/voyagedanslespace/>

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Canada, 2020



Lancement de la sonde *Curiosity* le 26 novembre 2011 par une fusée Atlas V, identique à celle qui propulsera *Perseverance* vers Mars en juillet 2020 (et tel qu'illustrée en couverture).

## À l'assaut de la planète Mars

[Écoutez](#) le balado *À l'assaut de la planète Mars* diffusé le 5 juillet 2020.

Si tout se passe bien, trois missions à destination de la planète Mars s'enverront cet été. La NASA prévoit ainsi lancer vers le 22 juillet son cinquième véhicule d'exploration du sol martien, baptisé *Perseverance* et porteur du micro-hélicoptère *Ingenuity*. Une semaine plus tôt (le 14), une fusée japonaise devrait lancer *Al-Amal*, la première sonde planétaire arabe. Enfin, la Chine espère entreprendre le 23 juillet une ambitieuse mission martienne, baptisée *Tianwen 1* comportant un orbiteur, un atterrisseur et un tout-terrain.

Le voyage vers Mars durant sept mois, ces robots devraient parvenir à destination en février prochain.

Ces missions poursuivent l'étude intensive que nous menons au sujet de Mars depuis une vingtaine d'années,

puisque en ce moment, une demi-douzaine de robots est à l'œuvre autour et sur le sol de Mars.

C'est dire que l'assaut sans précédent que nous effectuons auprès de cette planète se poursuit sans relâche et avec même de plus en plus d'intensité.

L'objectif ultime de toutes nos études? Établir une fois pour toute s'il y a eu ou s'il y a de la vie et, quelle que soit la réponse, pourquoi celle-ci n'abonde-t-elle pas sur Mars comme sur Terre? Est-ce parce qu'elle ne s'est jamais développée? Si c'est le cas, pourquoi? Ou, la vie s'est-elle développée mais pour s'éteindre par la suite? Pourquoi? Ou encore: la vie existe-t-elle quelque part, sous forme de microorganismes? Si c'est le cas, où se cachent donc ces fameux «martiens»?!

L'autre grande question que nous nous posons à propos de Mars est: où l'eau est-elle passée? Nous savons que la planète rouge est très sèche – plus sèche que l'endroit le plus sec qu'on puisse trouver sur Terre. Mais nous avons aussi toutes les raisons de penser que jadis – il y a des milliards d'années – la planète était en bonne partie recouverte d'océans. Que s'est-il donc passé pour que Mars perde ses océans? Où est donc passée l'eau: un peu partout en sous-sol, sous forme de poches souterraines en certains endroits, à moins qu'elle ne se soit évaporée dans l'espace?

Bien sûr, l'eau est l'un des ingrédients essentiels à toute vie... passée, présente et future. On espère ainsi que là où on trouvera de l'eau, on y repérera également des traces de vie. Et s'il y a quelques bonnes réserves d'eau, voilà qui pourrait servir à d'éventuels visiteurs humains. C'est pourquoi on cherche tant à repérer de l'eau sur Mars; c'est d'ailleurs l'objectif principal de la plupart des missions d'exploration que nous y menons depuis vingt ans.

Et comme nous l'avons souvent relaté dans nos balados, Mars ne cesse de nous fasciner depuis plus de 150 ans. Or, c'est là un fait remarquable puisque maintes fois par le passé, cette planète nous a déçus, ne «répondant» pas à nos attentes et à nos espoirs. Mais toujours, elle trouve le moyen de garder vivant notre intérêt pour elle. Nous rêvons du jour où nous nous y rendrons en personne; c'est même le but ultime de la conquête spatiale que nous menons depuis plus de soixante ans maintenant.

Ainsi, toujours Mars nous intrigue et sans cesse ses mystères nous éludent!

## Été 1997: enfin de retour sur Mars

Le 4 juillet 1997, le monde entier est captivé par l'atterrissage de la sonde *Mars Pathfinder* – une première depuis 21 ans – et surtout par le premier véhicule capable de se déplacer sur la surface d'une planète: *Sojourner*. Le fait que *Pathfinder* nous fasse voir évoluer *Sojourner* sur un sol rouge nous a épatés. Cette mission a de fait marqué le début d'une nouvelle ère d'exploration de la planète rouge, ère qui se poursuit aujourd'hui encore.



## Vingt ans d'exploration robotique de Mars

### Mars Odyssey

- États-Unis.
- Orbiteur de 1609 kg.
- Lancement: 7 avril 2001.
- Arrivée à Mars: 24 octobre 2001.
- Toujours en fonction.

### Mars Express et Beagle 2

- Europe.
- Orbiteur de 1186 kg.
- Atterrisseur de 33 kg.
- Lancement: 2 juin 2003.
- Arrivée à Mars: 25 décembre 2003.
- Mars Express: toujours en service.
- Beagle rate son atterrissage.

### Spirit (MER-A, Mars Exploration Rover)

- États-Unis.
- Atterrisseur de 185 kg.
- Lancement: 10 juin 2003.
- Se pose sur Mars: le 4 janvier 2004.
- Cesse de fonctionner le 22 mars 2010, après avoir parcouru 7,75 km sur le sol martien durant 2210 jours martiens.

### Opportunity (MER-B, Mars Exploration Rover)

- États-Unis.
- Atterrisseur de 185 kg.
- Lancement: 8 juillet 2003.
- Se pose sur Mars: le 25 janvier 2004.
- Cesse de fonctionner le 10 juin 2018, après avoir parcouru 45 kilomètres sur le sol martien durant 5106 jours martiens.

### MRO (Mars Reconnaissance Orbiter)

- États-Unis.
- Orbiteur de 2180 kg.
- Lancement: 12 août 2005.
- Arrivée à Mars: 10 mars 2006.
- Toujours en fonction.

### Phoenix

- États-Unis.
- Atterrisseur de 350 kg.
- Lancement: 4 août 2007.
- Se pose sur Mars le 25 mai 2008.
- Cesse de fonctionner le 2 novembre 2008 (échec partiel).

### Fobos-Grunt

- Russie.

- Orbiteur de 13 000 kg.
- Atterrisseur
- Capsule de récupération d'échantillons (de Phobos) à être rapportés sur Terre.
- Lancement: 8 novembre 2011.
- Demeure coincé en orbite terrestre (échec complet).

### Yinghuo-1

- Chine.
- Orbiteur de 113 kg.
- Lancement: 8 novembre 2011.
- Demeure coincé en orbite terrestre (avec Fobos-Grunt).

### Curiosity (MSL, Mars Science Laboratory)

- États-Unis.
- Atterrisseur de 899 kg.
- Lancement: 26 novembre 2011.
- Se pose sur Mars le 6 août 2012.
- Toujours en fonction.

### Mangalyaan (MOM, Mars Orbiter Mission)

- Inde.
- Orbiteur de 1337 kg.
- Lancement: 5 novembre 2013.
- Arrivée à Mars le 24 septembre 2014.
- Toujours en fonction.

### MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile Evolution)

- États-Unis.
- Orbiteur de 2454 kg.
- Lancement: 18 novembre 2013.
- Arrivée à Mars: le 21 septembre 2014.
- Toujours en fonction.

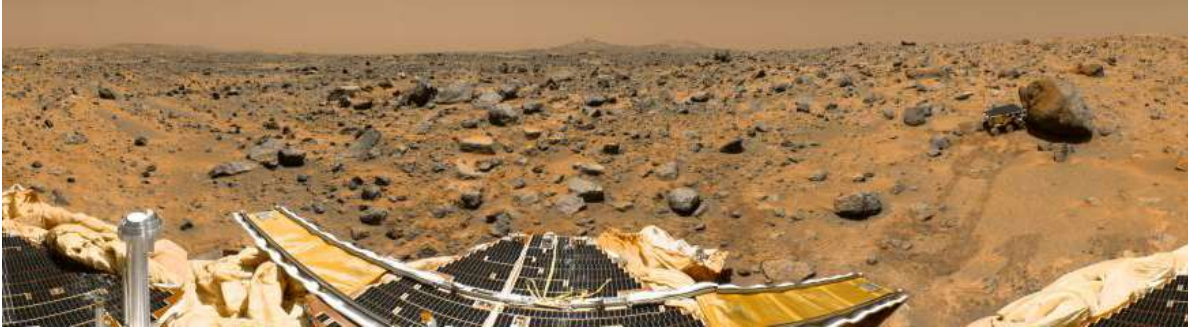
### TGO (ExoMars Trace Gas Orbiter) et Schiaparelli EDM Lander

- Europe et Russie.
- Orbiteur de 3755 kg.
- Atterrisseur de 577 kg.
- Lancement: 14 mars 2016.
- TGO se place en orbite autour de Mars: le 19 octobre 2016.
- Schiaparelli rate son atterrissage.

### InSight

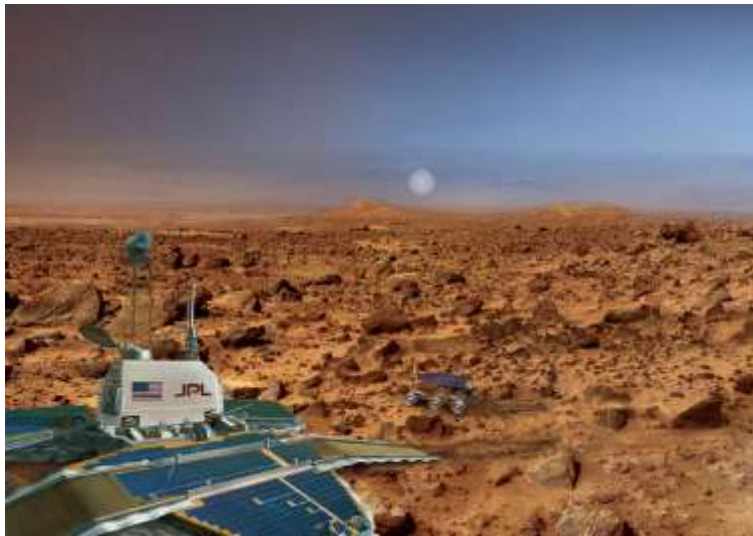
- États-Unis.
- Atterrisseur de 358 kg.
- Lancement: 5 mai 2018.
- Se pose sur Mars: le 26 novembre 2018.
- Toujours en fonction.

## Enfin, de nouveaux panoramas martiens!



L'été de 1997 a été sensationnel puisque, pour la première fois en plus de vingt ans, nous avons reçu de nouvelles photos d'une autre planète. Jour après jour, la sonde *Pathfinder* (visible à droite du dessin ci-contre) nous transmettait des images d'un paysage remarquable par son relief. Et pour la première fois, on pouvait explorer celui-ci à l'aide du petit tout-terrain *Sojourner*.

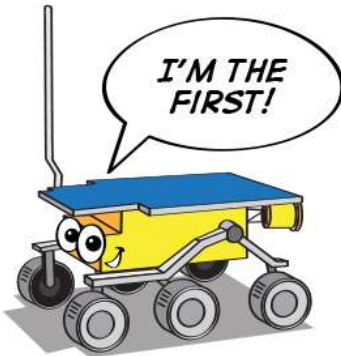
*Pathfinder* nous a entre autres transmis de splendides panoramas (comme celui du haut), de même qu'un coucher de Soleil sur Mars (ci-contre).



*Sojourner* explorant ce qu'on a baptisé le «Jardin de roches».



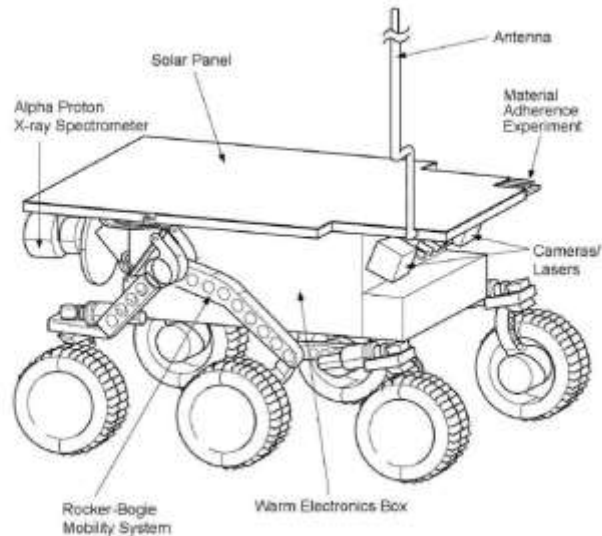
## Les deux premières générations de tout-terrain



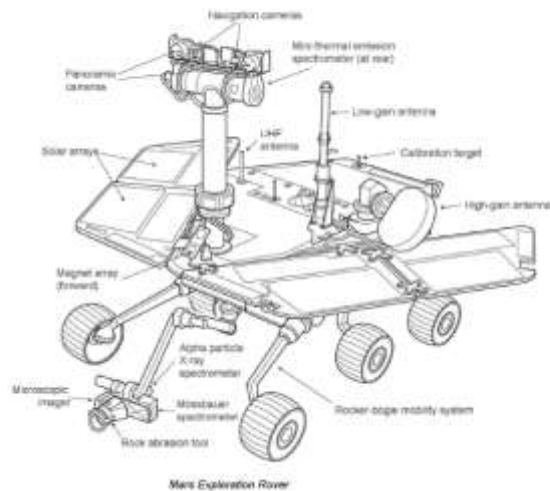
Au début des années 1990, la NASA entreprend de retourner sur Mars, après quinze ans d'absence à la suite de l'extraordinaire mission Viking de l'été 1976.<sup>1</sup>

Comme première étape, elle conçoit un atterrisseur capable d'acheminer un petit véhicule sur roues – une première. Il s'agit de *Sojourner*, un «camion-jouet» (ci-contre). Cette mission, dite *Pathfinder* («éclaireur»), a été un autre retentissant succès à l'été 1997.

L'agence spatiale passe ensuite à l'étape suivante: déposer sur Mars deux géologues sur roues: *Spirit* et *Opportunity* (ci-contre). Conçus pour fonctionner durant trois mois, ils ont été à l'œuvre durant 6 et 14 ans! Par le fait même, ils ont révolutionné nos connaissances de la géologie martienne.



*Sojourner* était un chef-d'œuvre de miniaturisation. Ne pesant que 10 kilos et mesurant 65 centimètres de long, il s'agit du premier véhicule capable de se déplacer à la surface d'une planète. (Notons que dans les années 1970, les Soviétiques avaient fait rouler deux Lunokhod sur la Lune.)

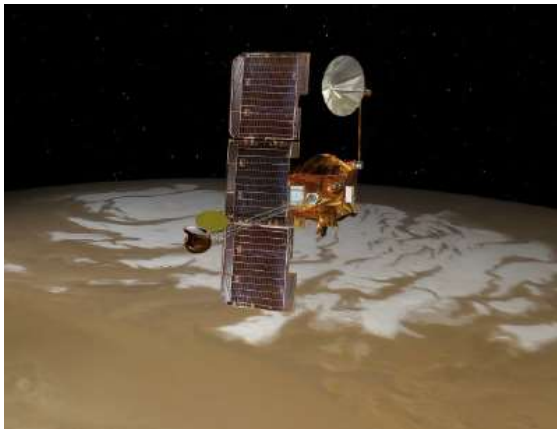


Les deux tout-terrains *Spirit* et *Opportunity* mesuraient 1,5 mètre de long et pesaient 175 kilogrammes. En bons géologues, ils étaient équipés d'un bras robotique capable de scruter et d'analyser le sol de Mars.

# I – Une planète sous surveillance

Jamais une planète, hormis la Terre, n'a fait l'objet d'autant d'études aussi poussées et soutenues que Mars – pas même la Lune. En effet, depuis 2001 et sans interruption, Mars est scrutée à la loupe par des sondes orbitales américaines, européenne et indienne tandis que depuis 2004, son sol est passé au crible par des géologues sur roues.

Passons d'abord en revue ce que ces robots y font, ce qui nous donnera un aperçu du genre de recherche que nous menons et des trouvailles que nous avons faites concernant de possibles traces d'eau et de vie martienne.



L'orbiteur américain *Mars Odyssey*.

## *Mars Odyssey*

C'est ainsi que la sonde américaine *Mars Odyssey*, lancée le 7 avril 2001, ausculte l'ensemble de la planète rouge depuis plus de 18 ans et demi.<sup>2</sup> Il s'agit d'un record absolu puisqu'aucune sonde autour ou sur une planète n'est en fonction depuis aussi longtemps.<sup>3</sup>

En orbite, *Mars Odyssey* braque une série d'instruments qui a pour mission de répertorier les constituants chimiques et minéralogiques de la planète, tout en mesurant les taux de radiation ambiante, en prévision du jour où des équipages humains s'y aventu-

reront. La sonde cherche aussi à repérer toute activité volcanique passée ou présente.

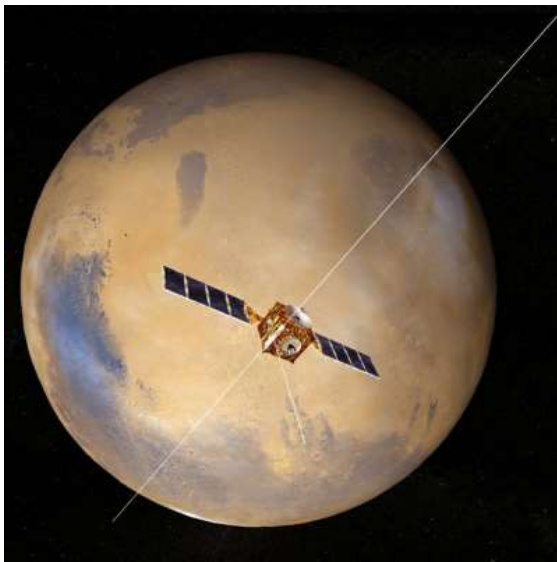
Car nous savons que sur Mars se trouve le plus gigantesque volcan du Système solaire: *Olympus Mons*, ou mont Olympe. D'une hauteur de plus de 22 km (près de trois fois l'Everest) et mesurant 650 kilomètres de diamètre, si ce volcan se trouvait sur Terre, il occuperait une bonne part de la vallée du Saint-Laurent... et nos avions ne seraient pas en mesure de passer par-dessus! On estime que ce volcan est éteint depuis des millions d'années.<sup>4</sup> Mais y a-t-il d'autres volcans plus récents ou en activité? C'est la question que cherche à élucider *Mars Odyssey*.



Sur Mars se trouve le plus gros volcan connu... qui occuperait sur Terre une bonne part de la vallée du Saint-Laurent.

C'est ainsi que les instruments de la sonde nous ont dressé les cartes géologiques les plus détaillées de la planète. Elle a également fait une découverte

remarquable: la présence d'importantes quantités d'hydrogène dans le sous-sol martien, ce qui laisse présager la possibilité qu'il s'y trouvent de bonnes quantités d'eau à environ un mètre sous la surface. Elle a aussi repéré quelques deux cents dépôts de sel, qui pourraient être les résidus de vastes océans évaporés depuis fort longtemps.



L'orbiteur européen *Mars Express*.

### ***Mars Express***

Le 2 juin 2003, l'Agence spatiale européenne ESA expédie sa première sonde vers la planète rouge, *Mars Express*, qui emporte avec elle le petit atterrisseur britannique *Beagle 2* (en hommage au navire qui transporta Charles Darwin autour du monde, entre 1831 et 1836).

Depuis son arrivée aux abords de Mars à Noël 2003, *Mars Express* cartographie l'ensemble de la planète à l'aide d'un puissant appareil-photo. Ces photos ont une impressionnante résolution de 20 mètres seulement; s'il y avait des maisons sur la planète rouge, on les verrait sans peine.

La sonde ausculte également l'atmosphère de la planète, de même que son sous-sol. Elle a ainsi découvert *des indices* de volcanisme récent (en termes géologiques) ainsi que la présence de dépôts de glace en sous-sol.<sup>5</sup>



L'atterrisseur britannique *Beagle 2*.

Quant à *Beagle 2*, il a malheureusement raté son atterrissage. En fait, il semble que ce robot soit parvenu indemne au sol, mais que peu après, une défaillance catastrophique (informatique?) aurait entraîné sa perte. On n'a hélas jamais reçu le moindre signal radio en provenance de *Beagle 2*.



La sonde américaine *Mars Reconnaissance Orbiter*.

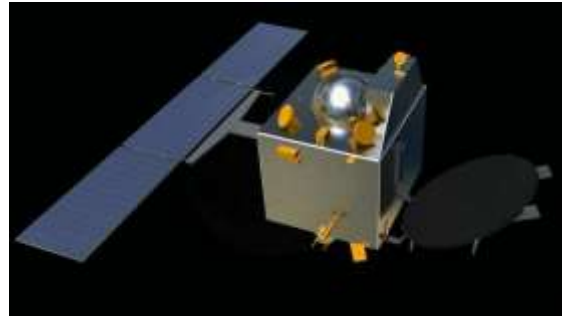
### ***Mars Reconnaissance Orbiter***

Le 12 août 2005, la NASA lance une sonde appelée MRO pour *Mars Reconnaissance Orbiter*. Comme son nom

l'indique, celle-ci se place en orbite autour de la planète rouge (le 10 mars 2006) avec pour mission de cartographier en détail sa surface. L'un des objectifs principaux de la mission est de repérer des sites géologiques qu'il sera intéressant d'explorer à l'aide d'atterrisseurs (sondes fixes) ou par des véhicules tout-terrains. La mission de MRO est non seulement de cartographier ces sites mais également de repérer les endroits les plus favorables pour s'y poser en douceur (ce qui n'est jamais une tâche facile).

La sonde étudie également les changements saisonniers car, comme nous l'avons déjà relaté, la Terre et Mars ont ceci de particulier que s'y succèdent un cycle de saisons régulières – ce qu'on n'observe sur aucune autre planète. Toutefois, puisque l'année martienne dure deux fois plus longtemps que l'année terrestre, les saisons y sont également deux fois plus longues. Ajoutons que la température moyenne sur Mars est de moins  $63^{\circ}$ , tandis qu'elle est de plus  $15^{\circ}$  sur Terre – ce qui fait toute une différence.

C'est ainsi que depuis quinze ans, MRO a observé une foule de changements à la surface de la planète, notamment ceux causés par le régime des vents saisonniers et par d'immenses tempêtes de sable qui balaient la planète durant des mois. Elle a également fait une découverte sensationnelle: ses caméras auraient photographié ce qui s'apparente à des coulées de boue qui surgiraient en certains endroits au printemps et à l'été. Il semble donc qu'il y aurait de l'eau en quantité appréciable tout près de la surface. Cependant ces coulées se faisant à flanc de cratère, il ne sera pas facile d'y envoyer une sonde les examiner sur place.<sup>6</sup>



L'orbiteur indien Mangalyaan.

## Mangalyaan

Le 24 septembre 2014, l'Inde devient la quatrième nation à placer une sonde en orbite autour de Mars (après les États-Unis, l'Union Soviétique (d'alors) et l'Europe). Baptisé Mangalyaan, cet orbiteur est parvenu à destination sans problème – ce qui constitue en soi une belle réussite pour l'Inde.

En effet, pour ce pays, il s'agit de sa première mission interplanétaire et Mangalyaan est par conséquent un engin technologique, c'est-à-dire permettant avant tout à ce pays de se familiariser avec les techniques et les équipements nécessaires pour mener à bien des missions à travers le Système solaire.

On a tendance à l'oublier, tant les vols interplanétaires nous semblent routiniers, mais ceux-ci exigent de grandes maîtrises, notamment dans le téléguidage des sondes jusqu'à destination, tout en assurant les communications à grande distance et en faisant face à divers incidents qui ne manquent généralement pas de survenir en cours de route.

Or, le simple fait que la sonde Mangalyaan fonctionne correctement depuis son lancement en novembre 2013

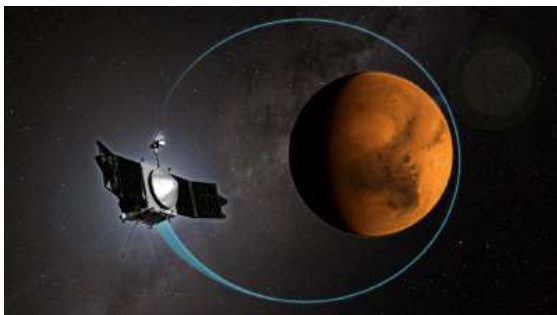
constitue une performance remarquable pour l'Inde. De surcroît, la sonde est équipée d'une série d'instruments scientifiques qui scrutent avec succès la planète.<sup>7</sup>



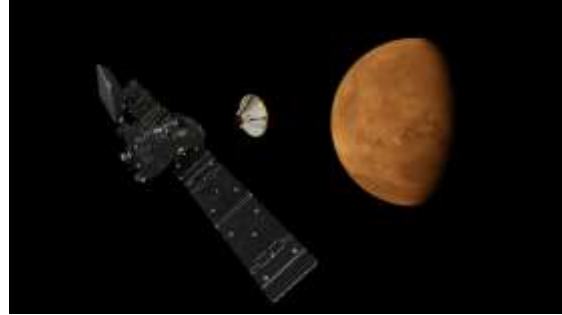
L'orbiteur américain MAVEN

## MAVEN

Le 18 novembre 2013, la NASA expédie vers Mars la sonde MAVEN, la contraction de *Mars Atmosphere and Volatile Evolution*. Il s'agit d'une sonde orbitale qui se consacre à l'étude du comportement de l'atmosphère martienne et de ses interactions avec le Soleil et le vent solaire. On cherche ainsi à observer l'évaporation de cette atmosphère dans l'espace et à en comprendre les mécanismes et les conséquences sur le climat martien. Et puisque nous soupçonnons qu'à l'origine, Mars était une planète nettement plus chaude et humide qu'aujourd'hui, on se demande comment elle est devenue aussi sèche et inhabitable.<sup>8</sup>



L'exemple d'une sonde (MAVEN) décrivant une orbite très elliptique autour de Mars.



L'orbiteur européen TGO.

## Trace Gas Orbiter

Finalement, le 14 mars 2016, l'Agence spatiale européenne ESA lance la sonde *Trace Gas Orbiter* (TGO) qui emporte avec elle le petit atterrisseur italien *Schiaparelli*. Il s'agit de la première de deux missions ExoMars réalisées en collaboration avec la Russie.

Comme MAVEN, TGO se concentre sur l'étude de l'atmosphère de Mars, mais en cherchant à détecter la présence du méthane et autres composés qui se trouvent en très petite quantité dans l'atmosphère. On sait en effet que celle-ci se compose à 96% de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), à 2% d'argon et à 2% d'azote avec d'infimes traces d'eau, de méthane, de néon, de xénon, etc.

La détection de ces faibles quantités de gaz – et en particulier du méthane – revêt une importance capitale dans notre recherche de la vie. C'est ainsi que sur Terre, 95% du méthane présent dans l'atmosphère est de source biologique. Or, étonnamment, TGO observe qu'il y aurait de dix à cent fois moins de méthane dans l'atmosphère de Mars qu'on s'y attendait. Voilà qui intrique les spécialistes. Mais TGO est loin d'avoir complété sa mission et on attend avec impatience de nouveaux résultats.<sup>9</sup>



*Schiaparelli* sur le point de se poser sur Mars.

Quant à l'atterrisseur *Schiaparelli*, Il semble qu'une erreur de pilotage (informatique), survenue durant la descente dans l'atmosphère, a conduit le robot à percuter le sol à vive allure. Notons que pour les concepteurs de cet atterrisseur, sa véritable appellation était «*Entry, Descent, and Landing Demonstrator Module*» (EDM); il s'agissait donc pour eux d'une mission avant tout technologique visant à faire l'essai des différentes techniques nécessaires pour se poser sur Mars.

## II – *Curiosity* et *Mars InSight*

Parmi la demi-douzaine de sondes actuellement à l'œuvre sur Mars, deux se démarquent tout particulièrement: le tout-terrain *Curiosity*, qui explore le fond d'un cratère depuis huit ans, et l'atterrisseur *InSight*, qui cherche à sonder les profondeurs de la planète.

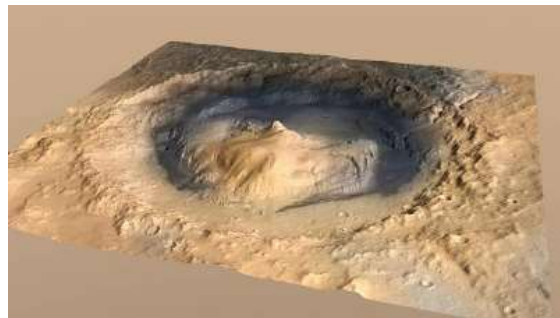


Le tout-terrain américain *Curiosity*.

### **Curiosity**

Le 6 août 2012, la NASA dépose sur le sol martien son quatrième véhicule d'exploration baptisé *Curiosity*. Celui-ci atterrit comme prévu au fond du cratère Gale, une «fenêtre» dans le sous-sol martien profonde de trois kilomètres, faisant 155 kilomètres de diamètre et qui se serait formée il y a 3,5 milliards d'années à la suite de l'impact d'une météorite géante. Ce cratère devait nous procurer, espérait-on,

un véritable coup de sonde dans l'histoire de la planète rouge.



Le cratère Gale qu'explore *Curiosity* depuis huit ans.

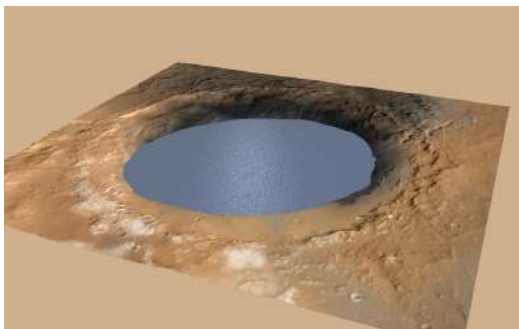
Contrairement à ses prédécesseurs *Sojourner*, *Spirit* et *Opportunity*, *Curiosity* est un laboratoire scientifique ambulant; pour ses concepteurs, il s'agit du MSL, du *Mars Science Laboratory*. De la taille d'une voiturette à six roues et pesant 900 kilogrammes, ce véritable géologue sur roues possède des caméras et un bras robotique qui lui permet d'examiner le sol.



À gauche, dessin de *Curiosity*. À droite, des techniciens donnent une idée de sa taille.

Le but premier du MSL est d'évaluer sur place si les conditions propices à la vie (microscopique) ont existé sur Mars. À cette fin, le véhicule est capable de récolter des échantillons qu'il analyse dans un astucieux laboratoire chimique, cherchant tout particulièrement la trace des ingrédients à la base de la vie, à savoir: carbone, hydrogène, azote, oxygène, phosphore et soufre. On imaginait au départ de la mission MSL que le cratère Gale avait autrefois été un vaste lac — il y a des milliards d'années.

Et on n'a pas été déçu puisque *Curiosity* a rapidement repéré des traces de lits de rivière asséchés qui ont fait dire aux spécialistes que l'eau a jadis coulé abondamment des parois du cratère vers le fond. Puis, le géologue sur roues a découvert des molécules d'eau, du soufre et du sel, confirmant que le cratère a bel et bien été un lac,



Voici comment on imagine le cratère Gale, rempli d'eau, il y a trois milliards d'années.

probablement propice à la vie, durant quelques centaines de millions d'années. C'est là une découverte qui nous a grandement réjouis.

«À un certain moment de son histoire, Mars présentait un climat chaud et humide, résume un chercheur. Puis cet environnement s'est refroidi et est devenu très sec, comme nous l'observons à présent. Mais à quel moment et de quelle façon s'est produite cette transformation? C'est pour le moment un grand mystère...»

Par ailleurs, d'autres appareils de *Curiosity* ont mesuré l'absence quasi-totale de méthane dans l'atmosphère, confirmant par le fait même les observations faites par la sonde orbitale TGO. Voilà qui semble indiquer l'absence de toute activité biologique récente... Dommage.<sup>x</sup>

Mais chose certaine, grâce aux résultats obtenus par *Curiosity*, qui poursuit toujours sa mission d'exploration des parois de cratère Gale, il n'y a désormais plus de doute que des lacs ont existé sur Mars il y a des milliards d'années, ce qui nous donne de grands espoirs d'y dénicher un jour des traces de vie (éteinte). Mais à quoi ressemblera cette vie martienne? Aurons-nous un jour dans nos laboratoires des formes de vies extrêmement primitives... qui pourraient se comparer à ce qu'était la

vie terrestre à ses débuts et dont il n'existe plus de trace à présent? Voilà qui promet d'être merveilleusement instructif.

## Trois générations d'automobiles martiennes

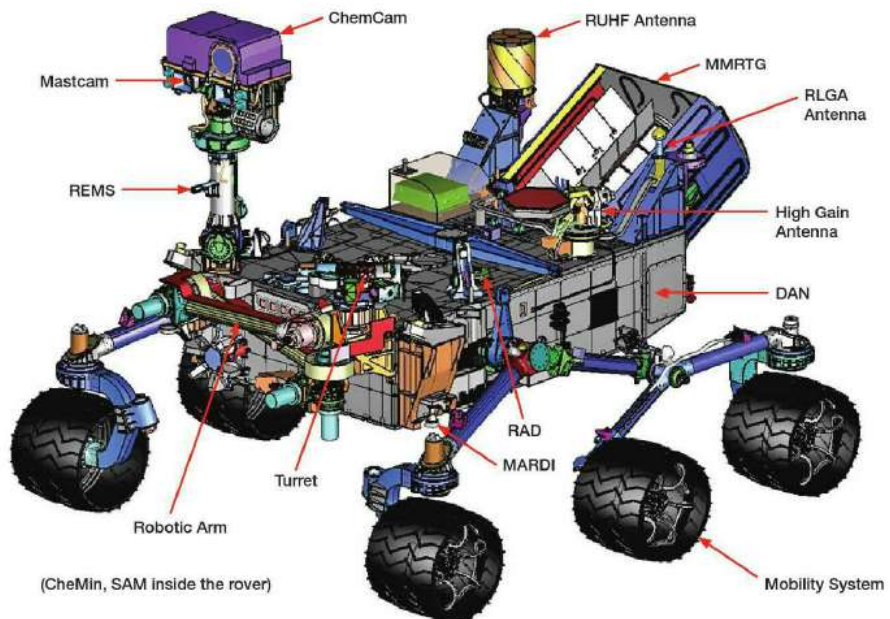


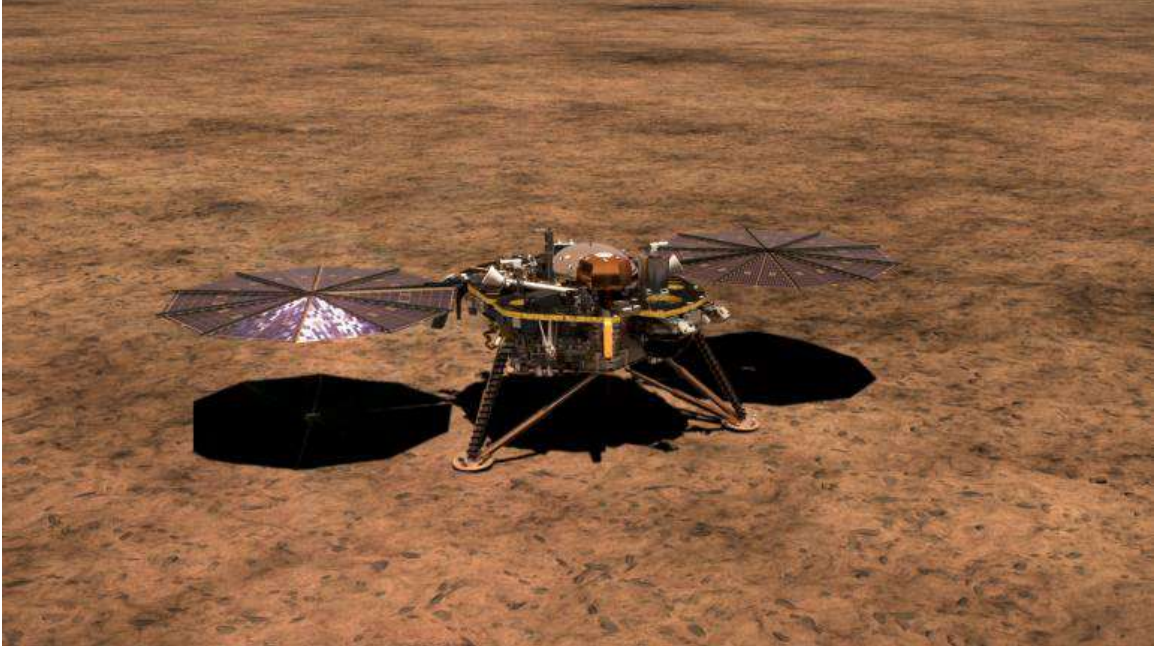
La photo du haut montre côte à côte les trois générations de véhicules d'exploration que la NASA a fait parvenir sur Mars. Au centre, le petit *Sojourner* (années 1990), à gauche, *Spirit/Opportunity* (années 2000) et à droite *Curiosity* (années 2010). Alors que *Sojourner* pesait 10 kilogrammes, *Spirit/Opportunity* pesait 125 kg et *Curiosity*, une tonne. Ci-contre, deux personnes donnent une belle idée de la taille de chacun.



Tous ont outrepassé, et de beaucoup, leur durée de vie. Ainsi, *Sojourner* avait été conçu pour fonctionner durant une semaine mais il a été actif durant près de trois mois, *Spirit* et *Opportunity* devaient opérer trois mois chacun mais ont été en action durant 6 et 14 ans, tandis que *Curiosity*, conçu pour une mission de deux ans, est toujours à l'œuvre après huit ans.

# Gros plans sur le tout-terrain *Curiosity*





L'atterrisseur américain *InSight* est muni de panneaux solaires qui lui donnent les allures d'une chauve-souris.

## InSight

Le 26 novembre 2018, la NASA parvenait à faire se poser en douceur la sonde *InSight* – ce qui n'est jamais une mince tâche, comme nous l'expliquons dans le balado [Un automne planétaire](#) diffusé le 7 octobre 2018.

Cette sonde se démarque de ses prédécesseurs à bien des égards. Premièrement, alors qu'on s'est jusqu'à présent intéressé à la surface et à l'atmosphère de Mars, *InSight* est le premier robot conçu pour sonder l'intérieur de la planète – d'où son appellation qui signifie en anglais «voir les choses de l'intérieur, en profondeur».

De surcroît, cette mission fait l'objet d'une collaboration inédite entre Américains, Allemands et Français: pour la première fois de son histoire, la NASA a fourni essentiellement une plateforme de transport pour acheminer sur Mars des instruments «étrangers», à savoir un sismomètre français et un thermomètre allemand.

Et pour la première fois aussi de l'histoire de l'exploration de Mars, on n'obtiendra pas de vue du paysage où s'est posée la sonde. Pourtant, *InSight* est dotée de caméras, mais celles-ci se concentrent sur la zone à proximité immédiate de la sonde où ont été installés le sismomètre et le thermomètre. C'est dire qu'on n'a hélas pu découvrir un nouveau paysage martien.



Un aperçu du site où s'est posée *InSight*.

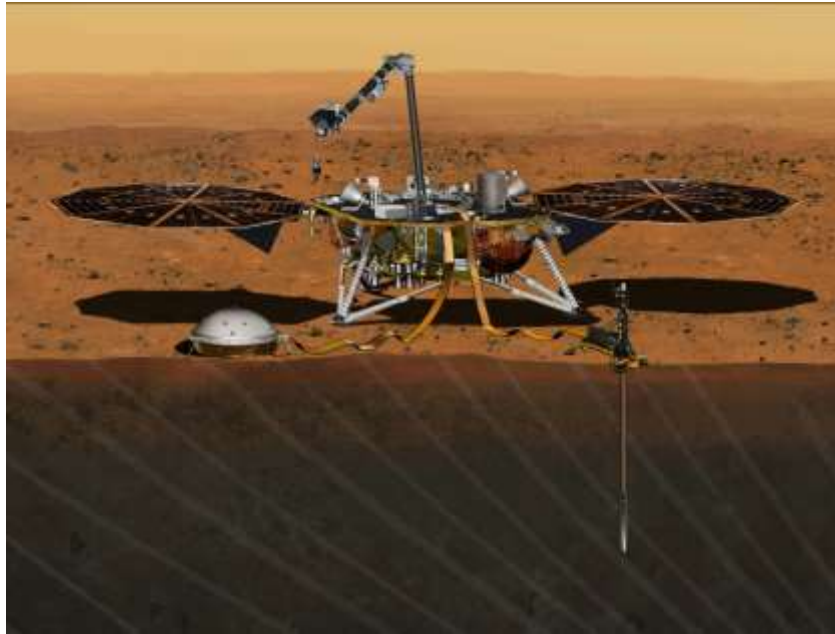
Enfin, autre particularité de la mission: elle fait face à un sérieux revers.

Dans un premier temps, le télémanipulateur d'*InSight* est parvenu à déposer sans difficulté sur le sol martien le sismomètre français – baptisé SEIS pour *Seismic Experiment for Interior Structure* – et celui-ci fonctionne sans faille. Durant sa première année de fonctionne-

ment, il a enregistré quelques 450 tremblements de sol, des tremblements de faible intensité.

Pour les géologues, l'étude de ceux-ci révèle énormément de choses à propos de la structure interne d'une planète, un peu comme un médecin qui ausculte un patient à l'aide d'un stéthoscope. Curieusement, SEIS n'a enregistré que très peu de «tremblements de Mars» au cours de ses premiers mois d'opération, tandis qu'il enregistre à présent environ deux par jour. Voilà qui fait dire aux spécialistes que la sonde serait arrivée sur Mars à un moment sismique particulièrement calme.

Par contre, la sonde a tenté en vain de faire descendre jusqu'à cinq mètres dans le sol martien le thermomètre. Celui-ci devait se frayer un chemin à la manière d'une taupe, centimètre par centimètre, jusqu'à cinq mètres de profondeur. Or, il appert que le sable



La «taupe» porteuse du thermomètre aurait dû s'enfoncer jusqu'à cinq mètres dans le sol, tel qu'illustré à droite de ce dessin. (Le dôme blanc, sur la gauche, abrite le sismomètre français.)

de Mars serait trop friable pour que l'appareil puisse s'y agripper et creuser son chemin petit à petit. Les ingénieurs ont beau tenter diverses stratégies, toujours la «taupe» demeure en surface. L'expérience semble donc vouée à l'échec, à moins que...

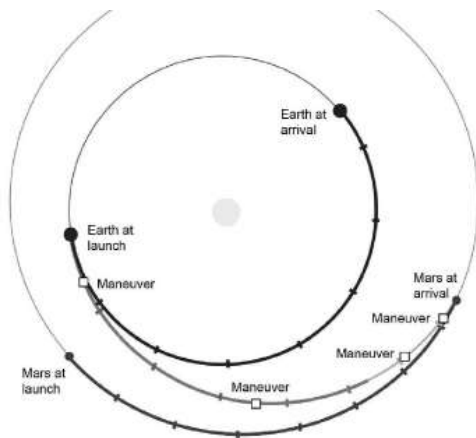
*InSight* est en outre dotée d'appareils de mesure de la vitesse et de la direction des vents ainsi que de la pression atmosphérique. Ceux-ci ont détecté le passage de *milliers* de tourbillons de poussière que les Américains appellent des «*dust devils*». «Cet endroit de Mars comporte plus de tourbillons que n'importe où ailleurs sur la planète que nous avons visité», indique un chercheur.<sup>xi</sup>

La mission d'*InSight* se poursuit normalement, alors que les opérateurs n'ont pas perdu espoir de parvenir à faire descendre le thermomètre dans le sous-sol.

### III – *Al-Amal*, l'espoir arabe

Nous voici maintenant rendu à ce que nous réserve l'été 2020. C'est en effet à la mi-juillet que s'ouvre la «fenêtre» nous permettant de s'élancer vers la planète rouge.

La Terre et Mars complétant leur révolution autour du Soleil en 365 et en 687 jours, il faut donc s'envoler de notre planète au moment opportun pour parvenir, six à huit mois plus tard, au niveau de l'orbite de Mars alors que celle-ci s'y trouvera. On ne peut donc pas s'envoler quand bon nous semble, une fenêtre martienne de quelques semaines s'ouvrant à tous les 26 mois environ.



Exemple de trajectoire suivie par une sonde s'envolant de la Terre vers Mars. En cours de route, la sonde peut légèrement «manœuvrer» pour corriger sa trajectoire. Il faut de six à huit mois pour effectuer le trajet.

C'est dire que si l'une ou l'autre des trois sondes dont on prépare le lancement pour cet été ne peut s'envoler avant la mi-août, elle devra attendre la prochaine «fenêtre martienne», à l'automne 2022.

Notons par ailleurs que ces préparatifs ont été sérieusement affectés par la pandémie de covid-19. Il a fallu en effet adopter et respecter de sévères

normes d'isolation, de confinement et de distanciation, ce qui a énormément compliqué la tâche des équipes chargées de préparer les fusées porteuses et les sondes. Il se pourrait même qu'on découvre éventuellement que la pandémie n'a pas permis de préparer aussi adéquatement ces missions qu'on l'aurait fait en temps normal. Il est à craindre que certains tests d'avant-lancement pourraient ne pas avoir été menés avec autant de soins et de minutie qu'à l'habitude. Or, voilà qui pourrait entraîner un échec.



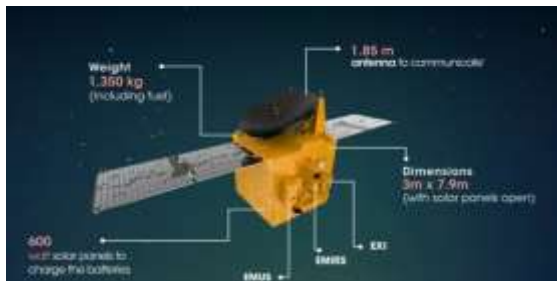
Le lanceur japonais H-II.

Si tout va bien, une fusée japonaise H-II devrait s'envoler du cosmodrome de Kagoshima, emportant avec elle la première sonde interplanétaire développée par les Émirats arabes unis. Il s'agit de la sonde *Al-Amal* (espoir en arabe) qui doit normalement s'envoler le 14 juillet, mais qui dispose d'une période de trois semaines pour le faire.

Le but premier de cette mission est de souligner le cinquantième anniversaire de la fondation des Émirats, un

État fédéral créé en 1971 et qui rassemble sept pays du golfe Persique et du golfe d'Oman. L'idée d'envoyer une sonde vers Mars est à la fois pour indiquer que ces pays se tournent désormais vers la modernité et pour encourager leur jeunesse à s'orienter vers des carrières scientifiques.

«Cette mission a pour but d'inspirer la jeunesse arabe, indique Omran Sharaf, directeur du projet. Elle vise à leur envoyer un message d'espoir: si un pays comme le nôtre est capable d'atteindre Mars après cinquante ans d'existence seulement, vous êtes sûrement capables d'en faire autant.» Voilà pourquoi ce projet, qui porte l'appellation technique de *Mission martienne émiratie*, a été rebaptisé «Espoir».



Anatomie de la sonde *Al-Amal*.

Cependant, les Émirats ne possédant pas tout le savoir-faire et les technologies nécessaires pour accomplir une telle mission interplanétaire,

ils ont fait appel à la collaboration internationale. C'est ainsi qu'une fusée japonaise lancera une sonde qui a été fabriquée en bonne partie aux États-Unis, mais en étroite collaboration avec des ingénieurs et scientifiques arabes.

Ce faisant, les Émirats empruntent la même voie qu'ils ont suivie il y a une quinzaine d'années pour se doter de satellites d'observation de la Terre. Ils ont alors fait appel aux Sud-Coréens pour concevoir leurs deux premiers satellites de télédétection (DubaiSat 1 et 2, lancés en 2009 et en 2013) avant de procéder en grande partie par eux-mêmes à la fabrication d'un troisième satellite, KhalifaSat, lancé en 2018.

Si tout va bien, la sonde *Al-Amal* se placera en orbite autour de la planète rouge en février prochain, les Émirats deviendraient alors la cinquième nation à réussir l'exploit. Elle est porteuse de trois appareils scientifiques – une caméra et deux spectromètres – conçus par des universités américaines afin d'étudier l'atmosphère de Mars et les effets du vent solaire sur elle. C'est ainsi que la sonde arabe poursuivra la mission entreprise par l'américaine MAVEN; des chercheurs de celle-ci collaborent d'ailleurs activement à la mission *Al-Amal*.<sup>xii</sup>

## IV – *Perseverance* et *Ingenuity*

Le 22 juillet, la NASA prévoit lancer son cinquième véhicule d'exploration du sol martien. Baptisé *Perseverance*, il s'agit d'un descendant direct de *Curiosity* qui explore le cratère Gale depuis huit ans maintenant.

Au premier coup d'œil, les deux tout-terrains se ressemblent comme deux gouttes d'eau, normal puisqu'ils

ont été conçus à partir des mêmes plans. Les ingénieurs ont cependant profité de l'expérience acquise avec



Anatomie du véhicule *Perseverance*, porteur d'un bras instrumenté de 2,1 mètres de long.

*Curiosity* pour améliorer le design de *Perseverance*. C'est ainsi que celui-ci est doté de roues mieux adaptées pour rouler sur le sol rocailleux et pour résister à l'abrasion du sable martien.

Surtout, fort des découvertes réalisées par *Curiosity*, il transporte une panoplie d'instruments conçus pour repérer la présence de vie passée. À cette fin, il se posera le 18 février 2021 au fond d'un cratère qu'on imagine avoir été un lac il y a des milliards d'années – comme l'a fait *Curiosity*. Il s'agit du cratère Jezero qui fait 50 kilomètres de diamètre et est profond de 750 mètres.<sup>13</sup>

L'objectif premier de cette mission est de repérer des traces de vie passée et de collecter des échantillons de sol que la NASA et l'agence spatiale européenne ESA espèrent bien rapporter sur Terre dans une dizaine d'années. Qui sait, de tels échantillons pourraient renfermer les premières traces

de vie extraterrestre qu'on pourra étudier à volonté dans nos laboratoires! Plus globalement, *Perseverance* poursuit nos recherches sur l'évolution géologique de la planète et sur son hospitalité.

Ce véhicule a la taille d'une voiturette de 3 mètres de long et haute de 2,2 mètres. Doté de six roues, il pèse 1025 kilogrammes, soit 125 kg de plus que *Curiosity*.

Il est muni d'un bras robotique lui permettant de prélever des échantillons de sol qu'il peut ensuite analyser ou mettre en réserve pour une récupération éventuelle. Ce bras est en outre porteur d'une tourelle qui abrite une impressionnante panoplie d'instruments pour photographier de très proche le sol martien, pour l'analyser et pour en déterminer la nature chimique.

Il porte entre autres plusieurs types de caméras, dont certaines permet-

tront d'obtenir des panoramas trois dimensions des environs, de faire des zooms (une première), de scruter et même d'établir à distance la géologie locale, la composition minérale et chimique de ce qu'elles voient.



*Perseverance* tel qu'on l'imagine sur Mars.

Le véhicule est également doté de puissants spectromètres capables de passer aux rayons-X et aux rayons ultraviolets le sol martien afin d'y repérer des composés organiques qui pourraient être les traces de vie passée. Il est aussi doté d'un radar permettant d'ausculter la géologie souterraine de Mars.

Durant sa mission, qui s'étendra sur de nombreuses années, *Perseverance* récoltera de temps à autres des échantillons qu'on espère pouvoir un jour rapporter sur Terre (voir à ce sujet la section VI de cet exposé).

En outre, le véhicule renferme un appareil d'extraction de l'oxygène à partir du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) qui constitue 96% de l'atmosphère martienne. Il s'agit d'une simple démonstration technologique – pour voir si le processus est possible – mais si l'expérience donne de bons résultats, elle pourrait ouvrir la voie à des systèmes de production d'oxygène dont se serviraient d'éventuelles expéditions humaines (espérées pour les années 2030).

Enfin, *Perseverance* emporte avec lui une seconde expérience technologique très originale: un minuscule hélicoptère.



*Perseverance* dépose *Ingenuity* sur Mars.

Si depuis plus de cent ans, des aéronefs de toutes sortes volent dans l'atmosphère terrestre, jamais n'a-t-on réalisé quelque chose de semblable sur une autre planète. Pourtant, depuis les années 1960, on rêve d'explorer Mars et Vénus à l'aide de ballons et de drones. Or, pour la première fois, la NASA va tenter l'expérience en mai 2021 à l'aide d'un hélicoptère judicieusement appelé *Ingenuity*.

C'est en effet un bijou technologique. Imaginez un appareil volant qui comporte à la fois un moteur et deux paires d'hélices, des piles électriques rechargeables, un ordinateur de bord et un système de navigation ainsi que deux caméras, le tout compressé dans un boîtier qui ne mesure que 49 centimètres de haut et ne pesant que 1,8 kg!

De surcroît, *Ingenuity* devra tenter de voler dans des conditions jamais rencontrées, puisque l'atmosphère martienne est cent fois plus ténue que la nôtre; elle offre par conséquent cent fois moins de portance aérodynamique.<sup>14</sup> Mais le fait que la force de gravité sur Mars soit trois fois plus fai-



L'ingénieux micro-hélicoptère conçu par la NASA: 49 cm de haut et ne pesant que 1,8 kg.

ble qu'ici compense un peu pour cet inconvénient majeur.

En outre, étant donné les délais de communication entre la Terre et Mars (une vingtaine de minutes), l'hélicoptère doit voler par lui-même et faire face, seul, à tout imprévu en cours de vol. Ce sera une expérience formidable à suivre, les risques d'écrasement étant grands.



Le minuscule hélicoptère *Ingenuity* entre les mains de ses concepteurs.

Mais si tout va bien, il est prévu qu'au début de mai 2021, *Perseverance* déposera *Ingenuity* en un endroit propice à son décollage. Puis le tout-terrain s'éloignera d'une centaine de mètres. Malheureusement, ce dernier n'étant pas équipé d'une caméra vidéo, on ne pourra pas suivre le vol de l'hélicoptère.<sup>15</sup>

Les «pilotes» d'*Ingenuity* programmeront donc celui-ci pour qu'il effectue une série de courts vols d'essai. À vrai dire, on ne sait trop à quoi s'attendre, la NASA nous prévenant déjà qu'il ne s'agit que «d'une mission purement expérimentale et totalement indépendante de la mission scientifique menée par *Perseverance*.» Qu'importe donc si *Ingenuity* échoue ou non, on aura de toute façon appris certaines choses.

Mais si c'est une réussite, de tels hélicoptères pourraient un jour assister les géologues (sur roues ou en personne) dans leur quête de vie martienne. Ils pourraient aussi servir à explorer des sites difficiles d'accès, comme par exemple les flancs de montagne où semblent s'écouler de la boue.

Et si tout va bien. *Ingenuity* pourrait nous offrir les premières vues panora-

miques prises à quelques mètres d'altitude. Ce pourrait être des images remarquables de *Perseverance* vue dans son environnement. L'expérience pourrait se poursuivre durant quelques semaines en mai... si les conditions sur Mars ne sont pas trop défavorables (ce qui reste à voir).

Entre temps, la NASA dispose de trois semaines pour lancer son duo *Perseverance* et *Ingenuity*, entre le 22 juillet au 11 août.<sup>16</sup>

## V – *Tianwen 1*, première incursion chinoise

Enfin, la Chine espère procéder au lancement de sa première sonde interplanétaire à la fin de juillet ou au début d'août. Il s'agit de la mission *Tianwen 1* qui devrait parvenir à destination en février, soit au même moment que *Perseverance* et *Al-Amal*.

C'est ainsi que *Tianwen 1* livrera une véritable course à cette dernière pour déterminer qui de la Chine ou des Émirats arabes deviendra la quatrième nation à placer une sonde en orbite autour de Mars. Or, non seulement faut-il parvenir le premier à Mars mais encore faut-il réussir son insertion en orbite.

La mission chinoise est en outre étonnamment ambitieuse, puisqu'il s'agit d'un vaisseau spatial trois-en-un; *Tianwen 1* a en effet pour objectif de placer une sonde en orbite autour de la planète, puis d'y faire se poser un atterrisseur qui, à son tour, déposera un véhicule d'exploration sur roues sur le sol martien. La Chine tentera ainsi de réussir du premier coup ce que les Américains ont mis des décennies à accomplir et que ne sont toujours pas parvenus à faire ni les Russes ni les Européens!

C'est ainsi que dans les années 1960, les Américains et les Soviétiques ont

lancé des sondes qui ont brièvement survolé la planète Mars, nous procurant de brefs coups d'œil de la planète mystérieuse. Puis en 1971, chacun est parvenu à insérer une première sonde en orbite autour de Mars.<sup>17</sup> Ensuite, à l'été de 1976, les Américains ont fait se poser en douceur deux sondes Viking, alors que les Soviétiques ont jusqu'à présent raté toutes leurs tentatives d'atterrissage.<sup>18</sup> Finalement, en 2017, les Américains ont acheminé sur le sol martien le premier véhicule sur roues (*Sojourner*).<sup>19</sup> Et comme nous l'avons vu, si les Européens ont placé avec succès deux sondes en orbite, ils ont hélas raté leurs deux tentatives d'atterrissage. Pas facile de parvenir sur Mars!

C'est dire que si jamais la Chine parvenait à tout réussir du premier coup, ce serait là un exploit remarquable. Mais c'est peu probable puisqu'il s'agit d'opérations extrêmement complexes alors que ce pays réalise sa première expédition interplanétaire.

D'une certaine façon, la mission *Tianwen 1* se compare à l'opération lunaire *Chang'e 4* (se prononce «chang i»), la première sonde à se poser sur la face cachée de la Lune (le 3 janvier 2019).<sup>20</sup> Comme *Tianwen 1*, il s'agissait d'un vaisseau trois-en-un puisque, dans un premier temps, une sonde orbitale s'est placée autour de la Lune

(le 12 décembre 2018). Trois semaines plus tard, cet orbiteur a largué un atterrisseur qui a aluni au pôle sud. Et quelques heures plus tard, celui-ci a déposé sur le sol le petit tout-terrain *Yutu 2*. La Chine accomplissait de la sorte une performance technologique remarquable.

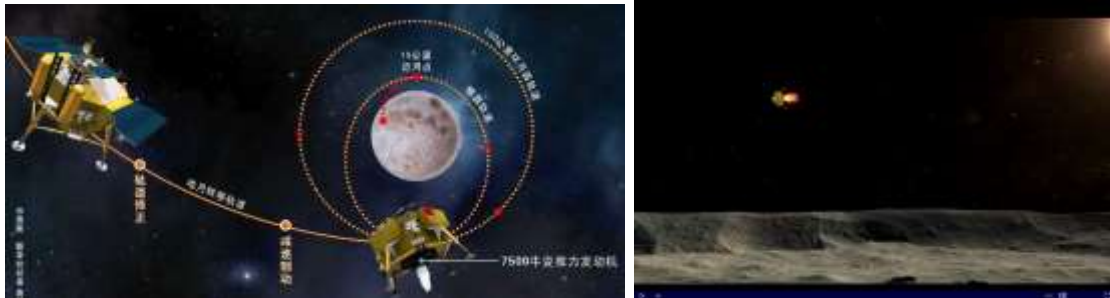


Illustration des opérations d'alunissage de la sonde *Chang'e 4*. Mais contrairement à la Lune, la sonde *Tianwen 1* devra traverser une atmosphère, ce qui change tout.

Toutefois, ce succès est le fruit d'une longue préparation, puisque les Chinois ont dans un premier temps réalisé avec succès l'opération *Chang'e 1*, une sonde qui s'est tout simplement placée en orbite lunaire (en octobre 2007).<sup>21</sup> Puis elle a réédité cette mission avec *Chang'e 2* (en 2010),<sup>22</sup> avant de procéder à une première tentative d'alunissage... parfaitement réussie. C'est ainsi que *Chang'e 3* a déposé sur le sol lunaire le tout-terrain *Yutu 1* le 14 décembre 2013.<sup>23</sup>

Or, comme nous l'avons déjà relaté, toute mission martienne est nettement plus difficile à accomplir que son équivalent lunaire, étant donné le grand éloignement de la planète. Ainsi, la Lune n'est qu'à 385 000 kilomètres de nous, tandis que Mars se trouve à une bonne centaine de millions de kilomètres. En conséquence, il ne faut que quelques jours pour atteindre la Lune, mais des mois pour parvenir jusqu'à

Mars. Par ailleurs, les délais de communication Terre-Lune ne sont que de 1,5 seconde, mais demandent une bonne dizaine de minutes dans le cas de Mars.<sup>24</sup>

Surtout, se poser sur cette planète est infiniment plus complexe que d'alunir, comme en témoigne les nombreux échecs subis par les Russes et par les Européens. Le défi, comme nous l'expliquons dans le balado [Un automate planétaire](#) diffusé le 7 octobre 2018, c'est que la planète est entourée d'une mince atmosphère qui nous oblige à protéger nos atterrisseurs contre la friction aérodynamique durant la traversée atmosphérique – sans quoi nos vaisseaux brûleraient comme des météores. Par contre, cette atmosphère est trop ténue pour nous permettre de se poser uniquement à l'aide de parachutes. Bref, Mars présente les inconvénients de se poser sur

Terre et ceux d'alunir, sans pour autant nous offrir les avantages de l'un ou de l'autre!

Enfin, la Chine se bute en ce moment à un autre écueil; la fiabilité de la fusée nécessaire pour lancer *Tianwen 1*. Pour ce faire, elle doit recourir à son plus puissant lanceur, le *Chang Zheng 5* (ou Longue Marche 5).<sup>25</sup>

Or, il s'agit d'un lanceur très récent, qui n'a volé que quatre fois (et connu un échec). Il n'est donc pas assuré qu'il parviendra à expédier la

sonde *Tianwen 1* au cours de la période de trois semaines que dure la fenêtre martienne.<sup>26</sup>

Historiquement, la planète Mars a toujours représenté de grands défis technologiques puisque la majorité des sondes qu'on y a envoyées ont échoué. Bien sûr, avec le temps, on a appris de nos échecs, mais il n'en reste pas moins que la flottille de sondes qu'on dépêchera sous peu rencontrera des défis fort intéressants à suivre.

## VI – 2031, du sol de Mars dans nos labos?

Comme nous l'avons évoqué précédemment, le séjour sur Mars de *Perseverance* est le prélude à un projet très ambitieux.

La NASA et l'ESA espèrent en effet parvenir à dépêcher un ensemble de robots qui collecteront les échantillons prélevés par le tout-terrain pour les rapporter sur Terre. Il s'agit de la mission dite MRS, pour *Mars Return Sample* (récupération d'échantillons martiens) dont rêve la NASA depuis des décennies.<sup>27</sup> Si tout va bon train – et c'est là un gros *si* – nous pourrions disposer dans une douzaine d'années d'échantillons martiens à analyser dans nos laboratoires.

Mais l'opération est extrêmement complexe. Il faudra d'abord se poser sur Mars suffisamment proche de *Perseverance* – à tout au plus quelques centaines de mètres – pour aller ensuite à sa rencontre, ce qui représente tout un défi. Il faudra par la suite procéder au transbordement des échantillons à l'aide d'un véhicule-navette, puis les rapporter à la sonde, qui s'envolera de Mars pour finalement prendre la direction de la Terre. Or, aucune de ces opérations n'a été tentée à ce jour. C'est ainsi qu'au terme

d'une mission de cinq ans, la sonde MRS viendrait se poser dans un désert terrestre, d'où on extrairait sa précieuse cargaison. À noter que cette dernière étape a déjà été réalisée par trois fois – avec les sondes Stardust, Genesis et Hayabusa 1 – et qu'on s'appête à en faire autant avec les sondes Hayabusa 2 et OSIRIS-REx (respectivement en décembre 2020 et en septembre 2023). Celles-ci nous rapporteront des échantillons prélevés sur les astéroïdes Ryugu et Bennu. (Écoutez à ce sujet notre balado [Un automne planétaire](#) diffusé le 7 octobre 2018.)

Telle qu'envisagée actuellement, la mission MRS se déroulerait de la façon suivante:<sup>28</sup>

En juillet 2026, la NASA lancerait une sonde dite *Sample Retrieval Lander*, tandis que quelques mois plus tard, les Européens enverraient une sonde dite *Earth Return Orbiter*.

En 2028, la sonde américaine irait se poser à proximité de *Perseverance*. Elle déposerait alors sur le sol un véhi-

cule tout-terrain de conception européenne. Celui-ci ira à la rencontre de *Perseverance* pour procéder au transbordement de 43 éprouvettes (de la taille de stylo) contenant divers échantillons de sol prélevés un peu partout dans le cratère Jezero.<sup>29</sup>

Le tout-terrain reviendrait alors vers l'atterrisseur pour lui remettre sa cargaison. Ensuite, l'étage supérieur de celui-ci (appelé *Mars Ascent Vehicle*) décollerait de la planète pour se placer en orbite. Il irait alors rejoindre un *Earth Return Orbiter* qui se serait entre temps placé en orbite. Les deux vaisseaux effectueraient un rendez-vous et procéderaient au transfert de la précieuse cargaison.

Cette opération s'assimile à ce qui s'est passé autour de la Lune lors des missions Apollo. Au terme de leur séjour sur le sol lunaire, deux astronautes s'envolaient à bord de l'étage supérieur du module lunaire. Ils allaient rejoindre le module de commande à bord duquel se trouvait le troisième membre de l'équipage et ils procédaient au transfert de leur cargaison scientifique. Cependant, dans le cas de la mission MRS, tout devra se faire en mode automatique, sans assistance directe de la Terre (étant donné les délais de communication). Ce serait donc un prodige technologique et informatique majeur considérant qu'aucune de ces opérations n'aura été testée auparavant. Or, du temps d'Apollo, une bonne partie de ces opérations avait été validée par l'équipage d'Apollo 10 avant de procéder au grand débarquement d'Apollo 11.

Finalement, le *Earth Return Orbiter* prendrait la route vers la Terre – ce qu'aucune sonde n'a jamais fait – et la capsule contenant les précieux échantillons reviendrait se poser dans



Atterrissage du *Sample Retrieval Lander*.



Ce *Lander* s'installe sur Mars et déploie ses panneaux solaires.



Un véhicule navette (à gauche) récupère les échantillons de *Perseverance* et les rapporte au *Lander*.



Décollage de la fusée porteuse de la capsule destinée à rapporter sur Terre les échantillons.

un désert terrestre (dans l'Utah) en 2031. Fait inusité: cette capsule ne sera pas munie de parachutes ni de rétrofusées, afin d'amortir l'impact avec le sol; elle s'écrasera tout bonnement à vivre allure! Mais elle aura été conçue pour résister à l'impact et, surtout, pour protéger sa cargaison.

C'est dire que si tout va bien, on assistera à une formidable cascade de grandes premières... digne d'une mission Apollo.

Mais peut-être que les embûches les plus importantes pour réaliser une mission MRS seront d'ordre financier et d'échéancier. En effet, le coût du projet est estimé à 7 milliards \$, à partager entre les Américains et les Européens. Or, il est à se demander si les responsables du projet parviendront à obtenir les fonds nécessaires pour relever un tel défi... *avant que Perseverance* n'arrive au terme de sa vie.

Le fait de lancer ce tout-terrain cet été déclenche en quelque sorte un compte-à-rebours incontournable: si tout va bien, nous disposerons d'une douzaine d'années pour aller à sa rencontre. Aura-t-on le temps et l'argent pour surmonter toutes les difficultés qu'une mission aussi audacieuse repré-

sente? Rien n'est moins sûr... d'autant plus qu'il arrive assez fréquemment dans le domaine spatial que les projets prennent plus de temps à se réaliser (et coûtent beaucoup plus cher).

Nous pourrions citer une foule d'exemples, dont ceux de la Station spatiale internationale ou des télescopes spatiaux Hubble et Webb, mais nous relaterons plutôt le cas de la mission *ExoMars* qui aurait dû s'envoler dès cet été mais qui a été retardée.

En effet, les Européens et les Russes avaient prévu lancer un atterrisseur qui aurait déposé sur Mars le véhicule d'exploration *Rosalind Franklin*. Cependant, des retards dans la mise au point des parachutes et divers autres ennuis techniques et informatiques ont forcé le report de la mission à la prochaine fenêtre martienne. «Nous ne voulons prendre aucun risque et nous tenons à nous assurer que tout sera parfaitement au point», déclarait un responsable de la mission.<sup>30</sup>

Très sage précaution compte-tenu de toutes les difficultés qu'impose un atterrissage sur Mars. Et un tel report n'est pas une «première» dans l'histoire de la conquête de Mars, puisque maintes fois par le passé des missions ont été retardées... pour finalement connaître de francs succès.

## Conclusion

**La planète Mars nous fait rêver depuis 150 ans maintenant et son exploration depuis 55 ans ne cesse de nous surprendre.**

Si au départ, on imaginait une planète riche d'une vie comparable à la nôtre, la première génération de sondes spatiales qu'on y a dépêchée, dans les années 1960 et 1970, nous a plutôt montré un monde hostile et sans

vie, s'assimilant bien davantage à la Lune qu'à la Terre.

Par contre, la plus récente génération de sondes – celle des années 2000 – nous apprend que l'eau a jadis été présente en abondance sur Mars, qu'il

y a même eu des lacs, et que tout nous porte à croire que la vie y est apparue. Il semble bien qu'on s'approche du jour où on découvrira les premières traces de vie extraterrestre... qu'on s'empressera aussitôt d'examiner au microscope dans nos laboratoires.

Alors qu'on rêve depuis fort longtemps de nous y rendre en personne, l'exploration de la planète rouge s'effectue davantage au moyen de robots. Comme en témoigne la série de missions que nous venons d'évoquer, ces robots présentent une foule d'avantages. D'une part, ils coûtent beaucoup moins cher que toute expédition humaine, soit entre 250 millions et 2,5 milliards \$ (le coût de *Perseverance*), tandis que toute expédition habitée dépassera facilement la centaine de milliards \$. C'est pourquoi on a les moyens d'expédier vers Mars des dizaines de sondes... et même d'en perdre quelques-unes.

En outre, s'ils n'emportent pas avec eux l'intelligence humaine – ce qui les prive d'un atout exceptionnel –, les robots peuvent en revanche travailler beaucoup plus longtemps que des équipages, c'est-à-dire des années, voir des décennies, alors que tout séjour humain sur Mars se limitera à quelques mois, ou à une année tout au plus, selon le meilleur des scénarios.

Les sondes spatiales offrent enfin le bel avantage que les scientifiques qui les utilisent peuvent rentrer chez eux au terme de leurs journées de travail, plutôt que de devoir s'absenter durant des années pour accomplir une expédition sur place de quelques mois.

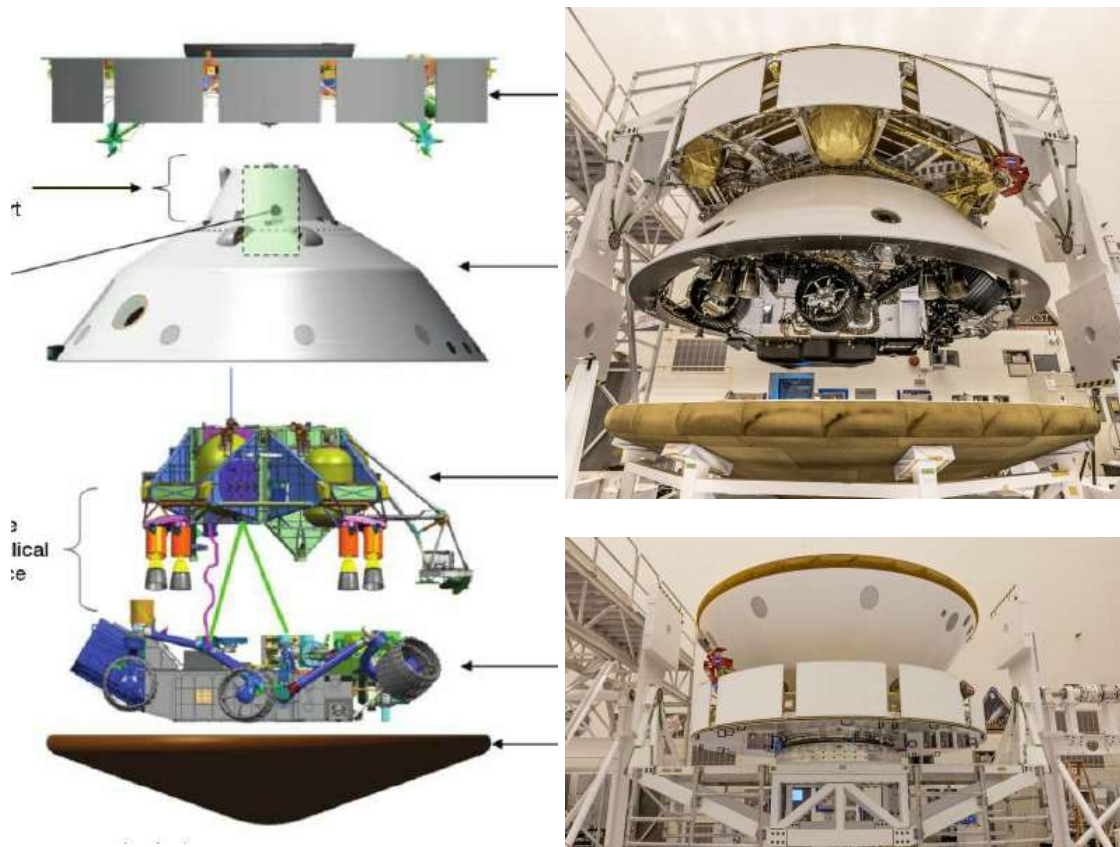
On n'a pas non plus à récupérer les sondes au terme de leur mission; on les laisse sur place, en orbite ou sur le sol, où elles deviendront de fabuleux trésors pour les archéologues du futur. Et si on en perd quelques-unes en cours de route, cela n'a rien de dramatique; il s'agit plutôt de déceptions qui ne nous empêchent en rien de poursuivre notre quête.

Ainsi, quoi qu'il arrive avec les expéditions qu'on entamera cet été, l'exploration de la planète rouge se poursuivra ces prochaines années et décennies avec des sondes sans cesse plus performantes – bientôt dotées d'intelligence artificielle. Et tout indique que cette exploration deviendra de plus en plus internationale, divers pays faisant leurs premiers pas pendant que d'autres s'associent pour réaliser des missions sans cesse plus complexes et ambitieuses.

C'est dire que l'exploration de la planète rouge est une aventure qui rassemble l'humanité et que tout porte à croire que dans un avenir pas si lointain, nous découvrirons les premières traces de vie extraterrestre. Trois questions s'imposeront alors à nous: quels sont les points communs et les différences entre la vie terrestre et martienne? Qu'est-il arrivé sur Mars pour que la vie ne s'épanouisse pas? Et y a-t-il là des enseignements vitaux à prendre en compte pour nous?

Chose certaine, Mars n'a pas fini de nous intriguer et de nous surprendre... comme elle le fait inlassablement depuis cent cinquante ans maintenant!

## En route pour Mars... mais à l'envers



*Perseverance* (au centre du dessin de droite), est encapsulée dans un cocon qui le protège durant le trajet Terre-Mars puis durant la traversée de l'atmosphère martienne. En haut à droite, on aperçoit le tout-terrain juste avant qu'il ne soit enfermé dans sa capsule. En-dessous, la capsule est placée à la renverse, c'est-à-dire dans la position qu'elle adopte durant le lancement: *Perseverance* s'envole donc à l'envers!

### Pour en savoir plus

<sup>1</sup> Écoutez notre balado [Viking, la fascinante découverte de la vie sur Mars](#) diffusé le 7 avril 2019.

<sup>2</sup> Asif Siddiqi, [Beyond Earth: A Chronicle of Deep Space Exploration](#), NASA SP-2018-4041, 2018, p. 213-4 et le site web de la mission [Mars Odyssey](#) de la NASA.

<sup>3</sup> En fait, le record de longévité «toute catégorie» appartient à *Voyager 2* qui fonctionne plus de 43 ans après son lancement. Mais cette sonde n'a fait que survoler les quatre géantes gazeuses

---

du Système solaire (écoutez nos balado Voyager...). Quant à *Mars Odyssey*, elle cartographie la planète rouge depuis bientôt deux décennies, plus longtemps qu'aucune autre sonde.

<sup>4</sup> [Olympus Mons](#) dans Wikipédia.

<sup>5</sup> [Beyond Earth](#), p. 220-2, et le site web de la mission [Mars Express](#).

<sup>6</sup> [Beyond Earth](#), p. 238-41, et le site web de la mission [MRO](#) de la NASA.

<sup>7</sup> [Beyond Earth](#), p. 288-9, le site web de la mission [MOM](#) de l'ISRO et site de [space.com](#).

<sup>8</sup> [Beyond Earth](#), p. 289-90 et le site web de la mission [MAVEN](#) de la NASA.

<sup>9</sup> [Beyond Earth](#), p. 307-8, le site web de la mission [TGO](#) de l'ESA et le communiqué du 10 avril 2019: «[First results from the ExoMars Trace Gas Orbiter](#)».

<sup>x</sup> [Beyond Earth](#), p. 280-6, le site web de la mission [Curiosity](#) de la NASA et l'article «[Curiosity Rover Finds an Ancient Oasis on Mars](#)», 7 octobre 2019 et «[Curiosity Rover Finds Clues to Chilly Ancient Mars Buried in Rocks](#)»

<sup>xi</sup> Site web de la mission [InSight](#) de la NASA, Fascicule 18 [Un automne planétaire](#) de *Voyage dans l'espace* et «[A Year of Surprising Science From NASA's InSight Mars Mission](#)», 24 février 2020.

<sup>xii</sup> [Hope Mars Mission](#) de Wikipédia et Stephen Clark, «[Emirates Mars Mission arrives in Japan for launch preparations](#)», *Spaceflight Now*, 5 mai 2020; NASA, [Emirates Mars Mission](#).

<sup>13</sup> NASA, «[NASA Announces Landing Site for Mars 2020 Rover](#)», NASA News Realise 18-103, 19 novembre 2018.

<sup>14</sup> La portance aérodynamique est le fait que, par exemple, une aile d'avion ou les hélices d'un hélicoptère s'appuient sur l'air pour permettre à l'appareil de voler. Plus l'air est ténu, moins grande est la portance, d'où la difficulté de voler à très haute altitude... ou dans la mince atmosphère de Mars.

<sup>15</sup> NASA, «[How NASA's Mars Helicopter Will Reach the Red Planet's Surface](#)», 23 juin 2020.

<sup>16</sup> Sites: [Mars 2020 Mission](#) et [Mars Perseverance Rover](#) de la NASA, [Mars 2020 Fact Sheet](#) (pdf) et [Mars Helicopter Ingenuity Fact Sheet](#) (pdf).

<sup>17</sup> C'est-à-dire Mars 2 et Mariner 9; voir [Beyond Earth](#), p. 100 et 103.

<sup>18</sup> Écoutez notre balado [Viking, la fascinante découverte de la vie sur Mars](#) diffusé le 7 avril 2019.

<sup>19</sup> Voir [Beyond Earth](#), p. 195-6.

<sup>20</sup> Voir l'article [Chang'e 4](#) dans Wikipédia.

<sup>21</sup> Voir [Beyond Earth](#), p. 256-8 et [Chang'e 1](#) dans Wikipédia.

<sup>22</sup> Voir [Beyond Earth](#), p. 272-4 et [Chang'e 2](#) dans Wikipédia.

<sup>23</sup> Voir [Beyond Earth](#), p. 291-3 et [Chang'e 3](#) dans Wikipédia.

<sup>24</sup> Rappelons que les distances Terre-Mars varient énormément puisque les deux planètes gravitent autour du Soleil. À certain moment de leur orbite, les deux planètes peuvent se rapprocher

