



# La sonde Mars Express à la découverte de la planète rouge



## Les objectifs de Mars Express

Mars Express est une mission de l'ESA qui a pour objet l'étude de l'atmosphère, de la surface et de la structure interne de Mars. Les quatre principaux objectifs scientifiques portent sur : l'eau et l'atmosphère, la géologie et son évolution, le climat, la possibilité d'une « vie » dans le passé.

### Le cycle de l'eau et la dynamique atmosphérique

L'étude de la répartition de l'eau entre l'atmosphère, les calottes glaciaires, et l'hydrosphère (si celle-ci a un jour existé), permet de comprendre le cycle de l'eau, les interactions entre l'eau atmosphérique et l'eau solide, l'existence ou non d'une activité géothermale, la dynamique climatologique martienne.

### Reconstituer l'histoire géologique de Mars

Après une naissance commune, la Terre et Mars ont pris deux voies différentes. Quels sont les facteurs qui expliquent cette évolution distincte des deux planètes ? A quel moment s'est produite cette bifurcation ? Avant ou après l'apparition de la vie sur Terre ? L'étude de la géologie permet de reconstituer une partie de l'histoire martienne. Les minéraux détectés par les spectromètres sont les témoins d'une activité géologique (volcanisme, sédimentation...), ou hydrique. La présence d'un magnétisme rémanent dans certaines roches indique que Mars avait un champ magnétique disparu aujourd'hui. Comment le champ magnétique martien a-t-il disparu et quelle est l'évolution possible du champ magnétique terrestre ?

### Le climat martien

Plusieurs indices montrent que Mars a connu des bouleversements climatiques et des modifications de la composition chimique de son atmosphère. Le passage, notamment, d'une atmosphère primaire riche en vapeur d'eau, perdue lors d'impacts météoritiques il y a 4 milliards d'années, à une atmosphère secondaire de dioxyde de carbone issue en grande partie du volcanisme aurait eu des conséquences importantes sur le climat.

### Les traces d'une vie passée

La recherche d'éléments clés nécessaires à l'apparition de la vie (eau, composés carbonés) est un des objectifs de Mars Express. En particulier, la présence de carbonates dans les roches, pour l'instant détectés en très faibles quantités seulement, pose un problème. Est-ce qu'il y a un réservoir contenant les molécules carbonées présentes aujourd'hui sur Mars, et où ? Ou bien, ont-elles été dissipées avec la perte progressive de l'atmosphère de Mars ?

## La mission Mars Express

Après plusieurs décennies durant lesquelles les américains et les soviétiques ont été les seuls à explorer la banlieue martienne, l'Europe part pour la première fois à l'assaut de Mars. La sonde Mars Express, de l'Agence Spatiale Européenne, a été lancée le 2 juin 2003 depuis le cosmodrome de Baïkonour au Kazakhstan. Ce lancement a bénéficié de la position exceptionnelle de la Terre et de Mars, qui se trouvaient, le 27 août 2003, à une distance « d'à peine » 56 millions de kilomètres (la distance séparant la Terre de Mars pouvant atteindre 400 millions de kilomètres). Après un voyage de 206 jours, la sonde européenne s'est mise en orbite autour de Mars le 25 décembre 2003. En orbite quasi-polaire (trajectoire passant au-dessus des pôles), la sonde balaye la surface martienne en décrivant une ellipse d'un rayon allant de 260 kilomètres à 11 500 kilomètres en moins de 8 heures. La mission est prévue pour durer un cycle martien, c'est-à-dire 687 jours.



Vue d'artiste de Mars Express en orbite autour de la planète. © ESA.

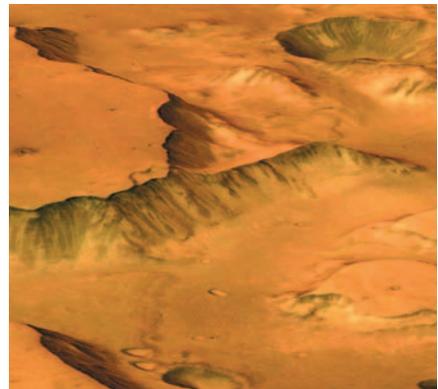


Photo d'une région de plateaux, vue en perspective, prise avec la caméra HRSC. Le sommet du plateau est à 3 km au-dessus du bassin. © ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum).



Lancement de Mars Express par la fusée Soyuz-Fregat. © ESA/STARSEM-S. CORVAJA.

## L'instrumentation

Mars Express est équipée de 7 instruments :

- un spectromètre à transformée de Fourier pour l'étude de l'atmosphère (PFS) ;
- un radar pour sonder le sous-sol (MaRSIS) ;
- une caméra stéréo à haute résolution pour cartographier la surface (HRSC) ;
- un sondeur radio pour mesurer la gravité martienne (MaRS) ;
- un analyseur chargé d'étudier les interactions entre le vent solaire et l'ionosphère de la planète (ASPERA) ;
- un spectromètre travaillant dans le domaine de l'ultraviolet et de l'infrarouge pour déterminer la composition de l'atmosphère (SPICAM) ;
- un spectro-imageur pour réaliser une cartographie minéralogique et étudier les composants des calottes polaires et de l'atmosphère (OMEGA).



Les unités d'optique et d'électronique du spectromètre OMEGA durant leur intégration à l'Observatoire de Paris. © LESIA, IAS.

Deux de ces instruments ont été conçus et réalisés par des laboratoires français. OMEGA est développé sous la maîtrise d'œuvre de l'Institut d'Astrophysique Spatiale avec la participation du Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique, de l'IFSI (Italie) et de l'IKI (Russie). SPICAM est développé sous la maîtrise d'œuvre du Service d'Aéronomie, avec la participation de l'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique et de l'IKI de Moscou.

## Les premiers résultats de Mars Express

Dès les premiers jours de sa mise en orbite, la sonde a fait parvenir une moisson de données précieuses.

La caméra HRSC a permis de récolter de magnifiques images en 3 dimensions de la surface martienne.

Le spectromètre SPICAM a fourni les premières mesures simultanées de l'ozone et de la vapeur d'eau dans l'atmosphère martienne montrant une anti-corrélation entre ces deux gaz ce qui tendrait à prouver que la vapeur d'eau détruit l'ozone.

Le spectromètre OMEGA a permis de mettre en évidence la présence de la glace d'eau dans la calotte polaire de l'hémisphère Sud et de sulfates de magnésium appelés kiesérite et epsomite. Ces sulfates pourraient être la preuve de la présence d'étendues d'eau stagnante tels des lacs. Il a montré également qu'il y avait eu plusieurs cycles d'activité magmatique, avec des roches de compositions différentes qui correspondent à des périodes qui s'échelonnent sur plus de 3 milliards d'années.

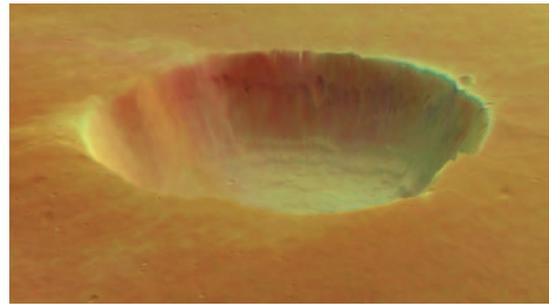
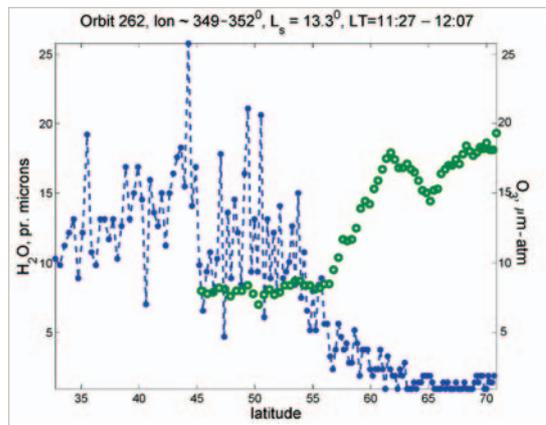
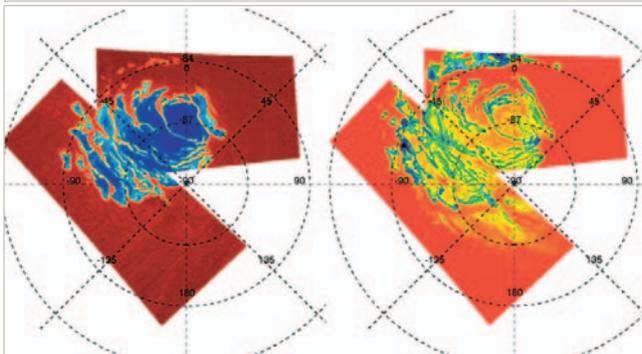


Photo de la caldeira du volcan Albor Tholus prise avec la caméra HRSC. Cette caldeira a un diamètre de 30 km et une profondeur de 3 km. Le volcan lui-même a un diamètre de 160 km et une hauteur de 4,5 km. Cette caldeira est intéressante géologiquement car sa profondeur est presque équivalente à la hauteur du volcan, ce que l'on ne trouve pas sur Terre. © ESA / DLR / FU Berlin (G Neukum).

Cartes des glaces de CO<sub>2</sub> et de H<sub>2</sub>O au pôle sud de Mars. A gauche absorption de CO<sub>2</sub> (bleu : absorption forte ; marron : sans CO<sub>2</sub>). A droite la signature de glace H<sub>2</sub>O avec le même codage. La comparaison montre que l'extension de la glace d'eau est plus importante que la glace de dioxyde de carbone. © OMEGA, IAS, LESIA, ESA.



Mesures simultanées de l'ozone O<sub>3</sub> (ronds verts) et de la vapeur d'eau H<sub>2</sub>O obtenues par SPICAM. C'est la première fois que l'on obtient des mesures simultanées de ces deux gaz, et l'on voit parfaitement qu'il y a plus d'ozone quand il y a moins de vapeur d'eau. Nous sommes au début du printemps pour l'hémisphère nord de Mars, et à haute latitude nord, l'eau est encore piégée dans la calotte saisonnière de CO<sub>2</sub>. © SPICAM, SA, ESA.



Photo de la caldera du volcan Olympus Mons prise avec la caméra HRSC. Olympus Mons est le plus haut volcan du système solaire avec une altitude de 24 km. La caldera a une profondeur de 3 km. La résolution est de 12 mètres. © ESA / DLR / FU Berlin (G Neukum).

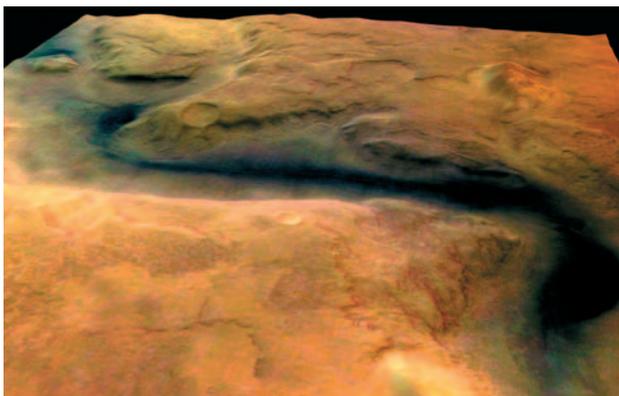


Photo en 3 dimensions de Reull Vallis prise avec la caméra HRSC. On distingue très nettement un chenal, Reull Vallis, qui pourrait avoir été formé par des écoulements d'eau. La résolution est de 12 mètres. © ESA / DLR / FU Berlin (G Neukum).



## La planète Mars

Mars a des similitudes et des différences avec notre planète. Elle est proche de la Terre, par sa naissance, la forte obliquité de son axe de rotation (25°1 pour Mars, 23°3 pour la Terre, 0° pour Mercure) qui explique la présence de saisons marquées, son volcanisme, la présence de calottes polaires. Mars se distingue de la Terre par sa petite taille, sa composition atmosphérique, ou encore par l'absence d'eau liquide en surface. Tous ces éléments font de Mars un champ d'étude essentiel pour comprendre l'histoire des planètes telluriques et l'évolution des composés chimiques dans le système solaire.

Masse	6,42 . 10 <sup>23</sup> kg
Masse relative à la Terre (Terre = 1)	0,11
Rayon à l'équateur	3 397,2 km
Distance moyenne au Soleil	228 Mkm
Distance en UA (1 UA = 150 Mkm)	1,52
Densité moyenne	3,9
Composition minérale	silicates, Fe, Ni
Période de révolution	687 j
Période de rotation	24,6 h
Pression atmosphérique	0,008 bar
Températures extrêmes	jour: 20°C; nuit: -140°C
Composants atmosphériques principaux	95% CO <sub>2</sub> , 3% N <sub>2</sub> , 2% Ar, (H <sub>2</sub> O et O <sub>2</sub> en trace)
Satellites	Phobos et Déimos

## Les observations de Mars

Observée depuis l'antiquité, Mars est certainement la planète du système solaire la plus médiatisée après la Terre. Les observations, à la lunette, de la planète remontent au XVII<sup>ème</sup> siècle, mais il faut attendre 1659 pour trouver des dessins précis de Mars réalisés par l'astronome hollandais Christiaan Huygens. Pendant 3 siècles les observations ne cessent d'apporter de nouvelles données, mais c'est évidemment grâce à la conquête spatiale que la connaissance de Mars va faire un bond en avant. En 1964, la sonde américaine Mariner 4 effectue le premier survol de la planète rouge et réalise les premières images de sa surface. Se succéderont ensuite plusieurs missions américaines et soviétiques. En 1976 une sonde américaine, Viking 1, se pose avec succès sur le sol martien. En tout ce sont 38 sondes spatiales qui ont été envoyées vers Mars, avec 22 échecs, 4 semi-réussites et 12 succès. En ce moment, 3 sondes sont en orbites autour de Mars : Mars Express de l'ESA, Mars Global Surveyor et Mars Odyssey de la NASA, et 2 robots se déplacent sur le sol martien : Opportunity et Spirit de la NASA.



Panorama de Santa Anita. Il s'agit d'une mosaïque de photos prises le 21, 25 et 26 mai 2004 par le rover Spirit de la NASA. Il a fallu 384 images pour reconstituer ce panorama. © NASA/JPL/Cornell.



### Au delà de la Terre l'Europe explore le système solaire

Exposition du 3 novembre 2004 au 30 janvier 2005  
ouverture le mercredi, vendredi et dimanche de 14h00 à 18h00

Observatoire de Paris  
61, avenue de l'Observatoire  
75014 Paris

RER B : station Port Royal  
Métro : lignes 4 ou 6 : station Denfert-Rochereau

Groupes et scolaires sur rendez-vous : tél. : 01 40 51 23 01

site web de l'exposition : <http://www.audeladelaterre.net>