

PERS DOSSIER

**Wetenschappelijk Mars onderzoeksprogramma  
van de Koninklijke Sterrenwacht in verband  
met de missie : Mars Express**



Koninklijke Sterrenwacht van België

Av. Circulaire, 3 - Ringlaan 3  
1180 BRUXELLES – BRUSSEL

**Contact** : Véronique Dehant, 02/373.02.66, [v.dehant@oma.be](mailto:v.dehant@oma.be)

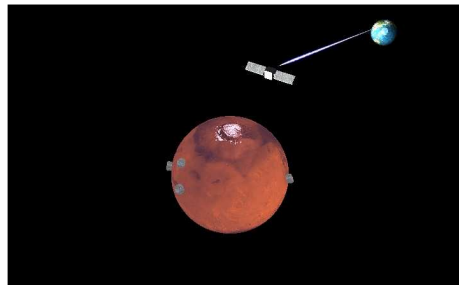
# 1. INTRODUCTIE

Dit project is een unieke gelegenheid voor de Sterrenwacht en meer bepaald voor de specialisten in ruimtegeodesie. België krijgt hiermee de kans de kwaliteit van zijn kennis op het betrokken gebied en van zijn wetenschappelijk onderzoek in het algemeen te verbeteren. Ons land kan actief deelnemen aan een heel belangrijk experiment binnen het kader van de verkenning van de planeet Mars. De inzet is een grote stap vooruit in onze kennis van het zonnestelsel in het algemeen en van tellurische planeten in het bijzonder.

## 2.2. Koninklijke Sterrenwacht van België:

De Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) is ook bij deze zending betrokken. Dit instituut verwerkt de gegevens van het Mars Radio Science-experiment en zal ook het zwaartekrachtveld van Mars bestuderen.

De Koninklijke Sterrenwacht van België heeft wereldwijd erkende expertise verworven op het gebied van de ruimtegeodesie en van de studie van de inwendige structuur van de Aarde. Bij dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de gravimetrische waarnemingen en van de waarnemingen van de rotatieparameters van de Aarde. Sinds 1998 heeft de Koninklijke Sterrenwacht van België zijn onderzoeksgebied uitgebreid tot de planeet Mars.



**Figuur 1: Voorstelling van het experiment op Mars (MaRS).**

Het Radio Science-experiment van Mars Express gebruikt radiosignalen die tussen de orbiter en de Aarde worden uitgezonden. Het betreft metingen van frequentieschommelingen (Doppler shifts) tussen de orbiter en de Aarde. Deze frequentiewijzigingen zijn te wijten aan de relatieve beweging tussen de ruimtesonde en de Aarde. Aan de hand van de metingen van de frequentieschommelingen wordt de exacte positie van de orbiter in de ruimte bepaald. Door de baan van de orbiter te reconstrueren, verkrijgen de wetenschappers van de Koninklijke Sterrenwacht van België het globale, regionale en lokale zwaartekrachtveld alsook zijn tijdsvariëaties. Vervolgens wordt het mogelijk de kenmerken vast te stellen van de seizoensvariëaties van de verdeling van de massa's in de atmosfeer en de poolkappen. Deze variëaties houden verband met het hierboven genoemde sublimatie- en condensatieproces van  $\text{CO}_2$  (zie figuur 2). Bovendien zullen de wijzigingen die het gevolg zijn van de getijden inlichtingen bezorgen over de binnenkant van Mars.

De KSB zal de gegevens betreffende het zwaartekrachtveld dus gebruiken bij het bestuderen van de verdeling van de massa's in de ondergrond van de planeet Mars, de poolkappen en de inwendige structuur van Mars.

**Belgische Co-Investigator van MaRS:** Prof. V. Dehant  
**Principal Investigator van MaRS:** Prof. M. Paetzold (Duitsland)

**Belgische wetenschappelijke team:**

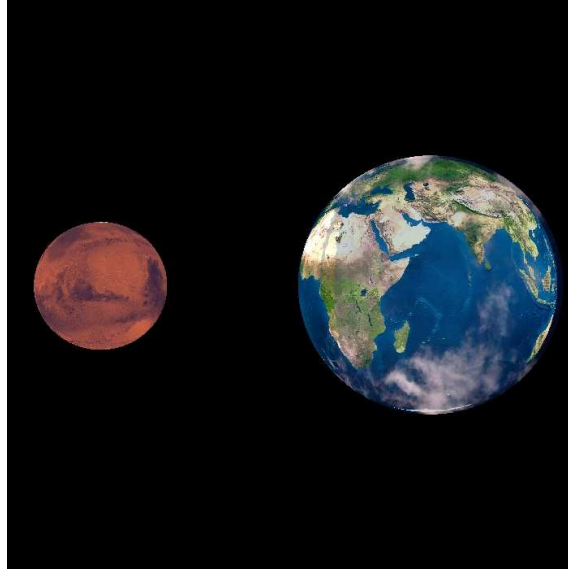
Dr. P. Defraigne, Prof. V. Dehant, Prof. T. Van Hoolst.

Dit team wordt versterkt met contractuele wetenschappers met een PRODEX-overeenkomst, goedgekeurd door de FOD Wetenschapsbeleid: Dr. M. Beuthe, Dr. O. Karatekin, Dr. P. Rosenblatt, Dr. M. Yseboodt.

### **3. Waarom Mars?**

De zendingen naar Mars begonnen in 1960 met de lancering van een Russische satelliet: *Marsnick 1*. In 1964 was het de beurt aan de Verenigde Staten: de Amerikanen lanceerden *Mariner 4* en haalden zo de eerste beelden van de planeet Mars binnen. Daarna werkten Russen en Amerikanen beurtelings aan talrijke onderzoeksprojecten met betrekking tot deze planeet. Hoewel mislukkingen legio waren, kenden andere zendingen behoorlijk wat succes. Zo danken we de eerste kaarten van Mars aan de zendingen *Mariner 9* (gelanceerd in 1971) en *Viking* (gelanceerd in 1975). Nog een opzienbarende zending was die van *Mars Pathfinder* (1996), een ruimtesonde van 259 kilogram die een klein automatisch voertuig meenam. Het kreeg de naam Sojourner en moest de bodem van Mars rond de landingsplaats analyseren en daar foto's van maken. Ook de satellieten *Mars Global Surveyor* (MGS) en *Mars Odyssey* leveren grote hoeveelheden indrukwekkende gegevens die vandaag nog steeds worden verwerkt en geïnterpreteerd. De bijdrage van deze zendingen is van het grootste belang om onze kennis van de rode planeet en, meer in het algemeen, van het zonnestelsel te verbeteren.

Het verkennen van de planeet Mars is heel belangrijk om beter inzicht te krijgen in het ontstaansproces van planeten en in hun evoluties. Op Mars zijn vandaag oppervlakten te vinden die in de hele geschiedenis van de planeet geen veranderingen hebben ondergaan. De Aarde daarentegen 'renoveert' zichzelf onophoudelijk (oude gronden verdwijnen door de gevolgen van diverse tektonische bewegingen en door de verschillende soorten erosie, waardoor nieuwe bodems verschijnen). Door het ontbreken van tektoniek aan het Marsoppervlak krijgen wetenschappers toegang tot het geheel van processen aan de hand waarvan ze de genese, het leven en de evolutie van een tellurische planeet kunnen reconstrueren. Aangezien Mars in omvang en massa veel kleiner is dan de Aarde, heeft Mars een veel snellere evolutie gekend: de Aarde is veel massiever en koelt dus trager af. Ook de afstand tussen de planeet en de Zon is een heel belangrijk element. Die afstand beïnvloedt de inwendige samenstelling, biedt een verklaring voor de insolutie van de planeet en bijgevolg voor zijn atmosfeer en thermisch verleden. Ondanks de grote gelijkenissen zijn de chemische samenstelling en de dichtheid van de Aarde en Mars niet helemaal identiek. Zelfs al hebben ze een soortgelijke evolutie gekend, toch stelt men vast dat deze twee tellurische planeten een heel verschillend lot hebben gekend. Vandaag kunnen wetenschappers nog steeds niet bevestigen dat Mars, net als de Aarde, een vloeibare kern en een vaste pit heeft. Mogen we ervan uitgaan dat de Aarde er in de verre toekomst zal uitzien zoals Mars vandaag, eens de Aarde sterk zal zijn afgekoeld? Dankzij het onderzoek van de binnenkant van de planeet Mars zullen wetenschappers onder meer deze vraag kunnen beantwoorden.



**Figuur 2: Vergelijking van de buitenkant van de Aarde en van Mars.**

Ook de mogelijkheid dat er op Mars buitenaards leven heeft bestaan verklaart de grote belangstelling van de mens voor deze planeet.

Net als de Aarde is Mars een planeet waar de omstandigheden op een bepaald ogenblik gunstig kunnen zijn geweest voor het ontluiken van een of andere levensvorm. Het voorkomen van vloeibaar water aan de oppervlakte of in de bodem is een voorwaarde voor het mogelijk ontstaan van leven. Waarnemingen tonen aan dat de oppervlakte van Mars vele sporen vertoont van afvloeiingen en bodemerrosie.

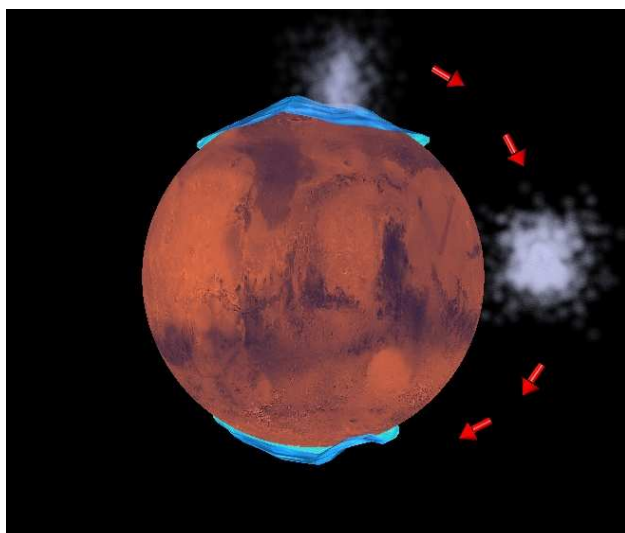
Hoewel daarover nog geen eensgezindheid bestaat, gaan heel wat wetenschappers ervan uit dat Mars een groot netwerk van waterlopen en zelfs een grote oceaan kan hebben gehad, dankzij dewelke een primitieve levensvorm zich op de planeet zou kunnen hebben ontwikkeld.

#### **4. Enkele kenmerken van Mars**

##### **\* Klimaatgegevens:**

In vergelijking met de Aarde ligt Mars verder weg van de Zon en krijgt de rode planeet dus heel wat minder zonne-energie. Bovendien is het broeikaseffect van de atmosfeer er minder sterk. De jaarlijkse gemiddelde temperatuur bedraagt  $-53^{\circ}\text{C}$  ( $+14^{\circ}\text{C}$  op Aarde). Die temperatuur kan schommelen van ongeveer  $-125^{\circ}\text{C}$  tot  $+23^{\circ}\text{C}$ . Bovendien kent Mars grote dagelijkse thermische verschillen die het gevolg kunnen zijn van het ontbreken van oceanen en van de ijle atmosfeer. De verticale temperatuurvariatie is op Mars heel groot: een mens zou een temperatuurverschil van ongeveer twintig graden kunnen voelen tussen zijn hoofd en zijn voeten.

Kenmerkend voor de atmosfeer van Mars is de intense uitwisseling van materie met de poolkappen. Deze kappen bestaan uit ijs, maar worden in de winter bedekt met een laag koolzuursneeuw (bestaande uit koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ )). De grootte van deze poolkappen schommelt sterk in functie van de seizoenen. In de winter worden ze groter tengevolge van de condensatie (overgaan van gasvormige in vaste toestand) van de  $\text{CO}_2$  in de atmosfeer, in de zomer worden ze kleiner door de sublimatie (overgaan van vaste in gasvormige toestand), een proces waarbij  $\text{CO}_2$  terugkeert naar de atmosfeer.



**Figuur 3: Sublimatie- en condensatieproces van de poolkappen**

**\* Geodetische gegevens:**

Mars draait in een elliptische baan en op een gemiddelde afstand van  $\pm 228$  miljoen kilometer rond de Zon. Zijn equatoriale diameter is tweemaal kleiner dan die van de Aarde, zijn massa is ongeveer tienmaal kleiner. Een Marsjaar (periode die de planeet nodig heeft om rond de Zon te draaien) komt ongeveer overeen met twee aardjaren (687 dagen). Een dag op de planeet Mars (periode waarin de planeet rond zijn eigen as draait) duurt ongeveer 24 uur en 37 minuten. Ramingen van de variaties van de lengte van een dag konden al tijdens vorige zendingen (Viking, Pathfinder, Mars Global Surveyor) worden verkregen en werden in verband gebracht met de seizoensgebonden schommelingen van de grootte van de poolkappen.

**\* Atmosferische gegevens:**

De zwaartekracht aan de oppervlakte van Mars is kleiner dan op Aarde. De zwaartekracht is er net voldoende om de belangrijkste gassen tegen te houden, maar kan bijvoorbeeld niet beletten dat waterdamp verdampt in de ruimte. Bijgevolg is de concentratie waterdamp in de atmosfeer van Mars dertigmaal kleiner dan dezelfde concentratie in de atmosfeer van de Aarde.

**\* Magnetische gegevens:**

Willen we begrijpen hoe een planeet evolueert, dan is het magnetisch veld een belangrijke factor waarmee we rekening moeten houden. De aanwezigheid van een magnetisch veld houdt verband met het bestaan van bewegingen in de uit ijzer bestaande vloeibare kern. De afkoeling van Mars en de concentraties aan mineralen beïnvloeden de toestand van de kern en vooral zijn vloeibare of vaste staat. In tegenstelling tot de Aarde wordt er vandaag op het Marsoppervlak geen groot globaal magnetisch veld waargenomen. Toch heeft de ruimtesonde Mars Global Surveyor aangetoond dat er op sommige plaatsen van de planeet een belangrijk magnetisch veld bestaat. In werkelijkheid gaat het om fossiele sporen van een globaal magnetisch veld uit het verleden dat in sommige rotsen tot stilstand is gekomen naarmate die rotsen stolden. Dit magnetisch veld laat zich vandaag nog steeds meten (remanent magnetisch veld).

**\* Gegevens betreffende het water:**

Vandaag weten we dat er geen vloeibaar water kan voorkomen op het Marsoppervlak, wegens de lage atmosferische druk en de heersende temperaturen. De lage atmosferische druk (ongeveer 6 mbar) is het gevolg van de lage dichtheid van de dampkring. Toch beschikken we over tal van aanwijzingen op grond waarvan we aannemen dat er in het verleden vloeibaar water is geweest op het Marsoppervlak. Onlangs hebben ruimtetuigen vastgesteld dat er op het zuidelijk halfrond van de planeet geologische structuren voorkomen die gelijken op rivierbeddingen. Dat zuidelijk halfrond heeft een hoog reliëf en is bezaaid met kraters. Op de vlakten van het noordelijk halfrond ontdekten ze dan weer vrij jonge terreinen, die de bodem kunnen hebben gevormd van een reusachtige oceaan die ongeveer twee derde van de planeet innam. Ook het bestaan van waterstof in de Marsbodem (tot op enkele meter diepte) wijst erop dat zelfs al is er vandaag geen water te vinden aan de oppervlakte van Mars, dat water wel aanwezig kan zijn in de vorm van ijs onder de oppervlakte, in de permafrost<sup>1</sup>. Het bestaan van water in de bodem van de planeet is bijzonder interessant en houdt verband met de vraag of er leven is geweest op Mars.

---

<sup>1</sup> Permafrost = bevroren gedeelte van de Marsbodem

## ***5. De zending Mars Express***

Mars Express is de eerste zending van de ESA naar de rode planeet. Het gaat om de eerste 'flexible mission' in het wetenschappelijk programma van de ESA, die in een recordtijd op het getouw werd gezet (er lagen niet meer dan vijf jaar tussen het ontstaan van het idee en de uiteindelijke lancering). Gebruik makend van de technologie van de zendingen Mars-96 en Rosetta van de ESA zal Mars Express het antwoord leveren op de essentiële vragen die wetenschappers zich stellen met betrekking tot de geologie, de dampkring, het milieu, de oppervlakte, de geschiedenis van het water en het mogelijk bestaan van leven op Mars.

De doelstellingen van de zending zijn de volgende:

- zoeken naar water in de bodem van de planeet,
- in kaart brengen van de mineralogie en de geologie - globale fotografie met hoge resolutie,
- analyseren van de samenstelling van de atmosfeer en van de circulatie in die atmosfeer,
- bestuderen van het milieu van Mars, met inbegrip van de dynamische milieuprocessen,
- bestuderen van het zwaartekrachtveld om het inwendige van de planeet te typeren,
- ontplooiën van de lander Beagle 2 op de oppervlakte om toegang te hebben tot de geologie in situ, tot de mineralogie, de geochemische analyses van geselecteerde rotsen en van de bodem op de plaats van landing.

Het is belangrijk op te merken dat het wetenschappelijk onderzoek dat tijdens de zending Mars Express zal worden gevoerd, perfect aansluit op het recente onderzoek dat plaatsvond aan boord van de Amerikaanse (Mars Global Surveyor, MGS en Mars Odyssey) en Japanse (Nozomi) ruimtesondes en binnen het kader van de huidige Amerikaanse zending Mars Exploration Rovers (MER). Er bestaat een nauwe samenwerking tussen al deze verschillende zendingen.

### **Naam van de zending**

De zending Mars Express werd zo genoemd omdat ze bijzonder snel tot stand kwam in vergelijking met andere ruimtezendingen. De lander Beagle 2 kreeg de naam van de boot van Charles Darwin, grondlegger van de concepten van de biologische evolutie.

### **Scenario van de zending**

Het avontuur begon op 2 juni 2003 met de lancering van de ruimtesonde door de Russische lanceerraket Sojoez-Fregat in Bajkonoer. De reis duurde ongeveer zeven maanden: in december 2003 kwam Mars Express aan in de omgeving van Mars. Beagle 2, die aan de ruimtesonde is bevestigd, werd vandaag, 19 december, losgekoppeld en de orbiter zal in de kerstnacht binnendringen in de dampkring. Het gaat om een bijzonder moeilijke operatie. In de nacht van 24 op 25 december zal Beagle 2 op Mars landen in een vrij vlak gebied op het noordelijk halfrond, dat bekendstaat als Isidis Planitia en in de buurt van de evenaar ligt.

### **Wetenschappelijke instrumenten aan boord van de ruimtesonde**

In totaal voert Mars Express zeven wetenschappelijke instrumenten mee aan boord. De instrumenten zullen het mogelijk maken de atmosfeer, de inwendige structuur en de geologie van de planeet te bestuderen.

Vier instrumenten aan boord van Mars Express dienen om **de oppervlakte en de bodem van Mars te bestuderen**.

Een **hoge resolutie camera** (High Resolution Stereo Camera, **HRSC**) zal driedimensionale foto's van de topografie van Mars maken, met een resolutie van 10 meter. Met dezelfde camera zullen ook foto's

worden gemaakt in van tevoren geselecteerde gebieden, met een resolutie van twee meter. Dit instrument heeft in de eerste plaats tot doel te bestuderen welke rol het water en het klimaat hebben gespeeld in de evolutie van Mars, de evolutie in de tijd van vulkanisme en tektoniek, de interactie oppervlak/atmosfeer en een precieze chronologie van al deze gebeurtenissen vast te stellen. De camera zal ook foto's maken van de twee kleine manen van Mars, Phobos en Deimos.

Met de **infraroodspectrometer (OMEGA)** zal de mineralogie van Mars in kaart worden gebracht, kan men de rotsen en de bodem van Mars analyseren, de samenstelling van de materie op het Marsoppervlak bepalen en de processen van interactie tussen oppervlak en atmosfeer bestuderen.

Een **radar-hoogtemeter (MARSIS)** zal de ondergrond van Mars onderzoeken en de samenstelling daarvan meten tot op een diepte van 3 tot 5 km. Dit zal de wetenschappers toelaten te speuren naar water en ijs die zich mogelijk in de bodem bevinden, alsook de mineralogie in kaart te brengen. De aanwezigheid van water is van het grootste belang om inzicht te krijgen in de hydrologische evolutie van de planeet.

Een experiment op basis van de **radioverbinding tussen de orbiter en de Aarde (MaRS)** zal het ook mogelijk maken het zwaartekrachtveld van Mars te meten. Door metingen uit te voeren op de richtlijn zullen wetenschappers ook de kenmerken kunnen vaststellen van de verdeling van de massa binnenin de planeet. Aan de hand van de metingen van het globale zwaartekrachtveld van Mars en van zijn tijdsvariaties zal het ook mogelijk zijn het diepe inwendige van Mars te typeren. Voor dit experiment zijn er geen specifieke instrumenten. Het experiment steunt op het radiosignaal tussen de ruimtesonde en de Aarde. Dit signaal wordt verzonden vanop Aarde en wordt waargenomen met behulp van grote antennes zoals die van Perth (New Nortia, Australië), van Madrid (Spanje) en ook van het Amerikaanse DSN (Deep Space Network) in Goldstone (California), Madrid (Spanje) en Canberra (Australië).

De zending Mars Express heeft ook andere instrumenten aan boord voor de **studie van de atmosfeer en de omgeving op Mars** (zes instrumenten moeten daarvoor dienen).

Met een **analysator van energetische atomen en plasma (ASPERA)** kunnen de hogere lagen van de atmosfeer worden bestudeerd en kunnen de gevolgen van de zonnewind op die atmosfeer worden onderzocht. Dit instrument wordt ook gebruikt om de kenmerken vast te stellen van de weerslag van de processen in het plasma op de evolutie van de atmosfeer. Ook ionen en elektronen kunnen met dit instrument in situ worden bestudeerd.

Een andere **spectrometer (Planetary Fourier Spectrometer, PFS)** dient voor het bestuderen van de atmosfeer teneinde een driedimensionale voorstelling van de temperatuur en de druk te krijgen. Dit instrument heeft vooral tot doel het globale temperatuurveld in drie dimensies te observeren op korte en op lange termijn, metingen te verrichten van de variaties van de ondergeschikte bestanddelen zoals waterdamp en koolstofmonoxide, de verdeling te bepalen van de afmetingen, de chemische samenstelling en de optische eigenschappen van de aërosols, stofwolken, ijswolken en nevels en hun dynamiek en algemene circulatie te bestuderen.

Een **atmosferische ultraviolet- (UV) en infrarood- (IR) spectrometer (SPICAM)** zal de samenstelling en de structuur van de atmosfeer meten. Dit instrument heeft tot doel de chemie, de dichtheid, de temperatuur en de structuur van de lage atmosfeer van Mars te bestuderen. Het laat ook toe de hoge atmosfeer en de ionosfeer te onderzoeken. Zo krijgen wetenschappers een betere kijk op het proces van uitlaat en interactie met de zonnewind.

Het instrument **OMEGA** dient ook voor het bestuderen van de verdeling in tijd en ruimte van dioxide en koolstof, van koolstofmonoxide en van waterdamp. Het helpt bij het identificeren van aërosols en stofdeeltjes in de atmosfeer en bij het registreren van het proces dat deze elementen vervoert. Deze onderzoeken zullen bijdragen tot een betere kennis van de seizoensveranderingen die verband houden met de CO<sub>2</sub>-cyclus.



Het instrument MARSIS is ook bestemd voor het onderzoeken van de ionosfeer en de hoge atmosfeer.

Binnen het kader van het Radio Science-experiment (MaRS) zullen occultaties plaatsvinden aan de hand waarvan het profiel van dichtheid, druk en temperatuur van de atmosfeer kan worden bepaald en waarmee ook de dagelijkse en seizoensgebonden variaties van de ionosfeer worden verkregen.

Algemeen mogen we stellen dat de experimenten aan boord van de orbiter Mars Express zich situeren op heel uiteenlopende gebieden: studie van de circulatie in de atmosfeer, studie van de interacties atmosfeer/oppervlak/interplanetaire medium en studie van de ionosfeer, studie van de bodem en de ondergrond op Mars en studie van de binnenkant van Mars.