

DOSSIER DE PRESSE

**Programme scientifique d'exploration de
Mars à l'Observatoire royal de Belgique
dans le cadre de la mission Mars Express**



Observatoire royal de Belgique
Av. Circulaire, 3 - Ringlaan 3
1180 BRUXELLES – BRUSSEL

Contact : Véronique Dehant, 02/373.02.66, v.dehant@oma.be

1. INTRODUCTION

La planète Mars est proche de la Terre et lui ressemble beaucoup. La mission Mars Express étudie un large ensemble de propriétés de cette planète, en particulier, son atmosphère, la géologie de sa surface et l'évidence possible d'eau. Le champ gravitationnel de Mars est aussi étudié.

L'Observatoire royal de Belgique (ORB) est impliqué dans le traitement des données de l'expérience de radio-science, MaRS (Mars Radio-Science experiment) et étudiera le champ de pesanteur de Mars.

L'Observatoire royal de Belgique a acquis une expertise mondialement reconnue dans le domaine de la géodésie spatiale et de l'étude de la structure de l'intérieur de la Terre. Cette recherche utilise les observations gravimétriques ainsi que les observations des paramètres de rotation de la Terre. Depuis 1998, l'Observatoire royal de Belgique a étendu son domaine de recherche à la planète Mars.

Ce projet est une occasion exceptionnelle pour l'Observatoire et plus particulièrement pour les scientifiques spécialisés en géodésie spatiale. Il permettra en effet à la Belgique de promouvoir la qualité de son savoir dans le secteur concerné et de ses recherches scientifiques en général. C'est l'occasion pour la Belgique de participer activement à une expérience phare de l'exploration martienne dont l'enjeu est un pas important dans notre connaissance du système solaire en général et des planètes telluriques en particulier.

Pourquoi Mars ? Importance de la planétologie comparée.

Les missions martiennes ont débuté en 1960, par le lancement d'un orbiteur russe: *Marsnick 1*. Les Etats-Unis ont suivi en 1964, avec le lancement de *Mariner 4* qui transmet les premières images de Mars. A partir de ce moment, soviétiques et américains se sont succédés dans la mise en œuvre de nombreux projets d'étude de cette planète. Si les échecs furent nombreux, d'autres missions ont été couronnées par un franc succès. On doit ainsi, entre autres, les premières cartographies de Mars aux missions *Mariner 9* (lancement en 1971) et *Viking* (lancement des deux sondes *Viking 1* et *2* en 1975). Un autre succès retentissant est celui de *Mars Pathfinder* (1996), sonde de 259 kilos accompagnée d'un petit véhicule automatique, "Sojourner", qui a analysé et photographié le sol martien proche du site d'atterrissage.

L'orbiteur *Mars Global Surveyor* (MGS) a fonctionné entre 1996 et 2006. *Mars Odyssey* et *Mars Reconnaissance Orbiter* (MRO, lancé en 2005) fournissent également une moisson de données impressionnantes toujours en cours d'interprétation. A ces trois orbiteurs américains s'est rajouté l'orbiteur européen *Mars Express*, en orbite autour de Mars depuis le 25 décembre 2003.

L'apport de ces missions est d'une grande importance pour l'amélioration de notre connaissance de la planète rouge et plus généralement du système solaire.

Mars est une planète dont l'exploration est très intéressante pour mieux comprendre le processus de formation des planètes et leurs évolutions. En effet, Mars présente aujourd'hui

des surfaces qui se sont figées tout au long de son histoire, contrairement à la Terre qui est en perpétuelle « rénovation » (les anciens terrains sont continuellement détruits par les conséquences des divers mouvements tectoniques et par les différents types d'érosion, ce qui laisse la place à de nouveaux sols). L'absence de tectonique actuellement à la surface de Mars donne accès à l'ensemble des processus permettant de retracer la naissance, la vie et l'évolution d'une planète de type terrestre. En raison de sa taille et de sa masse beaucoup plus faibles que celles de la Terre, Mars a connu une évolution beaucoup plus rapide : la Terre, plus massive, connaît un refroidissement plus lent. La distance de la planète par rapport au Soleil est un autre élément crucial. Elle influence sa composition interne, explique son insolation et par conséquent son atmosphère et son histoire thermique. Bien que comparables, les compositions chimiques et les densités de la Terre et de Mars ne sont toutefois pas identiques. Malgré des évolutions semblables, on constate que les deux planètes telluriques ont pu connaître des destins très différents. Il est toujours impossible à l'heure actuelle d'affirmer que Mars possède un noyau liquide et une graine solide comme la Terre. Peut-on penser que Mars reflète l'avenir à long terme de la Terre, lorsque cette dernière se sera considérablement refroidie ? L'étude de l'intérieur de la planète Mars permettra, entre autres, de répondre à de telles questions.



Figure 1: Comparaison de l'aspect extérieur de la Terre et de Mars.

Un autre intérêt des hommes pour la planète Mars est lié à la possibilité d'une vie extraterrestre. Comme la Terre, Mars est une planète qui aurait pu présenter, à un moment de son évolution, les conditions favorables à l'éclosion d'une forme de vie. La présence d'eau liquide à la surface ou dans le sous-sol est une condition à l'émergence éventuelle de la vie et les observations montrent que la surface de Mars est caractérisée par de nombreuses traces d'écoulements et de ravinements. Les scientifiques ne sont pas unanimes dans leurs interprétations, mais une bonne partie d'entre eux pense que Mars aurait pu posséder un vaste réseau de cours d'eau, voire même un large océan, grâce auxquels une forme de vie primitive aurait pu se développer.

Quelques caractéristiques de Mars

* Données climatiques

En raison de son plus grand éloignement par rapport au Soleil, Mars reçoit nettement moins d'énergie solaire que la Terre. De plus, l'effet de serre de son atmosphère est moins important. Sa température moyenne annuelle est de -53°C ($+14^{\circ}\text{C}$ pour la Terre). Elle peut varier d'environ -125°C à $+23^{\circ}\text{C}$. La planète connaît en outre des écarts thermiques journaliers importants qui peuvent s'expliquer par l'absence d'océans et par la ténuité de l'atmosphère. Sur Mars, la variation verticale de la température est très importante : un humain pourrait ressentir une différence de température d'une vingtaine de degrés entre sa tête et ses pieds.

Une particularité de l'atmosphère de Mars est l'importance de son échange de matière avec les calottes polaires. Ces calottes sont constituées de glace, mais se recouvrent en hiver d'une couche de neige carbonique (composée de dioxyde de carbone (CO_2)). La taille de ces calottes varie beaucoup de manière saisonnière. Leur accroissement (en hiver) est dû à la condensation (passage de l'état gazeux à l'état solide) du CO_2 atmosphérique, leur diminution en été à la sublimation (passage de l'état solide à l'état gazeux), processus par lequel le CO_2 est alors rendu à l'atmosphère.

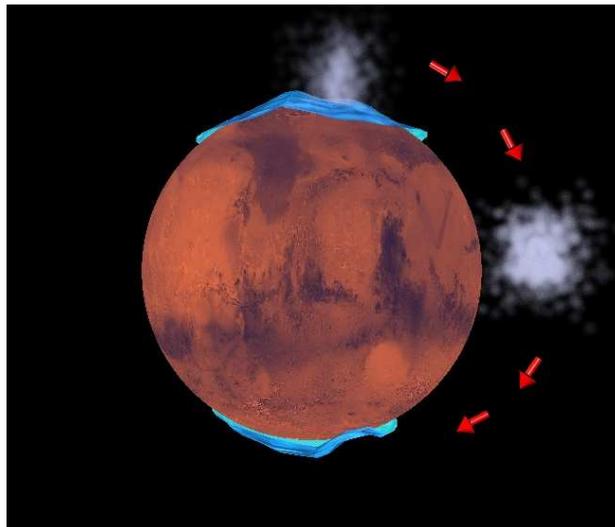


Figure 2: Processus de sublimation/condensation des calottes polaires

* Données géodésiques

Mars gravite sur une orbite elliptique à une distance moyenne de quelques 228 millions de kilomètres du Soleil. Son diamètre équatorial est deux fois plus petit que celui de la Terre, sa masse est quelque dix fois moins importante. L'année martienne (période de révolution autour du Soleil) équivaut environ à deux ans terrestres (687 jours) et la durée moyenne des jours martiens (période de rotation sur elle-même) est de 24h37min. Des estimations des

variations de la longueur du jour ont pu être obtenues lors de missions précédentes (*Viking*, *Pathfinder*, *Mars Global Surveyor*) et ont pu être reliées aux changements saisonniers de la taille des calottes polaires.

* **Données magnétiques**

Le champ magnétique est un facteur important à prendre en considération pour comprendre l'évolution d'une planète. La présence d'un champ magnétique est liée à l'existence de mouvements dans le noyau liquide constitué de fer. Le refroidissement de Mars ainsi que les concentrations en minéraux influencent la physique du noyau et en particulier son état liquide ou solide. Contrairement à la Terre, on n'observe pas actuellement de champ magnétique global significatif à la surface de Mars. Cependant, la sonde *Mars Global Surveyor* a mis en évidence un champ magnétique important à certains endroits de la planète. Il s'agit en réalité de traces fossiles d'un champ magnétique global passé qui s'est figé dans certaines roches au fur et à mesure de leur solidification et qu'on peut encore mesurer actuellement (champ magnétique rémanent).

* **Données concernant l'eau**

Nous savons actuellement que l'eau liquide ne peut pas exister à la surface de Mars en raison de la faible pression atmosphérique et des températures qui y règnent. Cette faible pression atmosphérique de l'ordre de 6 mbar est due à la faible densité de l'atmosphère. Il y a cependant beaucoup d'indications que l'eau liquide a existé dans le passé à la surface de Mars. Les engins spatiaux ont relevé récemment la présence de structures géologiques qui ressemblent à des lits de rivières dans l'hémisphère Sud dont le relief est élevé et qui est couvert de cratères. Ils ont montré également l'existence de terrains relativement jeunes dans les plaines du Nord. Ces terrains auraient pu être couverts par un gigantesque océan qui prenait à peu près les deux tiers de la planète. L'existence d'hydrogène dans le sol martien (jusqu'à quelques mètres de profondeur) indique également que, même si l'eau n'existe pas actuellement à la surface de Mars, elle pourrait être présente sous forme de glace en dessous de la surface, dans le pergélisol¹.

L'existence d'eau dans le sol martien est une question très intéressante car elle est liée à la question de la présence de vie sur Mars.

¹ Pergélisol = partie gelée du sol martien

2. LA MISSION MARS EXPRESS

Mars Express est la première mission de l'ESA vers la planète rouge. C'est également la première mission européenne à destination d'une planète. Première "flexible-mission" dans le programme scientifique de l'ESA, elle a été développée en un temps record : il n'a fallu que 5 ans depuis le concept jusqu'au lancement. Empruntant la technologie aux missions *Mars-96* et *Rosetta* de l'ESA, Mars Express répondra aux questions fondamentales que l'on se pose à propos de la géologie martienne, de l'atmosphère, de l'environnement, de la surface, de l'histoire de l'eau et de la vie possible sur Mars.



Figure 3 : Représentation de la sonde Mars Express autour de Mars

Les objectifs de la mission sont:

- la recherche de l'eau dans le sol martien,
- la cartographie de la minéralogie et de la géologie – photographie globale à haute résolution,
- l'analyse de la composition et de la circulation dans l'atmosphère,
- l'étude de l'environnement martien, incluant les processus dynamiques environnementaux,
- l'étude du champ gravitationnel pour caractériser l'intérieur de la planète,
- le déploiement du lander Beagle 2 à la surface pour accéder à la géologie in-situ, à la minéralogie, aux analyses géochimiques de roches sélectionnées et du sol sur le site d'atterrissage. Ce dernier a malheureusement échoué : le contact a été perdu alors qu'il devait atterrir en décembre 2003.

Il est important de noter que les recherches scientifiques qui seront conduites au cours de la mission Mars Express sont parfaitement complémentaires des recherches récentes menées à bord des sondes spatiales américaines (*Mars Global Surveyor*, *MGS*, *Mars Odyssey* et *Mars*

Reconnaissance Orbiter (MRO)), ainsi que de la mission américaine en cours **Mars Exploration Rovers (MER)**. Il existe une étroite collaboration entre ces différentes missions.

Nom de la mission

La mission Mars Express est appelée ainsi en raison de sa construction rapide par rapport aux autres missions spatiales.

Scénario de la mission

L'aventure a commencé le 2 juin 2003 par le lancement de la sonde spatiale par le lanceur russe Soyuz-Fregat à Baïkonour. La durée du voyage a pris approximativement 7 mois : Mars Express est arrivé autour de Mars en décembre 2003. Beagle 2, attaché à la sonde spatiale a été largué le 19 décembre et l'orbiteur a fait son insertion orbitale la nuit de Noël, une opération extrêmement délicate. Beagle 2 n'a malheureusement pas atterri à la surface de Mars comme prévu la nuit du 25 décembre.

La mission Mars Express a été prévue pour une durée nominale de deux ans, ce qui correspond à une année martienne (ou 687 jours terrestres). Mais devant la qualité des premiers résultats, l'ESA a décidé de prolonger la mission (probablement jusqu'en 2012).

Instruments scientifiques à bord de la sonde spatiale

Il y a en tout 7 instruments scientifiques à bord de Mars Express. Ces instruments permettront d'étudier l'atmosphère, la structure interne et la géologie de la planète.

Quatre instruments ont été embarqués à bord de Mars Express pour effectuer des **études de la surface et du sol martien**.

Une **caméra à haute résolution** (High Resolution Stereo Camera, **HRSC**) prendra des images de la topographie de Mars en trois dimensions et avec une résolution de 10 mètres, ainsi que des images dans des zones présélectionnées, avec une résolution de deux mètres. Les objectifs premiers de cet instrument sont d'étudier le rôle de l'eau et du climat dans l'évolution de Mars, l'évolution temporelle du volcanisme et de la tectonique, les interactions surface/atmosphère et d'établir une chronologie précise de ces événements. La caméra prendra également des images des deux petites lunes de Mars, Phobos et Deimos.

Grâce au **spectromètre à infrarouge (OMEGA)** qui établira une cartographie de la minéralogie de Mars, on pourra analyser les roches et le sol martien, caractériser la composition du matériau à la surface de Mars et étudier les processus d'interaction surface/atmosphère.

Un **radar/altimètre (MARSIS)** sondera le sous-sol de Mars et en mesurera la composition jusqu'à une profondeur de 3 à 5 km. Ceci permettra aux scientifiques de chercher l'eau et la glace éventuellement présentes dans le sol, ainsi que d'établir une cartographie de la minéralogie. La présence d'eau est une question fondamentale pour comprendre l'évolution hydrologique de la planète.

Une expérience basée sur la **liaison radio entre l'orbiteur et la Terre (MaRS)** permettra encore de mesurer le champ gravitationnel de Mars. En faisant aussi des mesures sur la ligne de visée, les scientifiques pourront caractériser la distribution de masse à l'intérieur de la planète. A partir des mesures du champ gravitationnel global de Mars et de ses variations temporelles, il sera aussi possible de caractériser l'intérieur profond de Mars. L'expérience n'a pas d'instrumentation scientifique, elle se base sur le signal radio entre la sonde et la Terre, envoyé depuis la Terre et observé à l'aide de larges antennes comme celle de Perth (New Norcia, Australie), celle de Madrid (Espagne) ou encore celles du réseau

américain DSN (Deep Space Network) américain localisé à Goldstone (Californie), à Madrid (Espagne) et à Canberra (Australie). Ce réseau d'antennes permet de suivre les sondes spatiales en orbite autour des planètes du système solaire. Les mesures d'effet Doppler sont utilisées pour reconstruire la trajectoire de ces sondes dans un but de navigation, dans le but de planifier la mission ou dans des buts scientifiques de détermination des paramètres géophysiques tels que le champ de gravité de Mars.



Figure 4 : Antenne radio de poursuite des sondes spatiales depuis la Terre

D'autres instruments ont été embarqués à bord de Mars Express pour effectuer des **études de l'atmosphère et de l'environnement martien** (six instruments participent à la réalisation de ces objectifs).

Un **analyseur d'atomes énergétiques et de plasma (ASPERA)** permettra d'étudier la haute atmosphère et d'examiner les effets du vent solaire sur elle. Cet instrument sera aussi utilisé pour caractériser les impacts, sur l'évolution de l'atmosphère, des processus dans le plasma. Il permettra aussi de faire des mesures in-situ des ions et des électrons.

Un autre **spectromètre (Planetary Fourier Spectrometer, PFS)** sera encore dédié à l'étude de l'atmosphère afin d'obtenir une représentation à trois dimensions de la température et de la pression. Les objectifs principaux de cet instrument sont d'observer le champ de température global en trois dimensions, à long et à court terme, d'effectuer des mesures des variations des constituants mineurs comme la vapeur d'eau et le monoxyde de carbone, de déterminer la distribution de la dimension, de la composition chimique et des propriétés optiques des aérosols, des nuages de poussière, des nuages de glaces et des brumes et d'étudier leur dynamique et leur circulation générale.

Un **spectromètre atmosphérique à Ultraviolet (UV) et à Infrarouge (IR) (SPICAM)** qui mesurera la composition et la structure de l'atmosphère. Les objectifs de cet instrument sont d'étudier la chimie, la densité, la température et la structure de la basse atmosphère martienne. Il permet aussi d'étudier la haute atmosphère et l'ionosphère, pour comprendre le processus d'échappement et d'interaction avec le vent solaire.

L'instrument **OMEGA** étudiera également la distribution temporelle et spatiale du dioxyde de carbone, du monoxyde de carbone et de la vapeur d'eau. Il s'attachera à l'identification des aérosols et des particules de poussière dans l'atmosphère et enregistrera le

processus de transport de ces éléments. Ces études contribueront à mieux comprendre les changements saisonniers liés au cycle du CO₂.

L'instrument MARSIS sondera également l'ionosphère et la haute atmosphère.

L'expérience de Radio-Science (MaRS) effectuera des occultations qui conduiront à obtenir le profil de densité, de pression et de température de l'atmosphère, ainsi que les variations diurnes et saisonnières de l'ionosphère.

De manière générale, les expériences menées à bord de l'orbiteur Mars Express sont dans des domaines très divers tels que l'étude de la circulation dans l'atmosphère, l'étude des interactions atmosphère/surface/milieu interplanétaire et l'étude de l'ionosphère, l'étude du sol et du sous-sol martien et l'étude de l'intérieur de Mars.

3. Participation belge et rôle de l'Observatoire royal de Belgique dans Mars Express

L'Observatoire Royal de Belgique (ORB) est impliqué dans le traitement des données de l'expérience de radio-science, MaRS (Mars Radio-Science experiment) afin d'améliorer la connaissance du champ de pesanteur de Mars.

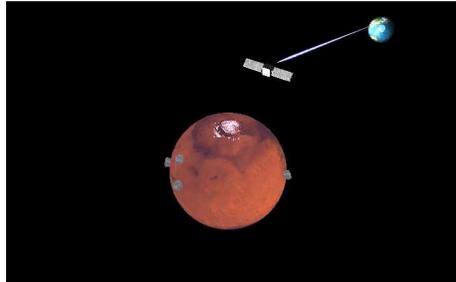


Figure 5: Représentation de l'expérience de Radio Science sur Mars (MaRS)

L'expérience de Radio-science de Mars Express utilise des signaux radio émis à une fréquence donnée entre l'orbiteur et la Terre. Les signaux émis de la Terre (à partir de stations précisément localisées) vers l'orbiteur sont réfléchis par un transpondeur (sorte de miroir qui réfléchit le signal sans en modifier la phase) placé à bord de l'orbiteur. Ces signaux radio ont une fréquence légèrement différente lors de leur réception sur Terre. On mesure ces décalages de fréquence qui sont dus au mouvement relatif entre l'orbiteur et la Terre, et qui correspondent à l'effet Doppler.

Les mesures obtenues sont utilisées pour reconstruire le mouvement de l'orbiteur autour de Mars et donc en déduire la position exacte de la sonde spatiale dans l'espace. En reconstituant l'orbite de l'engin, les scientifiques de l'Observatoire royal de Belgique peuvent obtenir le champ gravitationnel global, régional et local, ainsi que ses variations temporelles.

Il est alors possible de caractériser les variations saisonnières de la répartition des masses dans l'atmosphère et les calottes polaires. Ces variations sont liées au processus de sublimation et de condensation du CO_2 mentionné précédemment (voir Figure 2). En outre, les changements induits par les effets des marées donnent des informations sur l'intérieur de Mars.

L'ORB utilise donc les données de champ gravitationnel pour étudier la répartition des masses dans le sous-sol martien, les calottes polaires et la structure interne de Mars.

Co-Investigateur Belge de MaRS: Prof. V. Dehant, Dr Pascal Rosenblatt

Principal Investigator de MaRS: Prof. M. Paetzold (Allemagne)

Équipe scientifique belge:

Prof. V. Dehant, Prof. T. Van Hoolst.

Des scientifiques contractuels sous contrat PRODEX accordé par le SPP Politique Scientifique Fédéral renforcent cette équipe : Dr. M. Beuthe, Dr. O. Karatekin, Dr. P. Rosenblatt, Dr. M. Yseboodt.

06/10/2010