

PERSDOSSIER

Studie van Phobos en Deimos, de twee manen van Mars, aan de Koninklijke Sterrenwacht van België



Koninklijke Sterrenwacht van België
Ringlaan 3
1180 BRUSSEL

Contacten:

Pascal Rosenblatt, 02/373.67.30, p.rosenblatt@oma.be
Véronique Dehant, 02/373.02.66, v.dehant@oma.be

Inleiding

De planeet Mars heeft twee manen: Phobos en Deimos. De manen werden in 1877 door A. Hall ontdekt, in een tijd dat de meeste sterrenkundigen dachten dat Mars geen manen had. Beide manen hebben een onregelmatige vorm en hun herkomst blijft tot op heden nog een mysterie. Stammen ze af van Mars, of zijn het asteroïden die ingevangen werden door Mars toen ze daar voorbij kwamen?

Deze studie kadert in de “uitgebreide missie” van Mars Express, de ruimtesonde die haar waarnemingen van Mars begon in december 2003 en waarvan voorzien was dat ze data zou leveren tot in 2009. De missie werd verlengd, wat ons mogelijk maakt meer te weten te komen over Phobos, en daardoor ook over Mars.

De verschillende ruimtetuigen die sinds meerdere jaren elkaar opvolgen in een baan rond Mars verzamelen gegevens over de atmosfeer, het oppervlak en het inwendige van Mars, alsook over de interacties van Mars met het interplanetaire medium. Dit ruimteonderzoek draagt bij aan een betere kennis over het ontstaan en de evolutie van planeten en het zonnestelsel in haar geheel.

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 missies 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 voertuig kreeg de naam Sojourner en heeft de bodem van Mars rond de landingsplaats geanalyseerd en er foto's van genomen. Ook de satellieten Mars Global Surveyor (MGS) en Mars Odyssey leveren grote hoeveelheden indrukwekkende gegevens die vandaag nog steeds worden verwerkt en geïnterpreteerd. Bij deze twee laatste Amerikaanse satellieten heeft zich een Europese orbiter “Mars Express” gevoegd die in een baan rond de planeet Mars is sinds december 2003.

In het verleden zijn de ruimtetuigen Viking 1 en 2 korte momenten nabij Phobos en Deimos geweest en hebben de eerste foto's genomen. Twee Russische ruimtetuigen Phobos 1 en Phobos 2 werden in juli 1988 gelanceerd om Phobos van nabij te onderzoeken. Met Phobos 2 werden nieuwe beelden gemaakt, het contact met Phobos 1 ging echter verloren voor haar aankomst nabij Mars. Vandaag kan alleen de sonde Mars Express dicht tot Phobos naderen en zo meer gedetailleerde gegevens verzamelen over dit kleine object van het zonnestelsel.

Belgische deelname aan het experiment Mars Express

De Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) verwerkt gegevens van het Mars Radio Science-experiment om meer te weten te komen over het zwaartekrachtveld en de atmosfeer van Mars alsook om de massa te bepalen van de manen van Mars, in het bijzonder die van Phobos.

Het Radio Science-experiment van Mars Express maakt gebruik van radiosignalen tussen de orbiter en de aarde. De radiosignalen uitgezonden vanaf de aarde (vanuit stations met nauwkeurig gekende positie) naar de sonde worden weerkaatst door een transponder (een soort spiegel die de signalen weerkaatst zonder de fase ervan te veranderen) aan boord van de orbiter. Bij ontvangst op aarde verschilt de frequentie van de signalen lichtelijk van de frequentie waarmee de signalen uitgezonden werden als gevolg van de relatieve beweging van de sonde ten opzichte van de aarde (Dopplereffect).

Aan de hand van de metingen van de frequentieverschillen wordt de baan van de sonde rond Mars en ook de exacte positie van de orbiter in de ruimte bepaald. Door de baan van de orbiter te achterhalen, bekomen de wetenschappers van de Koninklijke Sterrenwacht van België informatie over het globale, regionale en lokale zwaartekrachtveld en over de variaties van het zwaartekrachtveld in de tijd.

De KSB gebruikt de gegevens over het zwaartekrachtveld voor de studie van de verdeling van de massa's in de ondergrond, de atmosfeer en de poolkappen van Mars, en voor de studie van de inwendige structuur van Mars. De atmosfeer van Mars, die voor ongeveer 95% uit CO₂ bestaat, wisselt massa uit met de poolkappen tijdens het verloop van een jaar. Deze massa-uitwisseling kan met het Radio Experiment van Mars Express gemeten worden. Ongeveer een kwart van de totale massa van de atmosfeer gaat over van gas naar vaste stof op een poolkap tijdens de winter. Tijdens de zomer sublimeert het CO₂-ijs, zodat een seizoensgebonden cyclus van massa-uitwisseling ontstaat. Informatie over het diepe inwendige van Mars wordt vooral bekomen uit de veranderingen in positie van de ruimtesonde als gevolg van de getijden van Mars.

Aan de hand van de studie van het gravitatieveld van Phobos zal een beter inzicht verworven kunnen worden in de inwendige samenstelling van Phobos en bijgevolg in zijn ontstaan.

Belgische Co-Investigators van MaRS: Prof. V. Dehant Prof, Dr. P. Rosenblatt.
Principal Investigator van MaRS: Prof. M. Paetzold (Duitsland)

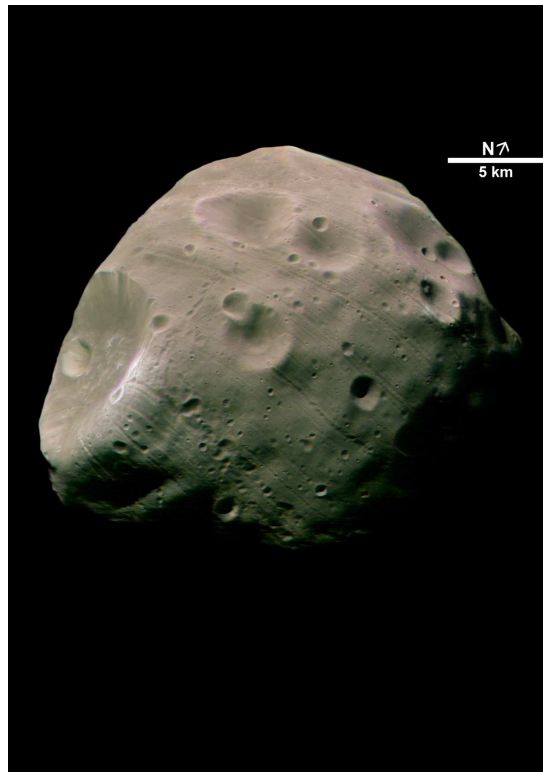
Belgisch wetenschappelijk team:

Prof. V. Dehant, Prof. T. Van Hoolst, Dr. M. Yseboodt
Dr. M. Beuthe, Dr. Ö. Karatekin, Eng. S. Le Maistre, Dr. P. Rosenblatt.

Waarom een studie over de manen van Mars?

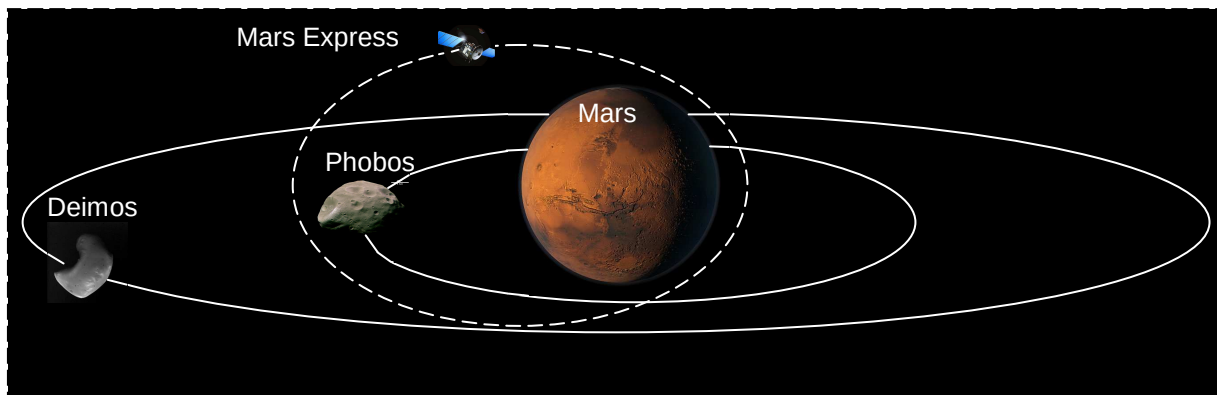
Karakteristieken

Phobos en Deimos hebben het donker uitzicht en de vorm van een asteroïde. Phobos is de grootste van de twee en meet 27 km x 21,6 km x 18,8 km, wat een gemiddelde straal oplevert van ongeveer 11 km. Deimos is wat kleiner dan Phobos met afmetingen van 15 km x 12,2 km x 11 km. Het oppervlak van Phobos is bezaaid met kraters, waarvan de inslagkrater Stickney met een diameter van 10 km de grootste is. De impact die geleid heeft tot het ontstaan van Stickney heeft waarschijnlijk een herverdeling van de massa's in Phobos veroorzaakt.



Beeld van Phobos genomen door Mars Express (ESA)

De Viking-sondes en vooral Phobos 2 hebben het spectrum van op het oppervlak van Phobos en Deimos weerkaatst zonlicht opgemeten om de samenstelling van deze manen te kunnen bestuderen. Deze spectra vertonen overeenkomsten met de spectra van de oppervlakken van sommige asteroïden, maar geven geen uitsluitsel over de exacte samenstelling van de oppervlakken van Phobos en Deimos (en door extrapolatie over de samenstelling van het inwendige). Het is dus niet uitgesloten dat het materiaal waaruit deze manen zijn opgebouwd, lijkt op materialen van de rotsen aan het oppervlak van Mars.



De planeet Mars, zijn twee manen en Mars Express (niet op schaal)

De omloopbanen van de twee manen zijn cirkelvormig en bevinden zich in het evenaarsvlak van Mars. Phobos bevindt zich op 5978 km van het oppervlak van Mars, terwijl Deimos wat verder staat op 20.059 km. Geen enkele maan in het zonnestelsel staat zo dicht bij haar planeet als Phobos. Phobos heeft ongeveer 7 uur en 39 minuten nodig om eenmaal rond Mars te cirkelen. Aangezien Deimos verder staat van Mars doet ze daar langer over (ongeveer 30 uur en 18 minuten).

De banen van Phobos en Deimos hangen af van de gravitationele aantrekkingskracht van Mars. Deze aantrekkingskracht verschilt met de positie van de maan ten opzichte van Mars en varieert in functie van de tijd op verschillende tijdschalen. De belangrijkste variaties in de tijd zijn seizoensgebonden en hangen af van het CO₂-gehalte in de atmosfeer en in de poolkappen. Ongeveer een kwart van de massa van de atmosfeer is betrokken in de cyclus van sublimatie en condensatie van kooldioxide.

De banen van de Marsmanen worden ook dagelijks, halfdagelijks en op langere perioden beïnvloed door de getijden veroorzaakt door de zon. Net zoals de aarde wordt ook Mars licht vervormd door de aantrekkingskracht van de zon. Deze vervorming veroorzaakt een lichte herschikking van de massa's in het inwendige van Mars zodat het gravitatieveld van Mars verandert. Deze veranderingen in het gravitatieveld van Mars beïnvloeden de banen van de manen.

Getijdeneffecten tussen Mars en de manen veroorzaken een evolutie op lange termijn van de banen van de manen. Phobos verplaatst zich langzaam in de richting van Mars (ongeveer 20 m per eeuw). Verwacht wordt dat ze over ongeveer 40 miljoen jaar zal neerstorten op Mars of dat ze als gevolg van getijden zal uiteenvallen vooraleer het oppervlak van Mars bereikt te hebben. Deimos verwijdt zich jaarlijks 2 mm van Mars zoals ook onze maan zich verwijdt van de aarde met 3.8 cm per jaar.

Wetenschappelijke doelstellingen met het Radio Science-experiment

Het voornaamste doel van de Mars Express studie over Phobos met het Radio Science-experiment is de nauwkeurige bepaling van de massa van Phobos en in een latere fase de studie van de verdeling van de massa in het inwendige van Phobos.

De Viking-sondes en Phobos 2 hebben voor het eerst de massa van Phobos kunnen bepalen door de afwijking van de banen te berekenen in de buurt van Phobos. Ongeveer 17 scheervluchten met een afstand tussen de sonde en Phobos van 100 km tot 300 km en met een duur van amper 5 minuten werden gerealiseerd. Bij één doortocht werd Phobos zelfs benaderd tot op een afstand van 30 km. Op dit ogenblik is Mars Express de enige sonde die Phobos dicht kan naderen.

Sinds de missies van de sondes Viking en Phobos 2 is de technologie vooruit gegaan en zijn de metingen van de Dopplerverschuiving met Mars Express tien maal nauwkeuriger dan deze van de vroegere missies. De beste metingen voor de bepaling van de massa van Phobos kunnen dus bekomen worden door het Dopplersignaal te volgen tijdens de doortocht van de Mars Express-sonde rakelings langsheen de maan.

Naast de bepaling van de massa van Phobos, is ook de nauwkeurige meting van het volume van Phobos een objectief van de missie Mars Express. Om het volume te kunnen berekenen, moet de exacte vorm van het lichaam gekend zijn. De hoge-resolutiecamera van Mars Express ("High Resolution Stereo Camera", HRSC) neemt en zal driedimensionale foto's nemen van het totale oppervlak van Phobos met een nooit geziene resolutie.

Aan de hand van de samenvoeging van de gegevens bekomen met het Radio Science-experiment voor het bepalen van de massa en deze van de HRSC-camera voor het berekenen van het volume zal de gemiddelde massadichtheid van Phobos nauwkeurig kunnen bepaald worden. Momenteel is de dichtheid geschat op 1.85 g/cm³ met een nauwkeurigheid van 3.2%, wat veel minder is dan de dichtheid van de rotsen op Mars (geschat tussen 2.7 en 3.3 g/cm³). De gemiddelde dichtheid van Deimos wordt geschat op 1.65 g/cm³ met een nauwkeurigheid van 17%. De kleine dichtheden komt overeen met deze van sommige asteroïden van het zonnestelsel en steunen de hypothese dat Phobos en Deimos asteroïden zouden zijn ingevangen door het gravitatieveld van Mars, en dus niet afkomstig zijn van Mars.

De nauwkeurigheid waarmee de gemiddelde dichtheid van Phobos op heden gekend is, laat ons niet toe om de eventuele exacte afkomst van deze asteroïde te bepalen. De kleine dichtheden zouden kunnen wijzen op de aanwezigheid van lichte elementen zoals ijs of van holle ruimtes. De nieuwe en nauwkeurige gegevens van Mars Express zullen bijdrage aan een betere kennis over de samenstelling en herkomst van de manen van Mars. Indien zou blijken dat de manen sterk verwant zijn aan asteroïden (uit de dichtheid, maar ook bijvoorbeeld uit de studie van de mineralogie) kan de studie van de manen bijdragen aan de kennis van asteroïden in het algemeen.

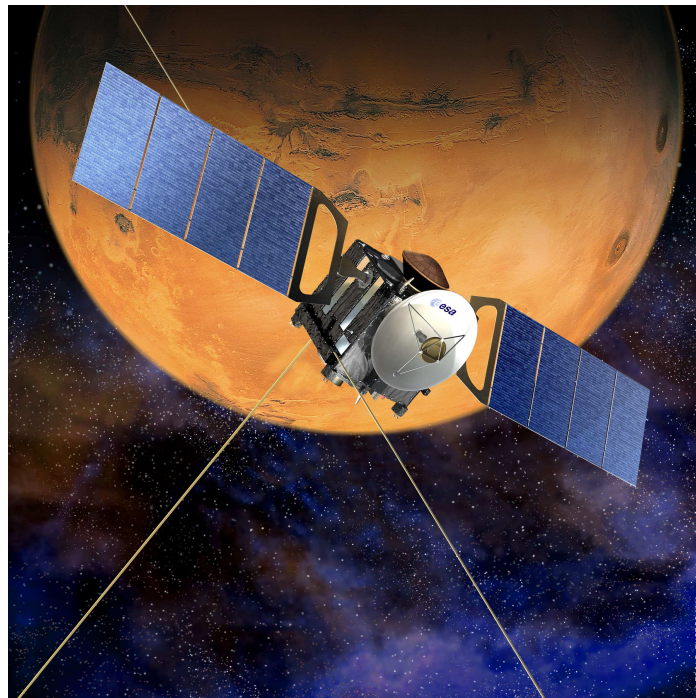
Waarom Mars Express?

Algemene voorstelling

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

Het is belangrijk op te merken dat er een nauwe samenwerking is tussen de verschillende missies die momenteel Mars onderzoeken. De verschillende instrumenten aan boord van de verschillende missies leveren complementaire informatie op.

De Mars Express-missie was voorzien voor twee jaar, wat overeenkomt met één Marsjaar (of 687 dagen op aarde). Gezien de uitstekende kwaliteit van de resultaten besliste ESA om de missie te verlengen (waarschijnlijk tot 2010).



Voorstelling van de sonde Mars Express rond Mars

Bijzonderheden t.o.v. andere ruimtesondes

Drie sondes zijn onlangs door de NASA in een baan rond Mars gebracht: Mars Global Surveyor (MGS) (tot 2006), Mars Odyssey (ODY) en Mars Reconnaissance Orbiter (MRO).

De orbiters ODY en MGS hebben alle twee bijgedragen tot het bepalen van de massa's van Phobos en Deimos, maar met een lagere nauwkeurigheid dan deze bekomen met de doortochten op korte afstand van de Vikingsonde en de nauwkeurige analyse van de baan van Mars Express (voor het bepalen van de massa van Phobos).

De drie Amerikaanse sondes volgen een polaire en quasi-cirkelvormige baan rond Mars op een hoogte van 400km voor ODY en MGS en 285 km voor MRO. Mars Express heeft ook een polaire baan maar is meer uitgerekt dan deze van de NASA-ruimtetuigen; bij elke omwenteling rond Mars bereikt Mars Express hoogtes van 250 km tot 11000 km. Mars Express kan daardoor Phobos dicht naderen dan de NASA-missies en ondervindt een sterkere aantrekkingskracht van de massa van Phobos, wat resulteert in een nauwkeurigere bepaling van de massa. Het team van de Koninklijke Sterrenwacht van België heeft 4 jaar radio-science data van de Mars Express sonde verwerkt en daaruit de massa van Phobos bepaald met een betere nauwkeurigheid dan deze bekomen met de gegevens van de sondes MGS en Mars Odyssey.

De zending Mars Express biedt ook de mogelijkheid om op zeer lage hoogtes Phobos te overvliegen (tot op 50km) en Mars Express heeft reeds foto's met hoge resolutie gemaakt van Phobos tijdens deze scheervluchten. Tijdens de scheervluchten van juni 2006 en juli 2008 zijn met de Europese sonde Dopplerverschuivingen opgemeten, waarmee de beste massabepaling van Phobos ooit kan gerealiseerd worden.

Wetenschappelijke instrumenten

Van de zeven instrumenten aan boord worden de volgende vier gebruikt bij de studie van Phobos:

Het **Radio Science-experiment** MaRS (Mars Radio Science experiment) baseert zich op radiosignalen tussen de sonde en de aarde, uitgestuurd vanop aarde en waargenomen met grote antennes zoals deze van Perth (New Norcia, Australie), of deze van het Amerikaans netwerk DSN (Deep Space Network) in Madrid (Spanje), Goldstone (Californië), en Canberra (Australië). Met dit netwerk van antennes kunnen ruimtesondes gevolgd worden. Dopplermetingen worden gebruikt voor missieplanning en om geofysische parameters zoals het gravitatieveld van Mars te bepalen.



Radio-antenne voor het volgen van ruimtesondes vanaf aarde (*copyright NASA*)

De **hoge-resolutiecamera** HRSC (High Resolution Stereo Camera) neemt driedimensionale foto's van Phobos met een resolutie van 10 meter. De gegevens worden onder andere gebruikt voor de bepaling van het volume van Phobos.

Met de **infraroodspectrometer** OMEGA zal de mineralogie van Phobos in kaart worden gebracht op basis van weerkaatst zonlicht in verschillende kleuren of spectrale banden. Men heeft reeds vastgesteld dat het spectrum van het oppervlak van Phobos verschilt naargelang de bestudeerde regio, wat wijst op een verschillende samenstelling van de rotsen.

Met de **radar-hoogtemeter** MARSIS zal de ondergrond van Phobos onderzocht worden tot op een diepte van 5 km. Indien een radargolf weerkaatst op een laag, bijvoorbeeld een ijslaag, kan de diepte van deze laag bepaald worden.

Recente opportuniteiten

Daar de zending kon verlengd worden tot december 2012 (en waarschijnlijk nog verder verlengd zal worden) kunnen nog meer data over Mars en zijn manen Phobos en Deimos bekomen worden. In het bijzonder kunnen radio-science data bij scheervluchten langs Phobos (op een afstand van 100 km en minder) bijdragen aan de eerste evaluatie van de massaverdeling in het inwendige van Phobos via de bepaling van het gravitatieveld van Phobos. Deze data zullen bijkomende informatie opleveren over de oorsprong en orbitale evolutie van Phobos.

De eerste mogelijkheid is deze van 3 maart 2010. Op basis van gegevens van volgstations van het Deep Space Network (DSN) van NASA in Goldstone (Californië) en van de ESA Deep Space Antenna (DSA) in New Norcia (Australië), heeft de afdeling « Flight Dynamics » van ESA berekend dat Mars Express om 20:55:40 UTC (21:55:40 onze tijd) op 3 maart 2010 tot op een afstand van 77 km van het centrum van Phobos zal naderen. Dit houdt in dat Mars Express zich dan op 66 km van het oppervlak van Phobos zal bevinden (gemiddelde straal 11.1 km).

Wetenschappers van de KSB zullen de bekomen data ontleden om deze afstand te bevestigen en de massa en de massaverdeling van Phobos te bepalen. Deze resultaten kunnen helpen om de oorsprong van deze maan beter te begrijpen.