

31

April 2000

SPACE CONNECTION



DOSSIER De toekomst
van de verkenning
van het zonnestelsel

Inhoud



03 Dossier: De toekomst van de verkenning van het zonnestelsel

03 Inleiding

04 Mars

- Nozomi
- Mars Surveyor 2001 Orbiter
- Mars Surveyor 2001 Lander
- Mars Express
- Mars Micromissions
- Mars Surveyor 2003 / Mars Sample Return

10 Jupiter

- Europa Orbiter

12 Mercurius

- Messenger
- BepiColombo
- Planet-C

15 Saturnus en Titan

- Cassini en Huygens

18 Pluto en de Kuipergordel

- Pluto-Kuiper-Express

21 Planetoïden en kometen

- Deep Space 1
- Stardust
- NEAP
- Muses-C
- Contour
- Rosetta
- Deep Impact

26 Een blik in de verdere toekomst

30 Actualiteit

Inleiding

De toekomst van de *verkenning* van het zonnestelsel

Nummer 31 April 2000

Space Connection is een nieuwsbrief uitgegeven door de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden (D.W.T.C.). Deze nieuwsbrief informeert over recente verwezenlijkingen in de ruimtevaart en richt zich in het bijzonder tot de jeugd.

Space Connection gratis ontvangen?
Stuur uw naam en adres naar:



**Federale diensten voor
wetenschappelijke, technische
en culturele aangelegenheden
(D.W.T.C.)**

Informatiedienst
Wetenschapsstraat 8
1000 Brussel
of stuur een e-mail naar :
dhae@belspo.be
<http://www.belspo.be>

Verantwoordelijke uitgever:

Ir. Eric Beka, Secretaris-generaal
van de Federale diensten voor
wetenschappelijke, technische en
culturele aangelegenheden (D.W.T.C.)

Redactie:

Informatiedienst van de D.W.T.C.
Wetenschapsstraat 8
1000 Brussel

Externe medewerking:

Benny Audenaert, Paul Devuyt,
Christian Du Brulle, Théo Pirard,
Steven Stroeykens (dossier)

Coördinatie:

Patrick Ribouville

Abonnementenbeheer:

Ria D'Haemers
e-mail: dhae@belspo.be

Foto voorpagina:

Oprname van de Olympus Mons door
de Mars Global Surveyor (NASA)

De verkenning van het zonnestelsel lijkt wel in een stroomversnelling terechtgekomen. Na een periode van relatieve windstilte in de jaren tachtig worden er nu weer volop nieuwe onbemande interplanetaire verkenningssondes gelanceerd. Het mantra van de Amerikaanse ruimtevaartorganisatie NASA, "sneller, beter, goedkoper", leidde tot de constructie van vele goedkope sondes, waarvan er bijna elk jaar wel minstens eentje gelanceerd wordt. Het contrast met vroeger is groot. Het ruimtevaartprogramma werd toen gedomineerd door tientallen miljarden verslindende monsterprojecten waar soms meer dan tien jaar aan gewerkt werd. "Sneller, beter, goedkoper" heeft ook zijn beperkingen zoals blijkt uit de dubbele mislukking van twee Marsverkenners in 1999. 'Sneller' en



'goedkoper' zijn al gerealiseerd, 'beter' lijkt voorlopig nog niet gelukt. Het is wellicht niet tegelijk met de twee andere haalbaar, maar dat zal de toekomst uitwijzen. Niettemin is het duidelijk dat er een frisse wind waait in de wereld van de interplanetaire ruimtevaart.

Dit dossier brengt een overzicht van de belangrijkste projecten die op stapel staan bij de verschillende ruimtevaartorganisaties, voornamelijk de Amerikaanse NASA en het Europese ESA.

De projecten zijn gerangschikt volgens de planeet die ze als bestemming hebben, met telkens ook een korte beschrijving van de planeet en van de

belangrijkste vragen die de wetenschap de komende jaren hoopt te kunnen beantwoorden. Missies om de Zon en de Maan te bestuderen, bespreken we niet omdat deze uitgebreid aan bod komen in twee volgende nummers van Space Connection.

Aandacht gaat vooral naar projecten waaraan al gewerkt wordt of die al concreet vorm hebben aangenomen, en waarvan in de meeste gevallen de financiering reeds is goedgekeurd, of waarvoor een goede kans bestaat dat dit in de nabije toekomst zal gebeuren. De projecten die maar in een eerder pril stadium van voorstudies verkeren, of waarvoor de financiering nog zeer onzeker is, komen kort aan bod in de laatste paragraaf, waarin we wat verder in de toekomst kijken naar de generaties verkenningssmissies ná de huidige generatie. Daar komen ook de voorstellen aan bod voor onbemande verkenningssmissies *buiten* ons zonnestelsel, de eerste aarzelende stapjes van de mens op weg naar de sterren...

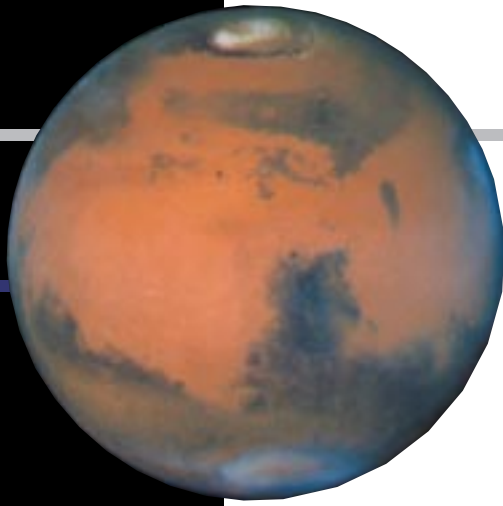
Dossier De toekomst van de verkenning van het zonnestelsel

De rode planeet spreekt al eeuwen tot de verbeelding. Eind negentiende eeuw dachten enkele astronomen "kanalen" op het planeetoppervlak te zien. Ze weefden een hele theorie rond een uitdrogende woestijnplaneet met intelligente bewoners die een reusachtig kanalenstelsel hadden aangelegd om het schaarse water efficiënt over de landbouwgronden te verdelen. De zogezegde kanalen bleken later niets meer dan een optische illusie te zijn. Toen de eerste ruimtesondes Mars van nabij fotografeerden bleek het planeetoppervlak een volstrekt dorre, dode, droge en ijskoude woestijn, met slechts een zeer ijle atmosfeer. De twee Amerikaanse Viking-landers ontdekten in de Marsbodem geen leven.

Identiteitskaart

MARS

Gemiddelde afstand tot de Zon • 228 miljoen kilometer
Omlooptijd rond de zon • 1,88 jaar
Aswentelingsperiode • 24 uur 37 minuten
Diameter • 6794 kilometer
Massa • $6,4 \times 10^{23}$ kg (0,107 keer de massa van de aarde)
Ontsnappingsnelheid • 5,0 km/s
Gemiddelde dichtheid • 3940 kg/m ³
Temperatuur • van -140°C tot +20°C



Mars

Er werden evenwel ook zeer tot de verbeelding sprekende aanwijzingen gevonden dat Mars in het verre verleden een veel aangenamer klimaat gekend heeft. Vanuit een omloopbaan genomen foto's laten uitgedroogde rivierbeddingen zien die erop wijzen dat er ooit water stroomde op Mars. Volgens sommige geologen heeft Mars ooit zelfs een heuse oceaan gehad.

Deze ontdekkingen maakten Mars tot een favoriet doelwit voor onderzoekers die sporen van buitenaards leven hopen te vinden. De planeet mag vandaag weliswaar doods en verlaten zijn, misschien bloeide er vele honderden miljoenen jaren geleden wel leven. En misschien zijn er van dat oude leven nog fossiele sporen terug te vinden. Enkele jaren geleden werd zelfs even gedacht dat er al fossielen van Martiaanse micro-organismen gevonden waren, in een van Mars afkomstige meteoriet die op Antarctica gevonden was. De aanwijzingen voor microfossielen in deze meteoriet konden de meeste experts echter niet overtuigen.

Volgens sommige wetenschappers hoeft het leven op Mars niet noodzakelijk uitgestorven te zijn. Ze vermoeden dat het water dat er ooit overvloedig stroomde vandaag onder de grond zit opgeslagen, wellicht in de vorm van ijs. Het is niet helemaal uitgesloten dat er diep onder de grond ook nog micro-organismen overleven – zoals er ook diep in de aardbodem eencellige levensvormen te vinden zijn.

Gunstige gelegenheden om ruimtesondes naar Mars te sturen, doen zich om de twee jaar voor. De NASA is van plan om van elk van die 'lanceervensters' gebruik te maken, en dus vanaf 2001 om de twee jaar telkens onbemande verkenners naar de rode planeet te sturen. In 1999 verongelukten echter twee Amerikaanse Marsverkenners, de Mars Climate Observer en de Mars Polar Lander. Na die ongelukken werd een onderzoekscommissie ingesteld en werd overwogen de plannen voor toekomstige verkenners te herzien. Momenteel zijn de conclusies nog niet bekend. Het is dus mogelijk dat de hier beschreven Marsmissies, in het bijzonder die voor 2001, nog herzien, of zelfs afgelast worden.

Nozomi (Planet B) (Japan)

De kleine Japanse ruimteverkenner Nozomi (vóór zijn lancering 'Planet B' genoemd) is al sinds 1998 op weg naar Mars, en moet er begin 2004 arriveren. Oorspronkelijke was de aankomst voor

↑ Opname door de Hubble Space Telescope van Mars (David Crisp / WFPC2 Science Team (Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology))

← Opname van de Olympus Mons-vulkaan door Viking 1 (NASA)

↓ Krater in de zuidelijke hemisfeer van Mars (NASA)

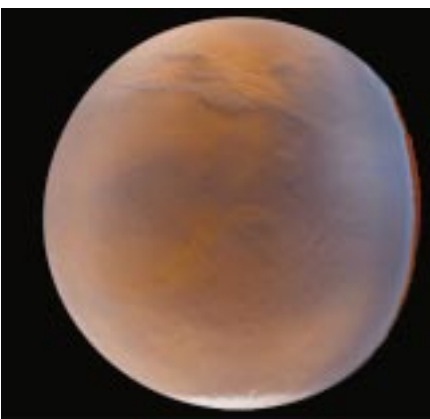




oktober 1999 voorzien maar een defect zorgde voor uitstel. Nozomi had naar Mars moeten vliegen na enkele keren gebruik te maken van de zwaartekracht van de aarde en de Maan. Maar bij een passage langs de aarde op 18 december 1998 raakte een klep in een raketmotor van Nozomi geblokkeerd. Daarbij werd zoveel brandstof verspild dat de sonde niet meer op de voorziene manier kon verder reizen. Er werd een noodscenario uitgewerkt om na drie omlopen rond de Zon en twee passages langs de aarde alsnog Mars te bereiken.

↑ Nozomi (ISAS)

↓ Mars met bovenaan Valles Marineris die zich uitstrekt over 4000 km (NASA)



Enmaal aangekomen zal Nozomi in een baan om Mars geplaatst worden. De sonde moet de bovenste lagen van de atmosfeer alsook de interactie van de atmosfeer met de zonnwind onderzoeken. Nozomi zal ook foto's maken van het oppervlak van Mars. Op voorwaarde natuurlijk dat alle boord instrumenten de onverwacht lange reis ongeschonden overleven.

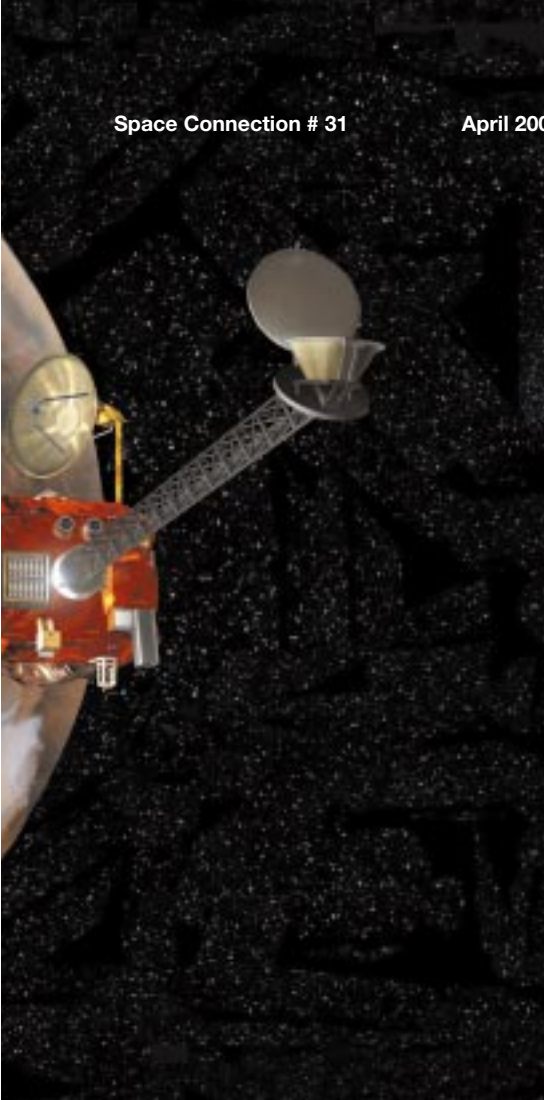
Het Nozomi-project heeft honderd miljoen dollar gekost. Behalve de Japanse ruimtevaartorganisatie ISAS hebben ook organisaties en instituten uit de VS, Canada, Duitsland, Frankrijk en Zweden aan het project meegewerkt.

Mars Surveyor 2001 Orbiter (NASA)

De Mars Surveyor 2001 Orbiter moet – als het programma tenminste niet gewijzigd wordt na de mislukking van twee Marssondes in 1999 – een gedetailleerde mineralogische analyse maken van de Marsbodem. Het tuig zal ook dienen als relaisstation voor de communicatie met de *Mars Surveyor 2001 Lander* en andere toekomstige Marslanders. De lancering is voorlopig voorzien voor 30 maart 2001 met een Delta II-draagruket,

de aankomst is gepland op 20 oktober 2001. Het tuig wordt dan in een vierhonderd kilometer hoge polaire baan rond Mars gebracht.

De instrumenten aan boord zijn *het Martian Radiation Environment Experiment (MARIE)*, *het Thermal Emission Imaging System (THEMIS)* en de *Gamma-Ray Spectrometer (GRS)*. MARIE zal de hoeveelheid en de aard van de ioniserende straling bij Mars meten – wat van groot belang kan zijn voor eventuele toekomstige bemande missies naar de planeet. THEMIS moet de mineralogie van het oppervlak bestuderen met een camera met hoge resolutie en een beeldvormende infraroodspectrometer. De GRS zal nagaan welke chemische elementen op het oppervlak voorkomen en zal meten hoeveel waterstof er voorkomt in de bovenste lagen van de bodem (wat een aanwijzing geeft over de mogelijke aanwezigheid van water of ijs). De Mars Surveyor 2001 Orbiter moet minstens drie jaar lang blijven functioneren



← De Mars Surveyor 2001 Orbiter (NASA-JPL)

↑ De Mars Surveyor 2001 Lander (NASA-JPL)

↘ De zuidelijke poolkap van Mars (document NASA/JPL/Malin Space Science Systems)

Mars Surveyor 2001 Lander (NASA)

De Mars Surveyor 2001 Lander moet op 10 april 2001 gelanceerd worden, en op 22 januari 2002 op Mars landen. Het lot van dit project is echter in hoge mate onzeker geworden na het mislukken van de Mars Polar Lander in 1999. Het ontwerp van de Mars Surveyor 2001 Lander vertoont veel overeenkomsten met dat van de verongelukte Mars Polar Lander. Ze hebben onder meer hetzelfde landingssysteem met gepulste raketten om de afdaling af te remmen. Slecht functioneren van dat systeem is een van de mogelijke oorzaken van het verongelukken van de Mars Polar Lander.

De Mars Surveyor 2001 Lander moet vooral onderzoek doen om de haalbaarheid van een bemande missie naar Mars te bestuderen. Met de camera *Mars Descent Imager (MARDI)* zullen foto's van Mars gemaakt worden tijdens de landing. Het *Mars Radiation Environment Experiment (MARIE)* zal de intensiteit en de

aard van de ioniserende straling op Mars meten (in aanvulling op het gelijknamige instrument in de Mars Surveyor 2001 Orbiter). Informatie over deze straling is van belang voor eventuele bemande ruimtevluchten naar de planeet. De *Panoramic Camera (PanCam)* zal foto's van de landingsplaats maken. De kleine *Thermal Emission Spectrometer (Mini-TES)* zal de samenstelling van de omgeving bestuderen. Het *Mars Environment compatibility Experiment (TECA)* moet nagaan of de Marsbodem en het losse stof op de bodem giftig zijn voor de mens. Het *Mars In-Situ Propellant Production Experiment (MIP)* moet onderzoeken of het mogelijk is om op Mars raketbrandstof te produceren (bij een eventuele bemande Marsmissie zou op Mars geproduceerde brandstof gebruikt worden voor de terugkeer naar de aarde). Het geheel van deze experimenten heet het *Athena Precursor Experiment (Apex)*. Verder is er ook een kleine zonnewijzer aan boord.

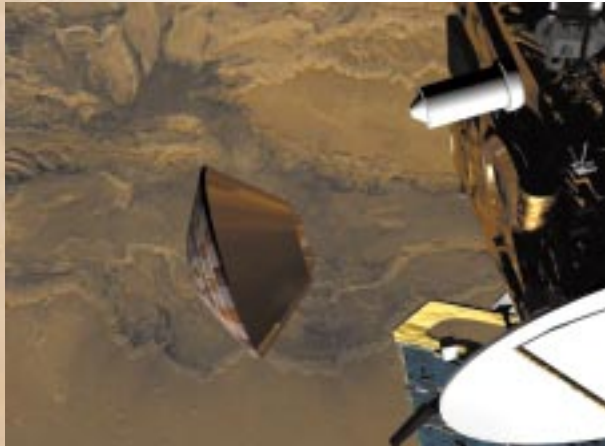
Mars Express (ESA)

Mars Express is de eerste Europese missie naar de rode planeet. Het is ook een van de eerste ESA-missies die het NASA-adagium

“sneller-beter-goedkoper” volgen. Mars Express bestaat uit een orbiter die de planeet vanuit een omloopbaan moet bestuderen en een kleine landingssonde die een zachte landing moet maken. De lancering met een Russische Sojoez-raket is voorzien voor 1 juni 2003, de aankomst voor 25 december 2003. De prijs van het project is begroot op 150 miljoen Euro (zes miljard frank).

De Mars Express Orbiter zal de volgende instrumenten aan boord hebben. Het *Observatoire pour la minéralogie, l'Eau, les Glaces et l'Activité (OMEGA)* is een visuele en nabij-infrarood beeldvormende spectrometer om de samenstelling van de Marsbodem te bestuderen. De *Planetary Fourier Spectrometer (PFS)* en *Spectroscopic Investigation of the Characteristics of the atmosphere of Mars (SPICAM)*, een ultraviolet en infraroodspectrometer, zullen de atmosfeer bestuderen. De *Mars Advanced Radar for subsurface and ionospheric sounding (MARSIS)* kan met radiogolven die in de bodem doordringen de eventuele aanwezigheid van water en ijs in de ondergrond vaststellen. De *Analyser of Space Plasmas and Energetic Atoms (ASPERA)* zal de ionosfeer van Mars en de interactie

Opname van een binnenkrater door de Mars Orbiter Camera MOC (NASA/JPL/Malin Space Science Systems)



↑ De Beagle 2 verlaat Mars Express (Beagle2)

ervan met de zonnewind bestuderen. Het *Mars Radio Science Experiment (MARS)* bestudeert de atmosfeer en de ionosfeer van Mars. De *High Resolution Stereoscopic Camera (HRSC)* moet de scherpste beelden ooit van het oppervlak van Mars leveren. Het instrument zal vanuit een omloopbaan foto's kunnen maken met een resolutie van beter dan één meter. Dat is goed genoeg om in principe op Mars gelande toestellen te kunnen zien, zoals bijvoorbeeld de Amerikaanse Vikings, Pathfinder en Mars Surveyor 2001 Lander, of het wrak van de verongelukte Mars Polar Lander.

De zestig kilogram zware mini-landingssonde voor Mars Express werd *Beagle 2* gedoopt (naar het schip waarmee Charles Darwin de wereld rond voer). De lander heeft een gaschromatograaf en een massaspectrometer aan boord om de samenstelling van de bodem te analyseren, een robotarm om bodemonsters te nemen, camera's, een microscoop, Mössbauer- en röntgenspectrometers en sensoren om de omstandigheden op de landingsplaats te registreren. Beagle 2 is een Brits project. De financiering (25 miljoen pond) is nog niet helemaal rond. De Britse regering heeft al 5 miljoen pond toegezegd, voor het resterende deel wordt een beroep gedaan op privé-sponsors. De Britse popgroep *Blur* zal het project steunen en heeft de song 'Beagle 2' opgenomen die met de lander naar Mars wordt meegevoerd.

↓ De Beagle 2 met opengeplooidde zonnepanelen (Beagle2, zie ook www.beagle2.com)



→ De Mars Network constellatie (NASA-JPL)

Mars Micromissions (NASA, CNES)

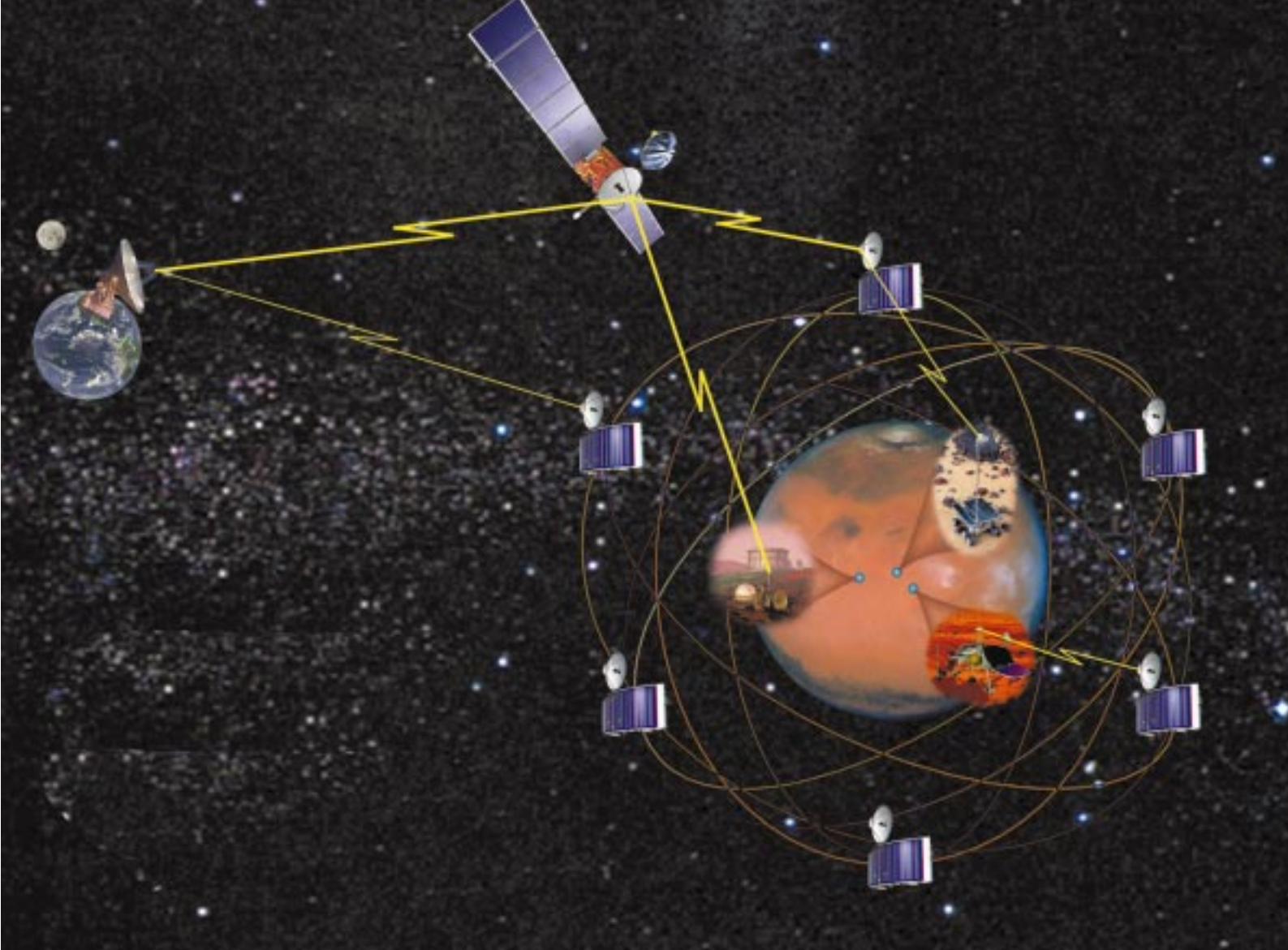
Vanaf 2003 wil de NASA in samenwerking met het Franse ruimteagentschap CNES (Centre National d'Études Spatiales) regelmatig kleine en goedkope *micromissions* naar Mars sturen, als aanvulling op de grotere Marsverkenners. De NASA zorgt voor het tuig, de CNES voor de lancering. De micromissions zullen elk maar twintig tot vijftig miljoen dollar kosten en gelanceerd worden door Europese Ariane 5-raketten, als "bijkomende" lading samen met een commerciële communicatiesatelliet.

De eerste micromissie wordt een communicatiesatelliet die rond Mars zal draaien, bedoeld om de communicatie met andere onbemande Marsverkenners te vergemakkelijken. De satelliet zal ook signalen uitzenden die gebruikt kunnen worden voor de navigatie op en rond Mars, zoals de signalen van de GPS-navigatiesatellieten op aarde. De communicatiesatelliet moet gelanceerd worden in de lente van 2003.

Voor de volgende micromissions wordt onder meer gedacht aan een klein, aan de dunne Marsatmosfeer aangepast vliegtuigje. Dat project zou oorspronkelijk gelanceerd worden in 2003 (om de eerste vlucht van de gebroeders Wright te herdenken), maar werd inmiddels uitgesteld. Andere mogelijkheden zijn bijkomende communicatie- en navigatiesatellieten, een ballon en netwerken van seismografische of meteorologische meetstations op Mars.

Mars Surveyor 2003-2005 / Mars Sample Return (NASA, CNES)

In 2003 willen de NASA en het Franse CNES van start gaan met een ambitieus en complex programma om bodemonsters van Mars terug te brengen naar de aarde. Het is mogelijk dat de hierna beschreven plannen nog herzien worden ten gevolge van de



mislukking van de Mars Climate Observer en de Mars Polar Lander in 1999.

In 2003 moet volgens de voorlopige plannen een eerste Amerikaans toestel, de *Mars Surveyor 2003 Lander*, een zachte landing maken op Mars om bodemstalen te nemen. De lander zal voorzien zijn van een door verscheidene Europese landen gebouwde boor, waarmee één tot vijf meter diep geboord kan worden. Er wordt ook een robotwagentje op Mars uitgezet (van een geavanceerder ontwerp dan de eenvoudige wagentjes van Mars Pathfinder en Mars Surveyor 2001 Lander) dat ook bodemmonsters zal verzamelen.

De bodemmonsters worden verzameld in een capsule die plaats biedt aan een veertigtal stalen. Deze dertig tot zestig kilogram zware capsule wordt dan in een baan rond Mars geschoten met de *MAV (Mars Ascent Vehicle)*, een kleine drietrapsraket op vaste

brandstof die is afgeleid van een oude raket van de Amerikaanse zeemacht. De capsule, voorzien van een radiobaken, wacht tot ze opgehaald wordt door een Franse sonde die in 2005 met een Ariane 5 gelanceerd moet worden. Ze zal in een baan om Mars een *rendez vous-manoeuvre* uitvoeren met de capsule en ermee terugkeren naar de aarde. Tegelijk met dit toestel van de CNES worden in 2005 ook vier kleine Marslanders (de 'Netlanders') gelanceerd, en een nieuwe grote Amerikaanse Marslander (*Mars Surveyor 2005 Lander*), die opnieuw bodemmonsters zal nemen en ze in een baan om Mars schieten, van waaruit ze (tegelijk met de stalen van de missie uit 2003) worden meegenomen naar de aarde. In april 2008 zou de capsule met de stalen op aarde landen. De capsule zal ontworpen worden om een harde landing te maken, mogelijk in de Australische woestijn. De NASA wil de bodemmonsters met de grootste voorzichtigheid behandelen om te vermijden dat

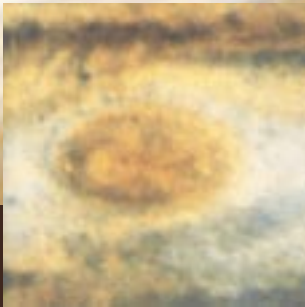
eventuele gevaarlijke micro-organismen van Mars de aarde zouden besmetten, hoe gering de kans daarop ook is.

Op voorwaarde dat er geld voor gevonden wordt kan het hele scenario herhaald worden met nieuwe landers, gelanceerd in 2007 en 2009, en een in 2009 met een Amerikaanse raket gelanceerd tuig om de bodemstalen naar de aarde te brengen. Deze tweede reeks stalen zou in 2012 op aarde arriveren. De Verenigde Staten voorzien voorlopig een budget van twee miljard dollar voor de eerste fase van het *sample return* programma, Frankrijk voorziet een budget van twee en half miljard Franse frank.

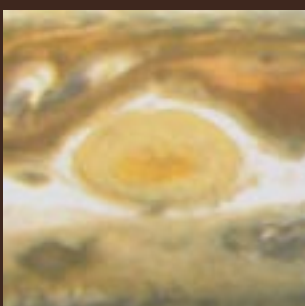
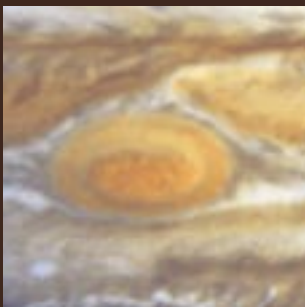
Dossier De toekomst van de verkenning van het zonnestelsel

Jupiter en zijn manen

Jupiter is de grootste planeet van het zonnestelsel. Hij bestaat grotendeels uit vloeistof en gas dat een relatief kleine vaste kern omgeeft. Jupiter bevat in zijn eentje meer massa dan alle andere planeten samen.



Jupiter en de Grote Rode Vlek (NASA)



De planeet heeft al verscheidene keren bezoek gehad van aardse ruimtesondes, het meest recent van de Amerikaanse Galileo die de planeet en zijn manen jarenlang onderzocht. De planeet wordt gekenmerkt door zeer grootschalige atmosferische processen, zoals de *Grote Rode Vlek*, een wervelstorm die al eeuwen woedt en die groter van omvang is dan de hele planeet aarde.

Naast een hele reeks maantjes heeft Jupiter ook vier grote manen, de zogeheten *Galileïsche manen*, die bijna planeten op zichzelf zijn. Het zijn *Io*, *Europa*, *Ganymedes* en *Callisto*. *Io* staat het dichtst bij Jupiter en wordt gekenmerkt door een zeer actief vulkanisme. *Europa*, de kleinste maan, is een bevroren wereld. Het oppervlak is helemaal bedekt met ijs dat doorklieft door barsten. Men vermoedt dat er onder het ijsoppervlak een oceaan van water schuilgaat. Door sommige wetenschappers wordt *Europa* daarom beschouwd als een goede kanshebber voor het ontdekken van leven buiten de aarde. De NASA hoopt de komende jaren na te gaan of deze theorie

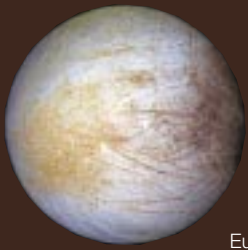


Io (NASA-JPL)

correct is. Ook *Ganymedes* en *Callisto* zijn grotendeels bedekt met ijs, maar bij deze manen is het ijs waarschijnlijk dikker (als er een oceaan is, dan zal die moeilijker bereikbaar zijn), en meer bedekt met stof en afval van inslagen.

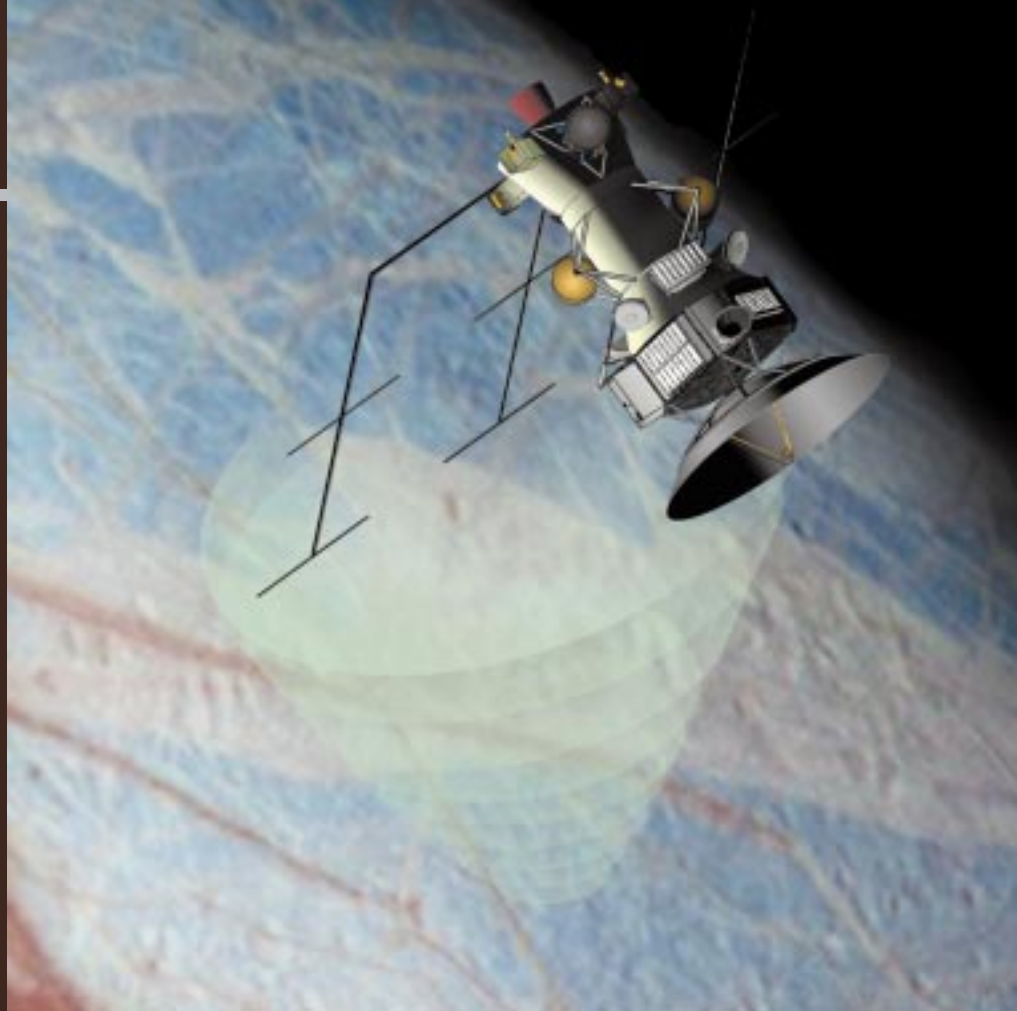
Europa Orbiter (VS)

De *Europa Orbiter* moet vanuit een omloopbaan rond Jupiters maan *Europa* nagaan of er onder het ijs van *Europa* inderdaad een oceaan van vloeibaar water schuilgaat. En zo ja, hoe diep onder het ijs hij verborgen zit. Het project is nog niet goedgekeurd door het Amerikaanse Congres, maar het heeft wel de volledige steun van de NASA-top.



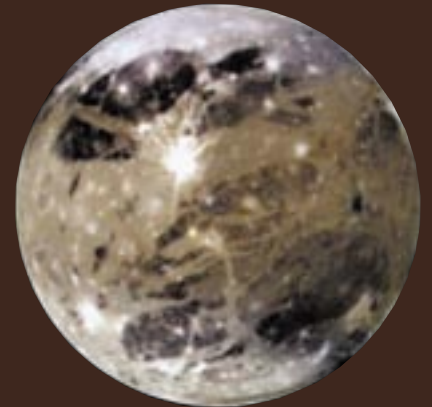
Europa (NASA-JPL)

Op basis van de foto's die Galileo gemaakt heeft van het oppervlak van Europa, vermoeden sommige wetenschappers dat het ijs op bepaalde plaatsen niet dikker is dan één kilometer. Dat maakt het wellicht mogelijk om er doorheen te boren. Europa Orbiter moet de dikte van het ijs meten met een soort radarinstrument. Dat zal radiogolven met zeer lange golflengte uitzenden die gemakkelijk kilometers doorheen het ijs dringen. Door de ontvangen echo's te analyseren, moet uit te maken zijn op welke diepte de grens tussen water en ijs zich bevindt, als die er is. Andere instrumenten moeten Europa gedetailleerd in kaart brengen, met een resolutie van honderd meter, om de 'ijsgeologie' van de koude Jupitermaan te bestuderen, en om eventueel te zoeken naar een geschikte landingsplaats. Een laser-altimeter zou gebruikt worden om zeer precies het reliëf van Europa in kaart te brengen en studie van de baan van de Europa Orbiter moet wetenschappers toelaten Europa's gravitatieveld te bestuderen, wat weer iets moet leren over het inwendige van de Jupitermaan.

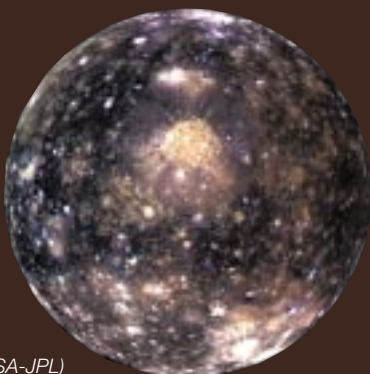


De Europa Orbiter (NASA/JPL)

Volgens de voorlopige plannen zou Europa Orbiter in november 2003 gelanceerd worden met een draagraket of vanuit een ruimtependel. De reis naar Jupiter zou drie of vier jaar duren. Na een jaar van manoeuvres in de buurt van Jupiter zou de sonde in een tweehonderd kilometer hoge baan rond Europa gebracht worden. De orbiter zou daar naar schatting slechts een maand functioneren, omdat de intense straling in de buurt van Jupiter de elektronica aan boord zware schade toebrengt. De prijs van de 950 kilogram zware Europa Orbiter wordt op zo'n twaalf miljard frank geraamd.



Ganymedes (NASA-JPL)



Callisto (NASA-JPL)

Identiteitskaart

JUPITER

Gemiddelde afstand tot de Zon • 778 miljoen kilometer
Omlooptijd rond de zon • 11,9 jaar
Aswentelingsperiode • 9 uur 50 minuten
Diameter • 143 000 kilometer
Massa • 1,9 x 10²⁷ kg (318 keer de massa van de aarde)
Ontsnappingsnelheid • 59,5 km/s
Gemiddelde dichtheid • 1330 kg/m³
Temperatuur • gemiddeld -110°C

Dossier De toekomst van de verkenning van het zonnestelsel

Mercurius is de op een na kleinste planeet van het zonnestelsel en de planeet die het dichtst bij de Zon staat.

De intense zonnestraling doet de temperatuur aan de dagzijde oplopen tot 430° C, voldoende om metalen als lood en zink te doen smelten.

Mercurius

← Mozaïekopname van Mercurius door Mariner 10
(NASA/National Space Science Data Center)

Mercurius heeft geen atmosfeer van betekenis. Het oppervlak is bezaaid met kraters die de planeet min of meer het uitzicht geven van een grotere versie van onze Maan. Meteorieten kunnen ongehinderd het oppervlak bereiken zonder op te branden door de wrijving met de atmosfeer en een krater slaan.

Het ontbreken van een atmosfeer zorgt er ook voor dat er grote temperatuursverschillen zijn tussen de dag- en de nachtzijde. 's Nachts daalt de temperatuur tot -170°C . Sommige onderzoekers vermoeden zelfs dat er ijs te vinden is op Mercurius, wellicht op donkere kraterbodems die permanent in de schaduw liggen. Aanwijzingen (maar geen bewijzen!) voor de aanwezigheid van ijs zijn gevonden uit de analyse van door de planeet weerkaatste radarecho's. Nagaan of er echt ijs ligt op Mercurius, nochtans een van de heetste planeten van het zonnestelsel, is een van de meest tot de verbeelding sprekende opdrachten van toekomstige verkenners.

Een ander mysterie dat om opheldering vraagt is dat van het ontstaan van Mercurius. De planeet heeft ondanks haar kleine

Identiteitskaart

MERCURIUS

Gemiddelde afstand tot de Zon • **57,9 miljoen kilometer**

Omlooptijd rond de zon • **88 dagen**

Aswentelingsperiode • **58,6 dagen**

Diameter • **4879 kilometer**

Massa • **$3,30 \times 10^{23}$ kg** (0,055 keer de massa van de aarde)

Ontsnappingsnelheid • **4,3 km/s**

Gemiddelde dichtheid • **5430 kg/m^3**

Temperatuur • 's nachts gemiddeld -170°C
overdag gemiddeld $+350^{\circ}\text{C}$, max. $+430^{\circ}\text{C}$

afmetingen een relatief grote massa. Dat betekent dat ze gemiddeld een vrij hoge dichtheid heeft, en dat wijst waarschijnlijk op een grote kern van ijzer en zware metalen. De ijzerkern beslaat naar schatting 75 procent van de diameter van de planeet. Ter vergelijking: bij de aarde is dat slechts 55 procent. Het is een raadsel hoe de planeet aan die reusachtige kern is gekomen. Eén theorie stelt dat de planeet aanvankelijk groter was dan nu maar dat ze kort na haar ontstaan een reusachtige botsing meemaakte. Een groot deel van haar buitenste lagen zou toen weggeslingerd zijn in de ruimte terwijl de grote kern intact bleef.

Mercurius is moeilijk waar te nemen vanop de aarde, omdat ze altijd in de nabijheid van de Zon staat. De planeet kreeg ook nog niet veel bezoek van ruimtesondes. Enkel de Amerikaanse onbemande sonde Mariner 10 is in 1974 enkele keren langs Mercurius gevlogen. De planeet is zelfs nog niet in haar geheel in kaart gebracht. Lang zal onze onwetendheid over Mercurius echter niet meer duren. De Verenigde Staten, Japan en Europa werken immers elk aan een onbemande verkennersatelliet voor de planeet.

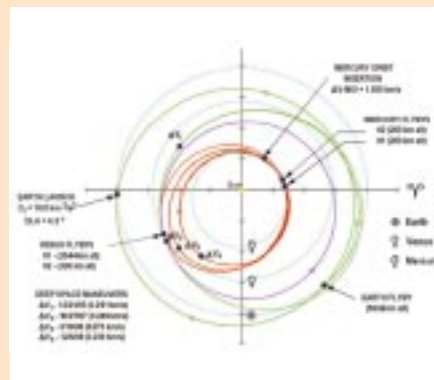
Messenger (VS)

De Amerikaanse sonde Messenger wordt in de lente van 2004 de eerste van de op stapel staande Mercuriusmissies die de aarde verlaat. De onbemande verkennersatelliet zal op weg naar Mercurius eerst twee keer langs Venus vliegen om van de zwaartekracht van die planeet te profiteren en in januari en oktober 2008 twee maal langs Mercurius scheren. De sonde komt uiteindelijk op 30 september 2009 in een omloopbaan rond Mercurius terecht. Vanuit die baan zal Messenger de planeet een jaar lang bestuderen.

'Messenger' staat voor *Mercury Surface, Space Environment, Geochemistry and Ranging*. Het

project heeft een budget van 286 miljoen dollar (ongeveer tien miljard frank) en staat onder leiding van het laboratorium voor toegepaste natuurkunde van de *Johns Hopkins University*, waar het apparaat ook gebouwd zal worden. Projectleider is wetenschapper Sean Solomon van het *Carnegie Institute* in Washington. Het Messenger-project maakt deel uit van het Discovery-programma, een reeks relatief goedkope onbemande ruimteverkenners. Vroegere voorbeelden van Discovery-missies zijn Lunar Prospector die aanwijzingen voor ijs op de Maan heeft gevonden, en de sonde NEAR die de planetoiden Mathilde en Eros heeft bezocht.

Messenger wordt tegen de intense zonnestraling beschermd door een reflecterend schild aan de kant die altijd naar de Zon gericht is. Energie wordt geleverd door zonnepanelen die niet groot hoeven te zijn voor de kleine Messenger. Hij bevindt zich immers dicht bij de Zon. Messenger zal zeven miniaturinstrumenten aan boord hebben (onder meer camera's en spectrometers) om Mercurius voor het eerst gedetailleerd in kaart te brengen en om oppervlak, atmosfeer en magnetisch veld van de planeet te onderzoeken.



↑ Volledig traject van de Messengersonde (*Johns Hopkins University*)

BepiColombo (ESA)

De Europese BepiColombo is de meest ambitieuze van de Mercuriusmissies die momenteel in voorbereiding zijn. Het project is genoemd naar de Italiaanse astronoom, wiskundige en ingenieur *Giuseppe (Bepi) Colombo* (1920-1984), die grote bijdragen heeft geleverd aan het onderzoek van Mercurius. Momenteel is het BepiColombo-project nog niet definitief goedgekeurd, maar het maakt goede kans om geselecteerd te worden als een van de toekomstige "cornerstones" van het programma *Horizon 2000 Plus*, het wetenschappelijke programma van de ESA. Cornerstones (hoekstenen) zijn de grote projecten waaraan het hele programma is opgehangen.

Volgens de voorlopige plannen zal BepiColombo uit drie afzonderlijke toestellen bestaan die samen de reis naar Mercurius maken. Eenmaal aangekomen zullen ze van elkaar losgekoppeld worden. Er is de 'planetaire orbiter', die vanuit een polaire omloopbaan de planeet moet bestuderen, de 'magnetosferische orbiter', en een 'oppervlakte-element' dat een landing moet maken op Mercurius.

De *planetaire orbiter*, de belangrijkste component van BepiColombo, weegt 460 kilogram en zal Mercurius bestuderen met twee camera's (één met een 'groothoek' en één 'tele' objectief, werkend in het zichtbare licht en in het nabije infrarood) en een half dozijn andere instrumenten. Infrarood- en ultravioletspectrometers en detectoren voor röntgenstraling en gammastraling zullen de samenstelling van het Mercuriusoppervlak bestuderen. Een neutronenspectrometer zal zoeken naar de aanwezigheid van ijs op Mercurius. Verder zal de planetaire orbiter ook de Zon in het oog houden, met een Solar Monitor die röntgenstralen waarneemt, en het gravitatieveld van Mercurius bestuderen. Zeer nauwkeurige waarnemingen van de

baan van de orbiter zullen toelaten de correctheid van Einsteins gravitatie-theorie te testen. Omdat de orbiter een baan over de polen van Mercurius beschrijft, kan hij het volledige oppervlak van de planeet in kaart brengen. De planetaire orbiter is ontworpen om een jaar lang te functioneren. De planetaire orbiter zal dienst doen als relaisstation voor de communicatie met de aarde. De communicatie van de twee andere componenten van BepiColombo verloopt dus langs de planetaire orbiter.

Het 'oppervlakte-element' weegt slechts dertig kilogram en zal een landing maken nabij een van de polen van Mercurius (waar de temperatuur iets milder is). De afdaling van de lander zal worden afgeremd door kleine raketmotoren, maar desondanks zal de landing nog vrij hard zijn. Het is trouwens de bedoeling dat een gedeelte van het toestel door de harde landing ongeveer een meter in de Mercuriusbodem dringt. Aan boord van de lander zijn een camera, een seismometer, een apparaat om de chemische samenstelling te onderzoeken, een thermometer, en apparaten om de warmtecapaciteit, de massadichtheid en de hardheid van de bodem te onderzoeken. De lander moet minstens een week functioneren.

De *magnetosferische orbiter* is kleiner dan de planetaire orbiter en weegt maar zestig kilogram. Hij zal zeven meetinstrumenten bevatten om het magnetische veld van Mercurius en de interactie van dat veld met de zonnwind te bestuderen. De magnetosferische orbiter moet een jaar lang functioneren.

Om naar Mercurius te reizen, zal BepiColombo gebruik maken van een elektrische 'ionenmotor' van energie voorzien door zonnepanelen. Die motor stuurt een straal xenon-ionen uit, en kan maandenlang een (geringe) stuwkracht leveren. BepiColombo zal dankzij deze motor slechts twee en een

half jaar onderweg zijn. Bij aankomst wordt BepiColombo door een chemische raketmotor in een baan om Mercurius geplaatst. Een definitief tijdschema voor BepiColombo is er nog niet, maar voorlopig wordt 2009 genoemd als vertrekdatum. Het apparaat zou dan in 2011 of 2012 aankomen.

Planet-C (of Muses-D) (Japan)

Ook Japan werkt aan een onbemande missie naar Mercurius. Het project dat momenteel nog in het definitiestadium verkeert, zal worden uitgevoerd door de ruimtevaartorganisatie ISAS (Institute of Space and Astronautical Sciences) waarschijnlijk met medewerking van het Amerikaanse Jet Propulsion Laboratory (JPL). Het project kreeg nog geen definitieve naam.

De Japanse sonde is een orbiter die de planeet vanuit een omloopbaan moet verkennen. Doel van de missie is vooral het meten en nauwkeurig in kaart brengen van het magnetische veld en het gravitatieveld van Mercurius. ISAS wil twaalf verschillende wetenschappelijke instrumenten, die samen vijftig kilogram wegen, aan boord van de orbiter onderbrengen. Een camera zou opnamen van het oppervlak van Mercurius maken, met een resolutie van dertig meter. Er wordt ook overwogen om kleine projectielen op Mercurius af te schieten.

De orbiter zal anderhalve ton wegen, 4,4 meter lang zijn en een diameter van 2,2 meter hebben. Hij zou overdekt zijn met spiegelend materiaal als bescherming tegen de hitte in de omgeving van Mercurius. Het apparaat draait om zijn as om de warmte gelijkmatig te verdelen. Onderweg naar Mercurius zou het ruimtetuig de Zon naderen tot op 37 miljoen kilometer en daarbij een temperatuur van 260° C te verduren krijgen. Volgens voorlopige plannen zou de Mercurius-orbiter gelanceerd worden in augustus 2005. De anderhalve ton zware verkenners zou vier

jaar onderweg zijn. Hij bereikt Mercurius na een "gravity-assist" manoeuvre bij Venus in 2006, nogmaals bij Venus in 2007, en bij Mercurius in 2008. Pas op 30 september 2009 zou de verkenners in een baan om Mercurius aankomen. Er wordt overwogen om het apparaat uit te rusten met elektrische "ionenmotoren", die momenteel in ontwikkeling zijn bij elektronicafabrikant Toshiba. De kosten van het project worden geraamd op ongeveer drie miljard frank.

Dossier De toekomst van de verkenning van het zonnestelsel

Saturnus en Titan

Saturnus is de op een na grootste planeet van het zonnestelsel en bestaat grotendeels uit vloeistof en gas. De atmosfeer van Saturnus is rustiger dan die van Jupiter: er woeden niet zo'n reusachtige en gewelddadige stormen. Saturnus heeft tot dusver al bezoek gekregen van drie ruimtesondes, Pioneer 11, Voyager 1 en Voyager 2.

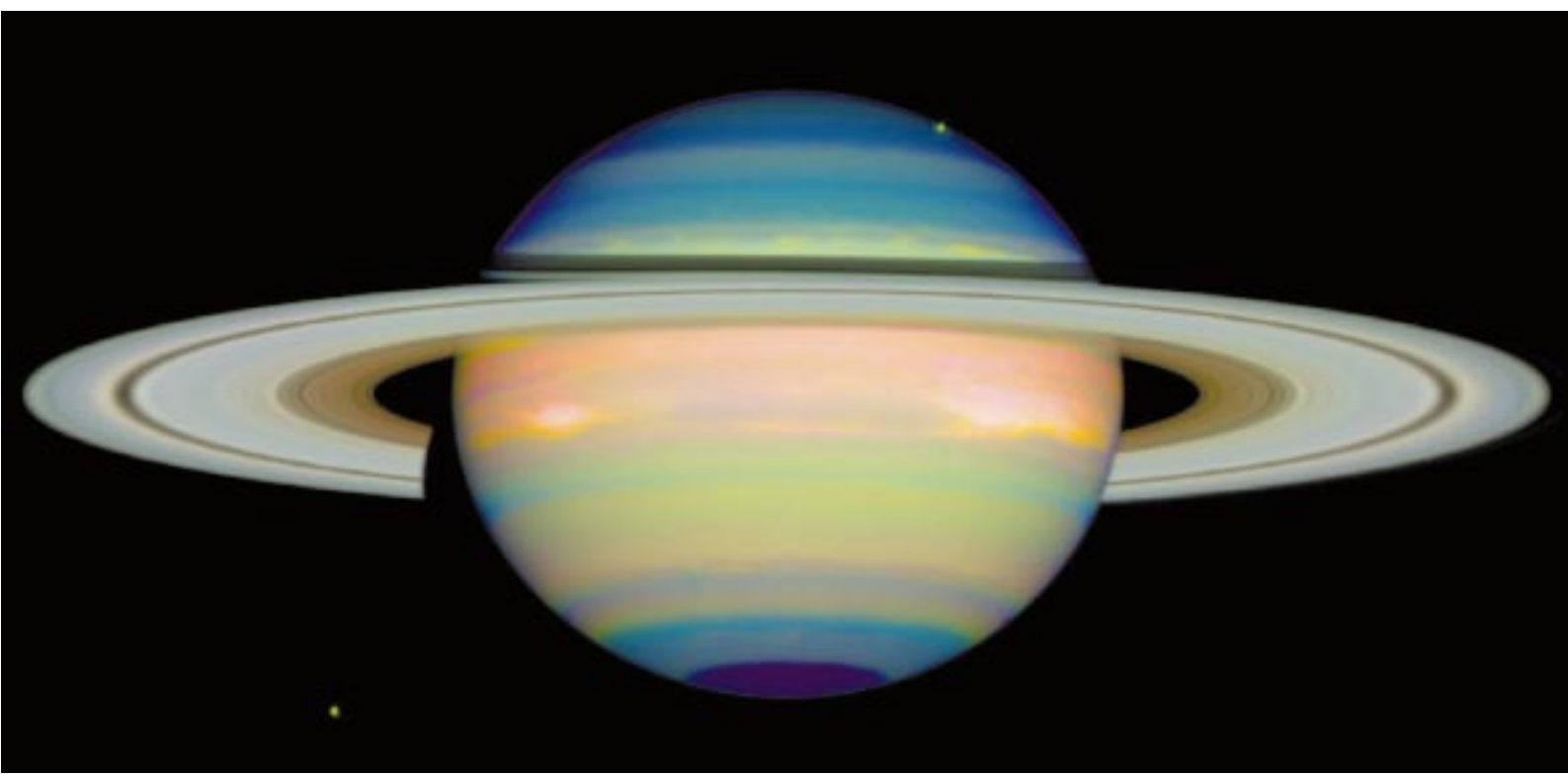
Het opvallendste kenmerk van Saturnus is zijn buitengewoon mooie ringenstelsel. Deze ringen zijn geen vaste schijven: ze bestaan uit ontelbare kleine brokjes ijs en steen die elk afzonderlijk als miniatuurmaantjes een baan om Saturnus beschrijven. Foto's van de Voyagers toonden de zeer complexe structuur van de ringen, bestaande uit duizenden smalle miniringetjes waarvan er sommige zelfs met elkaar ver-

vlochten zijn. Deze ingewikkelde structuur is het gevolg van de zwaartekrachtinvloed van de vele manen van Saturnus.

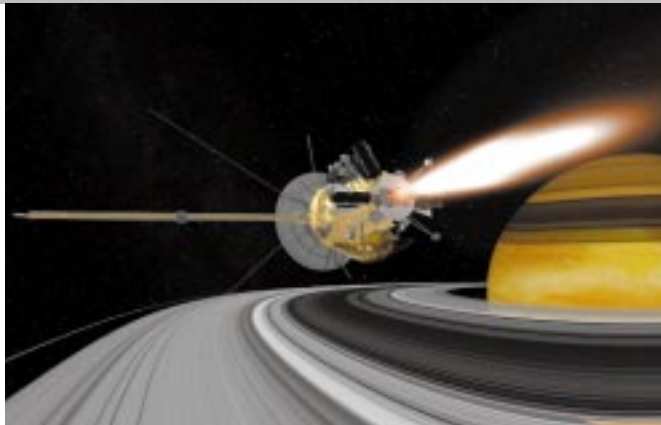
De grootste maan van Saturnus is *Titan* die een dichte atmosfeer heeft, wat zeer uitzonderlijk is voor een maan. De atmosferische druk is er zelfs groter dan die op het aardoppervlak. Titans atmosfeer bevat onder meer methaan, stikstof, koolwater-

'prebiotische' organische moleculen. Die samenstelling is vermoedelijk verwant aan de samenstelling van de oorspronkelijke atmosfeer van de aarde, ten tijde van het ontstaan van leven op onze planeet. Door de uiterst lage temperatuur op Titan is de kans zeer gering dat er leven ontstaan is, maar desondanks wordt verwacht dat er zeer interessante chemische processen optreden. De onderzoekers zien Titan als een soort

↓ Infraroodopname van Saturnus door de Hubble ruimtetelescoop (JPL/NASA)



- De Cassinisonde komt in een baan rond Saturnus (JPL/NASA)
- Hubble-opname van de Saturnusringen (JPL/NASA)



Identiteitskaart

SATURNUS

Gemiddelde afstand tot de Zon • 1,43 miljard kilometer
Omlooptijd rond de zon • 29,4 jaar
Aswentelingsperiode • 10 uur 14 minuten
Diameter • 120 000 kilometer
Massa • $5,7 \times 10^{26}$ kg (95 keer de massa van de aarde)
Ontsnappingsnelheid • 35,5 km/s
Gemiddelde dichtheid • 690 kg/m ³
Temperatuur • gemiddeld -180°C

diepgevroren en goed bewaarde kopie van de aarde vier miljard jaar geleden. De dichte en zeer mistige atmosfeer belemmert het uitzicht op het oppervlak van Titan. Er zijn vermoedens dat het oppervlak gedeeltelijk bedekt is door oceanen van vloeibaar ethaan.

Een andere interessante maan van Saturnus is *Japetus* en heeft een zeer merkwaardig uitzicht: ze heeft een wit en een zwart halfmond. De scheiding tussen de twee is onregelmatig gevormd, maar wel heel scherp, zoals uit Voyager-foto's valt op te maken. Niemand weet welk materiaal de ene helft zijn donkere kleur geeft en hoe het er gekomen is. Gedacht wordt aan het restant van een komeetinslag.

Cassini (VS) en Huygens (ESA)

Cassini-Huygens is een Amerikaans-Europees project.

De Amerikaanse Cassini is een zeer grote onbemande sonde die momenteel op weg is naar Saturnus, om de planeet, zijn ringen en zijn manen te bestuderen vanuit een omloopbaan. De Europese Huygens, die door Cassini wordt meegenomen tot in de buurt van Saturnus, is een sonde die zal afdalen in de atmosfeer van Titan (genoemd naar de Nederlandse astronoom *Christiaan Huygens*, de ontdekker van Titan).

Cassini-Huygens is een zeer grootschalig project van voor de "sneller-beter-goedkoper"-periode. Het geheel weegt, inclusief de brandstof om bij aankomst bij Saturnus te kunnen afremmen, maar liefst 5,8 ton. Het tuig is zo groot als een kleine vrachtwagen. De lancering vond plaats op 13 oktober 1997 met een zware *Titan IV*-raket (dezelfde naam als de reisbestemming Titan, maar dit is zuiver toeval). De kosten voor het hele

project, inclusief de kosten voor vluchtleiding en grondpersoneel tot en met 2008, worden op 120 miljard frank geraamd, waarvan Europa ongeveer 15 miljard frank bijdraagt. Het werk aan het Cassini-project begon al in het begin van de jaren tachtig.

Zelfs de machtige Titan IV is niet sterk genoeg om een kolos als Cassini rechtstreeks naar Saturnus te sturen. De verkenner volgt daarom een ingewikkeld pad dat gebruik maakt van de zwaartekracht van verscheidene planeten. Cassini passeerde eerst twee keer Venus. Daarna, in augustus 1999, vloog hij rakelings langs de aarde. In december 2000 vliegt de verkenner voorbij Jupiter die hem uiteindelijk naar zijn echte bestemming, Saturnus, zal slingeren waar het gevaarte in juli 2004 zal aankomen. De afdaling van Huygens op Titan staat op het programma voor 27 november 2004. Volgens plan moet Cassini

minstens tot 2008 functioneren, en mogelijk nog langer. In de vier jaar die Cassini bij Saturnus doorbrengt zal hij ongeveer zestig omlopen rond de planeet maken. Bij elke omloop kunnen de vluchtleiders het traject wijzigen, om Cassini in de buurt van elk van de manen te brengen, en om Saturnus en zijn ringenstelsel van alle zijden te bekijken. Behalve Saturnus zelf zal vooral Titan veel aandacht krijgen. Bij 33 omlopen zal Cassini langs Titan passeren.

Cassini is een wetenschappelijke Rolls Royce vol meetinstrumenten. Er zijn verscheidene camera's aan boord, spectrometers voor ultraviolet, infrarood en zichtbaar licht om de samenstelling van Saturnus en zijn manen en



ringen te bestuderen, een magnetometer, een radarinstallatie om doorheen het wolkendek van Titan te kijken, een apparaat om van de ringen afkomstig stof te analyseren, een plasmaspectrometer om hete gassen in de ruimte rondom de planeet te onderzoeken, en een massaspectrometer voor ionen en neutrale deeltjes om de bovenste lagen van de atmosfeer van Titan te analyseren.

De terabytes informatie die deze instrumenten verzamelen worden tijdelijk opgeslagen in twee moderne *solid state recorders* (massa-opslagtoestellen met geheugenchips) en vervolgens naar de aarde gestuurd langs een schotelantenne. Dat is geen opvouwbare antenne (bleek een

onbetrouwbaar type bij de Galileo-missie naar Jupiter die met een geblokkeerde antenne opgezaagd zit), maar een vast model. Dezelfde antenne wordt ook gebruikt voor de radarexperimenten en om radiosignalen doorheen Titans atmosfeer naar de aarde te sturen, om nog meer over die atmosfeer te weten te komen. Veel systemen aan boord van Cassini zijn veiligheidshalve dubbel of drievoudig uitgevoerd.

De Europese sonde Huygens zal aan een parachute afdalen in de dichte atmosfeer van Titan. Tijdens de meer dan twee uur durende afdaling zal de sonde foto's maken en doorseinen, in de hoop dat op de beelden meer te zien zal zijn dan alleen maar mist. Verder zal Huygens tijdens

zijn afdaling regelmatig de temperatuur, de atmosferische druk en de windsnelheid meten. De sonde zal ook zoeken naar mogelijke bliksems en een chemische analyse maken van de samenstelling van de atmosfeer. Alle meetresultaten worden per radio naar het moederschip Cassini gestuurd, dat ze nadien doorseint naar de aarde. Niemand kan voorspellen wat Huygens zal aantreffen op het einde van zijn lange afdaling. De bodem zou vast of vloeibaar kunnen zijn. Huygens zou op een rotsbodem kunnen landen, maar kan even goed in een zee van vloeibaar methaan of ethaan terechtkomen. Of mogelijk zelfs in een dikke laag "chemische humus".

De ontwerpers van Huygens hebben geprobeerd met alle scenario's rekening te houden. Het toestel is stevig genoeg om een landing op rotsen te overleven, en licht genoeg om te blijven drijven als het op een vloeistof terechtkomt. Het is berekend op sterke windstoten en zelfs op blikseminslagen. Voor het geval dat het pikdonker zou zijn op Titan, is een krachtige lamp ingebouwd. Huygens is uitgerust met een instrument om de hardheid van een eventuele vaste bodem te meten, en met een ander instrument om de golfslag te meten in een eventuele zee. Er is zelfs een microfoon aan boord mocht er iets te horen zijn. Het Huygens-team hoopt dat de sonde het na de landing nog een half uur volhoudt en gegevens blijft doorsturen.

Het Cassini-project heeft in de Verenigde Staten de woede opgewekt van milieuactivisten die zich verzetten tegen de op radioactief verval gebaseerde batterijen (RTG's of radio-isotoop thermo-elektrische generatoren) die Cassini van energie moeten voorzien. De RTG's bevatten 32 kilogram plutonumdioxide. De tegenstanders vreesden dat het plutonium in de aardse atmosfeer zou vrijkomen als er een ongeluk zou gebeuren bij de lancering of bij de nauwe passage langsheen de aarde in augustus 1999. Beide verliepen zonder probleem.

Cassini en Huygens hebben niet alleen wetenschappelijke instrumenten aan boord. Er reizen ook vele duizenden handtekeningen en persoonlijke boodschappen van aardbewoners mee. De NASA en de ESA hebben aan al wie dat wou de gelegenheid geboden om gratis een handtekening de ruimte in te sturen, in elektronische vorm opgeslagen op twee cd's, een op de Huygens-lander en een op het Cassini-moederschip. De schijf op Cassini bevat 614.400 handtekeningen, plus heel wat pootafdrukken van huisdieren en voetafdrukken van baby's. Bij de ondertekenaars zijn Star Trek acteur Patrick Stewart en Mary Cassini, een nazate van de zeventiende-eeuwse astronoom Jean-Dominique Cassini, naar wie het ruimtetuig genoemd is. Op de Europese cd op Huygens staat onder meer de volgende boodschap: "Franse aardbewoonster, 1,83 meter groot, zoekt grote aantrekkelijke alien, liefst romantisch aangelegd."

Dossier De toekomst van de verkenning van het zonnestelsel

→ De Pluto-Kuiper Express (NASA-JPL)

Pluto

en de Kuipergordel

Pluto is de kleinste, de verste, de koudste en misschien wel de meest mysterieuze planeet van het zonnestelsel.

Het is ook de enige die tot dusver nog geen bezoek

kreeg van aardse ruimtesondes.

Pluto is altijd beschouwd als het buitenbeentje onder de planeten. De planeet schijnt niet thuis te horen in het rijtje van de acht andere. Het zonnestelsel telt vier kleine aarde-achtige planeten dicht bij de Zon, en vier grote reuzenplaneten ver van de Zon. En uitgerekend in dat domein van de reuzenplaneten, ver van de Zon, staat Pluto, de kleinste van allemaal.

Bovendien heeft Pluto een sterk afwijkende baan: een relatief excentrische (langgerekte) ellips, duidelijk hellend ten opzicht van het *eclipticavlak* waarin de banen van de andere planeten gelegen zijn. Door de langgerekte vorm van de baan varieert de afstand van Pluto tot de Zon sterk: van 4,3 tot 7,5 miljard kilometer. De baan van Pluto komt zelfs voor een klein stukje binnen de baan van

Neptunus. Af en toe is Pluto daardoor de op één na verste planeet van de Zon. In 1999 liep een dergelijke periode ten einde; nu staat Pluto weer op de verste plaats.

De afgelopen jaren werd duidelijk dat Pluto toch niet zo uniek is. Aan de buitenste rand van het zonnestelsel, voorbij de baan van Neptunus, werden tientallen gelijkaardige maar kleinere objecten ontdekt. Ze worden soms *ijsdwerger* genoemd. Ze vormen samen de *Kuipergordel* of *Kuiper-Edgeworth-gordel*, een soort schijf van kleine, grotendeels uit ijs bestaande planetoiden in verre banen rond de Zon. Pluto wordt tegenwoordig eerder gezien als een typische, zij het bijzonder grote, vertegenwoordiger van de ijsdwerger.

Men vermoedt dat de ijsdwerger van de Kuipergordel overblijfselen zijn van het ontstaan van het zonnestelsel, overgebleven bouwstenen die nooit een grote planeet hebben kunnen vormen omdat de materie te ijl was aan de buitenste rand van het zonnestelsel. Dat maakt de ijsdwerger zeer interessant. Ze kunnen ons iets leren over het oorspronkelijke materiaal waaruit het zonnestelsel is gevormd. Ijsdwerger zijn sterk verwant aan kometen. Het verschil is dat kometen in een baan zitten die ze af en toe dicht bij de zon brengt, terwijl ijsdwerger altijd aan de koude buitenrand van het zonnestelsel blijven. Als de baan van een ijsdwerger zo verstoord zou worden dat hij naar de binnendelen van het zonnestelsel zou vliegen, dan zouden we een komeet zien.

Identiteitskaart

PLUTO

Gemiddelde afstand tot de Zon • **5,92 miljard kilometer**

Omlooptijd rond de zon • **248 jaar**

Aswentelingsperiode • **6,39 minuten**

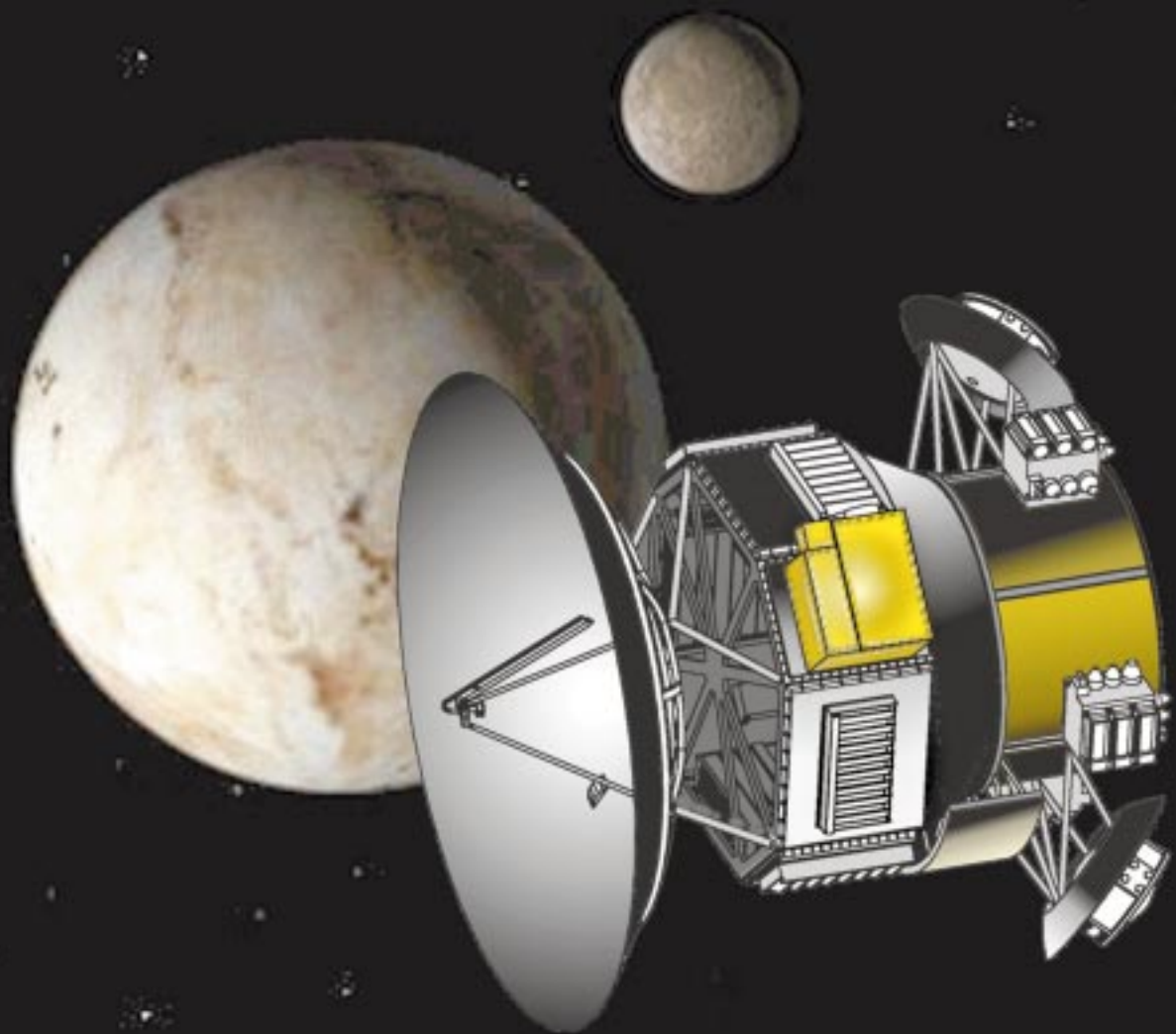
Diameter • **2300 kilometer**

Massa • **1,3 x 10²² kg** (0,002 keer de massa van de aarde)

Ontsappingsnelheid • **1,2 km/s**

Gemiddelde dichtheid • **2030 kg/m³**

Temperatuur • **'s nachts gemiddeld -223°C**



Pluto bestaat waarschijnlijk voor een groot deel uit ijs. De Zon is er slechts een lichtpunt in een donkere hemel, een heldere ster die wel licht geeft, maar nauwelijks warmte. Pluto heeft een ijle atmosfeer en een natuurlijke satelliet, *Charon*. Met zijn diameter van 1200 kilometer is Charon niet zo veel kleiner dan Pluto zelf, vandaar dat wel eens gesproken wordt over de 'dubbelplaneet' Pluto-Charon.

Pluto-Kuiper-Express (VS)

De NASA overweegt een of mogelijk twee sondes naar Pluto en de Kuipergordel te sturen. Het zogeheten Pluto-Kuiper-Express-project verkeert evenwel nog maar in het stadium van (gevorderde) voorstudies; er is nog geen budget goedgekeurd om het ook uit te voeren. Maar de kansen lijken vrij gunstig.

De grote moeilijkheid bij een reis naar Pluto is de enorme afstand. Met de huidige

technologie duurt zo'n reis minstens acht jaar, als tenminste gekozen wordt voor een zuinig (en dus betaalbaar) traject waar niet te veel brandstof voor nodig is, en een niet al te grote raket voor de lancering. Radiosignalen zijn meer dan vier uur onderweg van Pluto naar de aarde. Door de geringe kracht van het zonlicht in de buurt van Pluto kan een verkenner niet werken met zonnepanelen. Sondes moeten er van energie voorzien worden door radioactief-vervalbatterijen of RTG's (radio-isotoop thermoelektrische generatoren). Voor de Pluto-Kuiper-Express wordt overwogen om gebruik te maken van reserve-RTG's die zijn overgebleven van het Cassini-project.

De Pluto-Kuiper-Express zou vertrekken op 18 december 2004 en aankomen in 2012. De ontwerpers zouden graag twee identieke sondes naar Pluto sturen, maar het lijkt onwaarschijnlijk dat daarvoor geld gevonden zal worden. De lancering zou ofwel met een

Delta-raket gebeuren ofwel vanuit het laadruim van een ruimtepeddel. In juni 2006 zou de Pluto-Kuiper-Express voorbij Jupiter vliegen om dankzij de zwaartekracht van die reuzenplaneet voldoende snelheid te halen om Pluto te bereiken. Wordt de kans gemist om de sonde in 2004 te lanceren, dan wordt het project aanzienlijk moeilijker. Jupiter staat nadien immers minder gunstig om de sonde richting Pluto te slingeren. De verkenner zou dan met een krachtiger (en duurder) raket moeten vertrekken. Ofwel zou het project tien jaar moeten worden uitgesteld, en dan zou de verkenner pas in het vierde decennium van de volgende eeuw aankomen.

De Pluto-Kuiper-Express wordt een kleiner-beter-goedkoper-project en mag niet meer dan twaalf miljard frank kosten. De twee identieke ruimtesondes zullen elk minder dan honderd kilogram wegen (waarvan zeven kilogram instrumenten). De verkenners

worden alleen voorzien van de hoogstnodige instrumenten: een kleurencamera en twee spectrometers (infrarood en ultraviolet) om de samenstelling van de bodem en de atmosfeer te bepalen.

Het ontwerp van de sondes is zeer eenvoudig. Ze hebben geen uitklapbare onderdelen. Alle instrumenten, ook de camera's, zijn vast gemonteerd. Het opvallendste onderdeel is de anderhalve meter grote schotelantenne voor het contact met de aarde. De boordcomputer is een eenvoudige maar moderne RISC-machine (Reduced Instruction Set Computer), voorzien van 400 megabyte opslagruimte om meetgegevens te stockeren.

Wanneer ze bij Pluto aankomen, remmen de sondes niet af om in een baan rond de planeet te komen. De brandstof die daarvoor nodig is, zou de ruimtetuigen veel te zwaar en te duur maken. Dus schieten ze het doelwit van hun decennium-lange reis in enkele minuten voorbij. Met een snelheid van 17 tot 18 kilometer per seconde vliegen ze op korte afstand (ongeveer 15000 kilometer) voorbij Pluto en zijn maan Charon, volop fotograferend en metend. De bedoeling is dat het oppervlak van de planeet gefotografeerd wordt met een resolutie van ongeveer 1 kilometer. In de atmosfeer van Pluto zal gezocht worden naar stikstof,

koolstofmonoxide, methaan en andere gassen. In de paar minuten van de snelle passage zullen de meetgegevens in de boordcomputer opgeslagen worden. Ze worden nadien doorgestuurd naar de aarde, een proces dat meerdere maanden zal duren. Nadat hij Pluto gepasseerd is, kan de Pluto-Kuiper-Express nog verder vliegen, naar één of eventueel meerdere van de objecten in de Kuipergordel, om die aan hetzelfde soort onderzoek te onderwerpen.

Om het risico te verminderen dat door een stom toeval een defect net in die paar minuten het hele project verknalt, zouden de ontwerpers graag twee identieke sondes naar Pluto sturen. Hun aankomst, met een tussentijd van enkele maanden, zou dan zo getimed worden dat ze elk een andere zijde van Pluto overvliegen. Als de sondes allebei functioneren, krijgen we zo een kaart van de hele planeet.

Behalve de stand van de planeet Jupiter, is er nog een tweede reden om haast te maken met de Pluto-Kuiper-Express. Pluto beweegt zich momenteel weg van de Zon zodat het er geleidelijk kouder wordt. Naar verwachting zullen daardoor de ijle gassen van Pluto's atmosfeer condenseren op het oppervlak, zodat er binnen enkele decennia wellicht nauwelijks nog een atmosfeer overblijft.



Dossier De toekomst van de verkenning van het zonnestelsel

Rond de Zon draaien niet alleen de bekende planeten. Er zijn ook miljoenen kleinere objecten: de planetoïden (of asteroïden of 'kleine planeten') en de kometen.

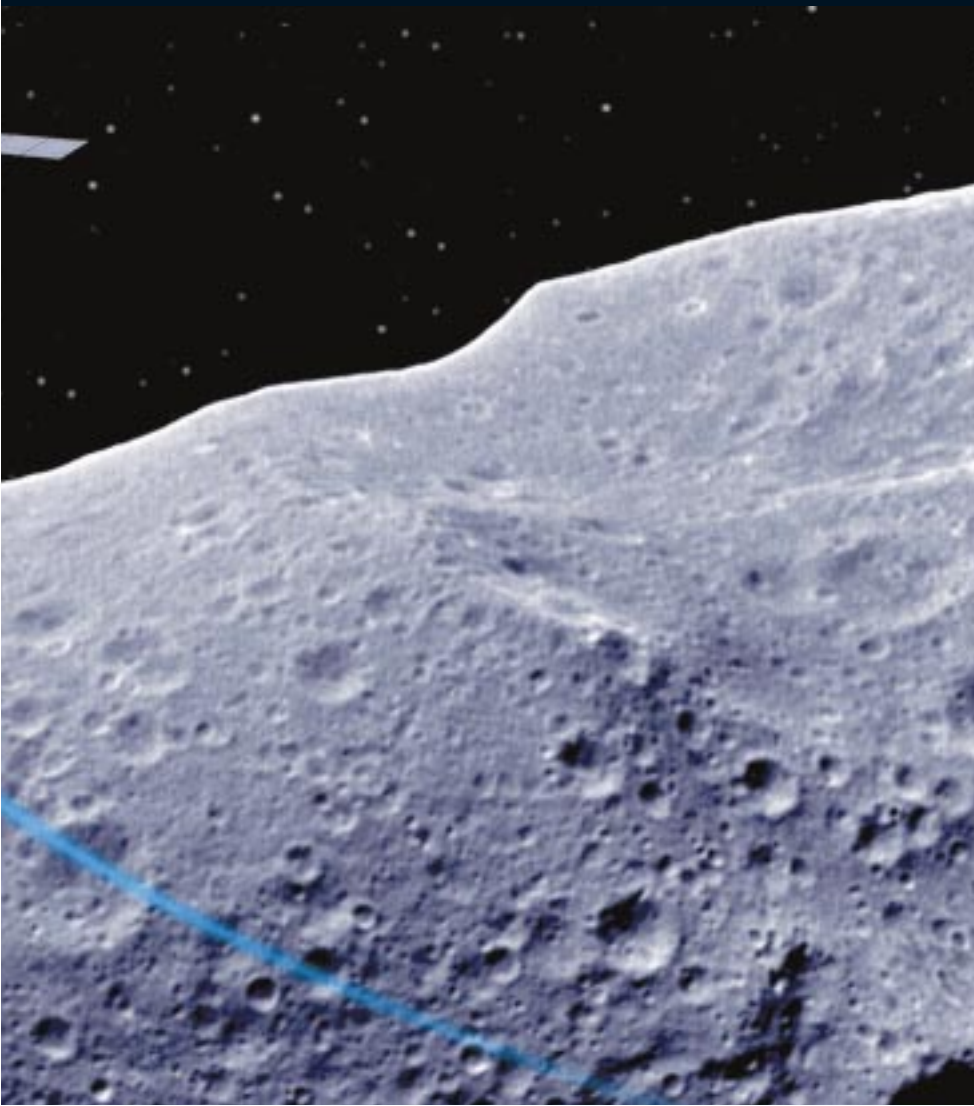
Planetoïden en kometen

← Deep Space 1 ontmoet de asteroïde 9969 Braille (NASA-JPL)

Planetoïden zijn overwegend rotsachtige lichamen die in planeetachtige (niet te excentrische, of anders gezegd, ongeveer cirkelvormige) banen rond de Zon draaien. De meeste planetoïden bevinden zich tussen Mars en Jupiter, maar ze komen voor in alle delen van het zonnestelsel. Kometen draaien in zeer langgerekte (excentrische) banen die ze van dicht bij tot ver van de Zon voeren. Ze bestaan voor een groot deel uit ijs (ze worden soms omschreven als 'vuile sneeuwballen' of 'ijsbergen'). Telkens wanneer een komeet in de buurt van de Zon komt verdampst een deel van het ijs en vormt zich een grote wolk van gas en stof rond de ijsberg. Die ijsberg wordt dan omschreven als de 'kern' van de komeet; de wolk die de kern omgeeft heet de 'coma'. Wanneer de Zon de gassen uit de coma van zich weg blaast, vormt zich de langgerekte 'staart' waar kometen bekend om zijn.

Het onderscheid tussen planetoïden en kometen is niet altijd zo scherp afgelijnd. In werkelijkheid bestaan er ook randgevallen, bijvoorbeeld objecten in planetoïde-achtige banen die een zekere komeetachtige activiteit vertonen (vorming van een gas- en stofwolk door de zonnearmte), en planetoïden in komeetachtige banen.

In feite zijn planetoïden en kometen nauw familie van elkaar. Beide zijn overblijfselen van de vorming van het zonnestelsel. Rond de jonge Zon cirkelden toen miljarden 'planetesimalen', enkele kilometer grote 'bouwstenen' waaruit later de planeten



zouden opgebouwd worden. Dicht bij de zon bestonden de planetesimalen overwegend uit gesteente, in de koude gebieden ver van de zon vooral uit ijs. Vele planetesimalen zijn opgenomen in de planeten, maar een deel ervan heeft het tot vandaag overleefd. In de zone tussen Mars en Jupiter kon zich door Jupiters gravitatie geen planeet vormen, en bleven de planetesimalen over die nadien planetoïden gingen heten. In de zone waar zich de reuzenplaneten vormden, werden vele planetesimalen door de zwaartekracht van de reuzenplaneten ver weg geslingerd, in banen die ze ver van de Zon brachten. Sommige zijn nu in banen terechtgekomen die ze af en toe in onze buurt brengen. Dat zijn de kometen. Ook voorbij Neptunus zijn er planetesimalen overgebleven, in de zogeheten Kuiper gordel (zie hoger).

Vooraf de kometen zijn interessant omdat ze waarschijnlijk redelijk goed bewaarde oorspronkelijke bouwstenen van het zonnestelsel zijn. In planeten heeft het oorspronkelijke bouw materiaal te veel complexe geologische processen ondergaan om nog herkenbaar te zijn. Ook in de grootste planetoïden is dat in zekere mate het geval. De planetoïden hebben in de afgelopen miljarden jaren ook vele onderlinge botsingen ondergaan. Er zijn tot dusver relatief weinig missies naar planetoïden en kometen geweest. De bekendste zijn de Europese *Giotto*, die in 1986 voorbij de komeet Halley vloog, de Amerikaanse *Galileo* die op weg naar Jupiter langs twee planetoïden passeerde, en de Amerikaanse *Near* die de planetoïde Eros bezocht. Er staat een hele reeks nieuwe missies op stapel, en er zijn al enkele ruimtesondes onderweg naar kometen of planetoïden.

Deep Space 1 (VS)

Deep Space 1 (DS 1) is een onbemande sonde die voornamelijk bedoeld is om nieuwe technologie uit te testen, onder meer een ionenmotor (dat is een 'elektrische'

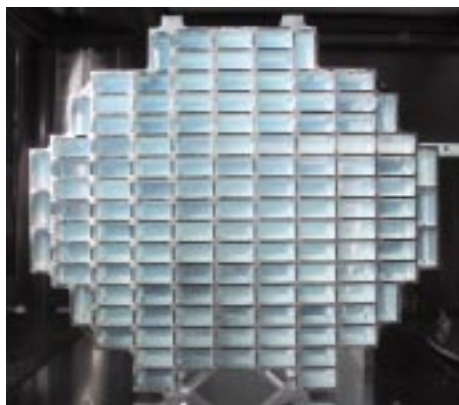
raketmotor die werkt door in een elektrisch veld ionen te versnellen en vervolgens uit te stoten), nieuwsoortige zonnecellen en een "artificieel intelligente" boordcomputer. In juli 1999 bracht Deep Space 1 al een bezoek aan de planetoïde 1992KD, en de NASA overweegt om de sonde, als het budget het toelaat, in januari 2001 langs komeet Wilson-Harrington te laten vliegen, en in september 2001 langs komeet Borelly.

Stardust (VS)

Stardust moet monsters nemen van de gas- en stofwolk (coma) rond een komeet en die mee terug brengen naar de aarde. De sonde is op 7 februari 1997 gelanceerd, op weg naar komeet Wild 2. Op 2 januari 2002 zal Stardust met een snelheid van 6,1 kilometer per seconde doorheen de coma van de komeet vliegen. De sonde ontplooit een apparaat in de vorm van een tennisracket dat stofdeeltjes uit de coma moet invangen, met de hulp van 'aerogel', een zeer poreus materiaal waar de stofdeeltjes in blijven vastzitten. Na de passage langs de komeet wordt de vangnet met het stof opgeborgen in een speciale capsule aan boord van Stardust. Op 15 januari 2006 keert die capsule terug naar de aarde. Tijdens de afdaling aan een parachute, zal de capsule door een vliegtuig uit de lucht worden geplukt.

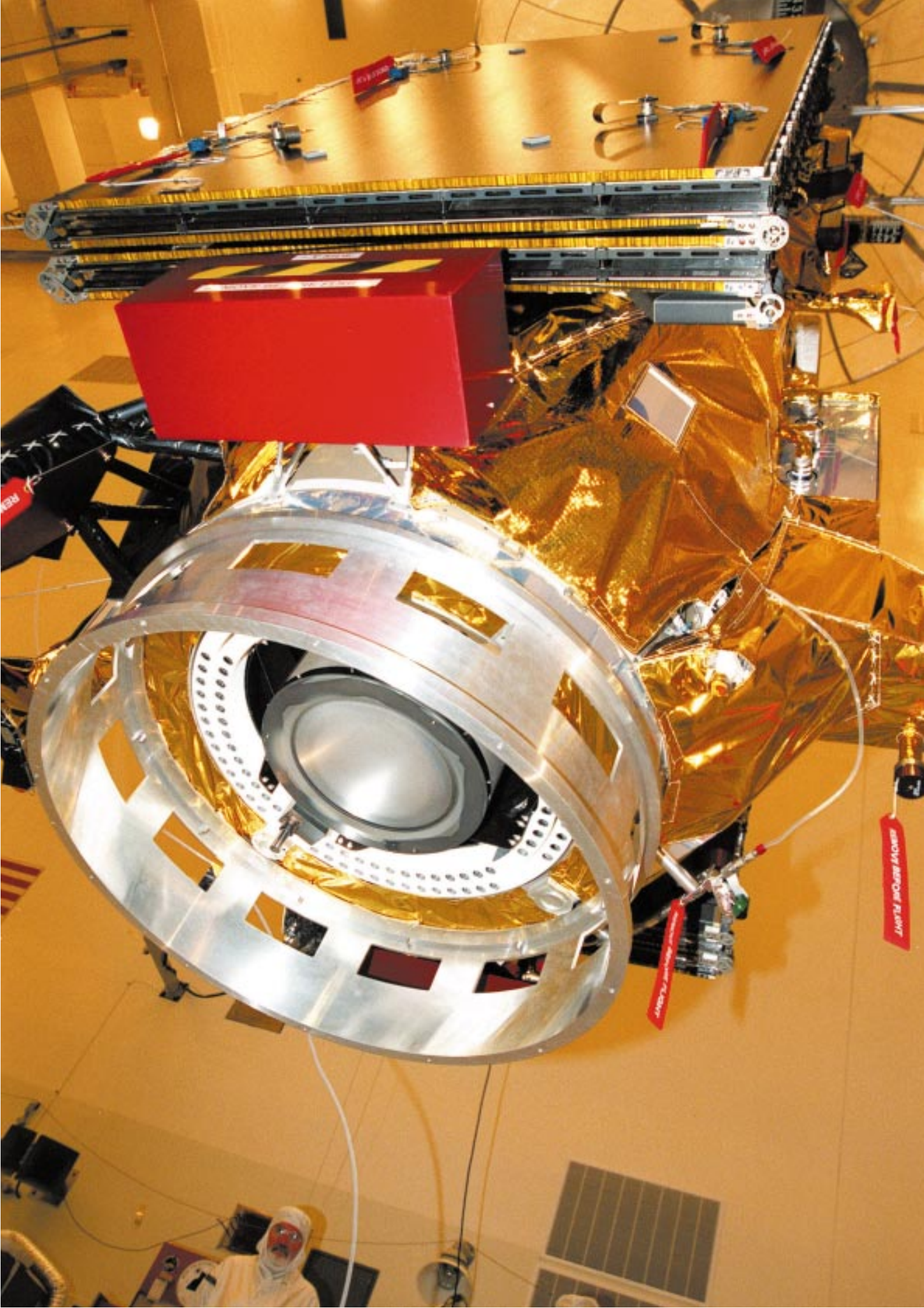
NEAP (VS)

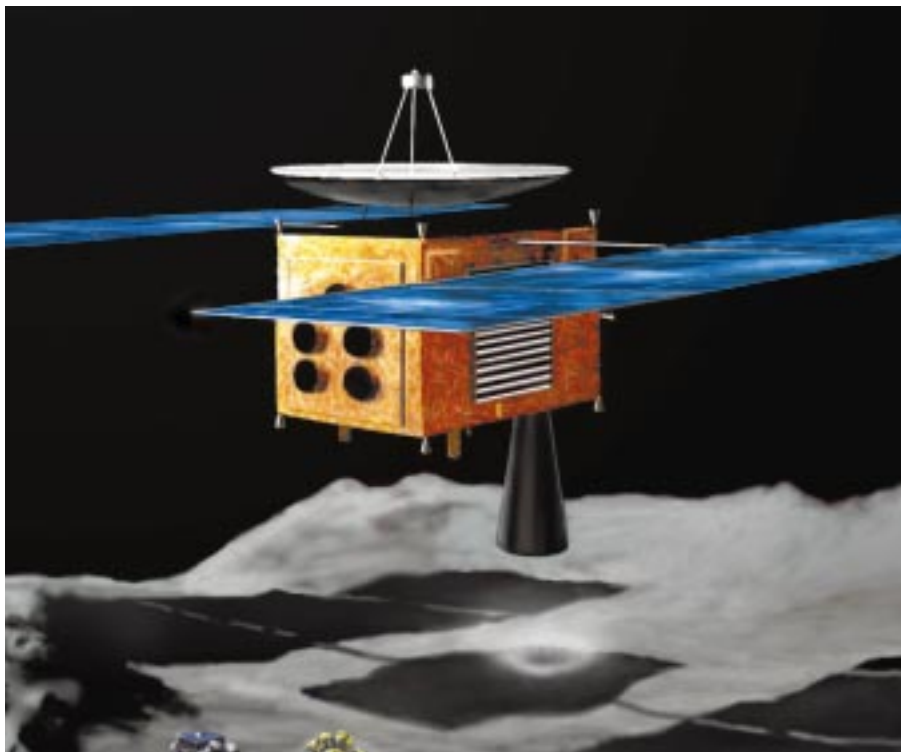
NEAP (Near Earth Asteroid Prospector) is een onbemande verkenningsmissie naar een planetoïde die is opgezet door een privé-bedrijf, *SpaceDev*. NEAP moet in april 2001 vertrekken naar de planetoïde Nereus en er in januari 2002 langsvliegen. De financiële status van het project is evenwel onzeker. *SpaceDev* hoopt geld te verdienen aan het project door ruimte aan boord van NEAP te verkopen aan wetenschappelijke instituten en universiteiten. De prijzen gaan van tien tot vijftien miljoen dollar.



↑ De "dust collector" van de Stardust-sonde met daarin de aerogel (NASA-JPL)

→ De ionenmotor van Deep Space 1 (NASA-JPL)





onderweg passeren langs twee planetoïden. De naam van het project verwijst naar de 'steen van Rosette', een archeologische vondst die de sleutel leverde tot het ontcijferen van het Egyptische hiërogliefenschrift. ESA hoopt dat Rosetta op dezelfde manier ons begrip van kometen en van het ontstaan van het zonnestelsel vooruit helpt.

De lancering met een Ariane 5 is voorzien voor 21 januari 2003. Rosetta vliegt eerst langs Mars en vervolgens langs de aarde, om van de zwaartekracht van die planeten gebruik te maken om snelheid te winnen. Op 10 juli 2006 passeert Rosetta op duizend kilometer van planetoïde *Otawara*. Daarna volgt weer een passage langs de aarde gevolgd door een passage langs planetoïde *Siwa* op 23 juli 2008. In augustus 2011 arriveert Rosetta eindelijk bij Wirtanen.

Muses-C (Japan)

Muses-C moet een bodemmonster van een planetoïde naar de aarde terugbrengen. De lancering staat op het programma voor 2002; bestemming van de reis is de planetoïde *1989ML* (eerst was net als bij NEAP Nereus het doel maar daar is van afgestapt). Muses-C zal de planetoïde eerst vanop een afstand van twintig kilometer observeren en vervolgens een reeks zachte landingen maken en op drie plaatsen bodemmonsters van enkele grammen nemen. Tegelijk wordt ook een Amerikaans robotwagentje uitgezet dat (op aarde) slechts 1 kilogram weegt maar toch een camera en twee spectrometers bevat om de chemische samenstelling van de bodem te onderzoeken. In 2006 of 2008 moet de capsule met de bodemmonsters terugkeren op aarde. Muses-C zal worden aangedreven door een ionenmotor zoals Deep Space 1.

CONTOUR (VS)

De *Comet Nucleus Tour (CONTOUR)* moet langs drie kometen vliegen en wordt op

4 juli 2002 gelanceerd met een Delta-raket. Ze ontmoet op 12 november 2003 komeet Encke, op 18 juni 2006 komeet Schwassmann-Wachmann en op 16 augustus 2008 komeet d'Arrest. Mogelijk wordt CONTOUR nadien nog naar een vierde komeet gestuurd, wellicht zelfs een komeet die pas tijdens de ruimtevlucht ontdekt is. Om de kometen te bestuderen is CONTOUR uitgerust met een gecombineerde camera-spectrograaf, een tweede camera, een instrument om stof van de kometen te analyseren en een massaspectrometer om de chemische samenstelling te onderzoeken van het komeetmateriaal waar hij doorheen vliegt. Met de camera's moeten de kometen in kaart gebracht worden met een resolutie van vier meter.

Rosetta (ESA)

Rosetta is de derde 'hoeksteen' van het wetenschappelijke programma van de ESA. Rosetta zal veruit het grondigste onderzoek van een komeet uitvoeren dat ooit gebeurd is. De ruimtesonde moet een landing uitvoeren op komeet *Wirtanen*, en zal

Eerst zal de onbemande verkenners enkele maanden in de nabijheid van de slechts één kilometer grote komeetkern blijven zweven, geleidelijk dichterbij komend en zijn snelheid aanpassend aan die van de komeet. In mei 2012 wordt Rosetta in een omloopbaan rond de komeetkern gebracht, op een afstand van ongeveer twee kilometer. Nadat de komeetkern volledig in kaart is gebracht, worden vijf gebieden geselecteerd voor een grondiger studie vanop kleinere afstand. Vervolgens wordt een landingsplaats gekozen. Rosetta zal een landingssonde afstoten, die een zachte landing maakt op het oppervlak van de komeetkern. De lander zal een maand lang meetresultaten doorzenden naar het Rosetta-moederschip, dat ze vervolgens doorgeeft naar de aarde. Rosetta moet twee jaar in een baan rond Wirtanen blijven draaien.

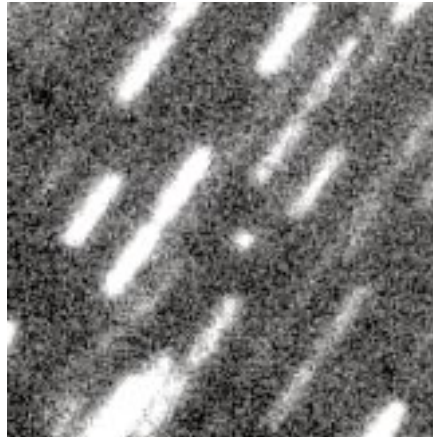
Wanneer Rosetta bij Wirtanen aankomt, bevindt de komeet zich nog vrij ver van de Zon en verkeert ze door de koude in een 'slapende' toestand. Maar terwijl Rosetta de komeet onderzoekt, nadert die de Zon, en

begint er door de zonnestraling gas van de komeetkern te verdampen. Het zal de eerste keer zijn dat dit proces in detail en van nabij bestudeerd kan worden.

Rosetta meet 2,8 m x 2,1 m x 2,0 m en weegt zonder brandstof 1300 kilogram. De sonde is voorzien van 32 meter lange zonnepanelen die 850 watt elektriciteit leveren. Een twee meter grote schotelantenne dient voor de communicatie met de aarde. Er is bij het vertrek 1578 kilogram chemische brandstof aan boord, die noodzakelijk is voor de baanmanoeuvres onderweg en bij het benaderen van de komeet.

De Rosetta-orbiter (moederschip) bevat een camera, een spectrometer voor zichtbaar licht en infrarood, een gas- en ionenmassa-spectrometer, een stof-analysator, een apparaat om de hoeveelheid en de massa van het komeetstof te meten, een ultraviolet-spectrometer, een microgolfspectrometer, een gaschromatograaf, twee radio-experimenten, een 'atomic force' microscoop om stofdeeltjes van de komeet te bestuderen en een instrument om plasma in de omgeving van de komeet te bestuderen.

De honderd kilogram zware lander zal zich met een harpoen vasthechten aan het oppervlak van de komeet (door de geringe zwaartekracht zou het geringste stootje anders volstaan om weer van de komeet weg te zweven). Ook de lander bevat een indrukwekkende reeks meetinstrumenten, vooral diverse soorten spectrometers om de samenstelling van de komeetkern te onderzoeken. Verder zullen onder meer trillingen of "aardbevingen" op de komeet gemeten worden, de magnetische en elektrische



← Opname van de komeet Wirtanen gemaakt door de VLT-telescoop KUEYEN en de VLT-testcamera (ESO)

← ← Muses-C bij Nereus (ISAS)

eigenschappen van de bodem, de poreusheid, de dichtheid, de sterkte en de thermische eigenschappen van de bodem. De lander zal bodemmonsters nemen tot op twintig centimeter diepte.

Deep Impact (VS)

Deep Impact is de meest agressieve van de geplande onbemande missies naar kometen. Het apparaat zal een vijfhonderd kilogram zwaar koperen projectiel afvuren op komeet *Tempel 1*. Het projectiel zal met een snelheid van tien kilometer per seconde inslaan op de komeet en daarbij een krater slaan van honderd meter diameter en twintig meter diepte. De explosie zal vanop de aarde te zien zijn. De ruimtesonde zal vervolgens doorheen de bij de explosie opgeworpen stofwolk vliegen, om de samenstelling ervan te bestuderen. De sonde nadert de gehavende komeetkern tot op 700 kilometer. De lancering moet plaatsvinden op 1 januari 2004. Op 3 juli 2005 wordt het projectiel afgeschoten. Het treft de komeet een dag later.



Dossier De toekomst van de verkenning van het zonnestelsel

Behalve de tot dusver besproken plannen, die allemaal reeds vrij concreet zijn, wordt er in de verschillende ruimtevaartorganisaties ook gewerkt aan ideeën voor een wat verdere toekomst. Het zijn plannen die nog maar in het stadium van de (soms prille) voorstudie verkeren, en waarvoor er voorlopig nog geen concrete financiering bestaat (al kan dat natuurlijk snel veranderen). Hierna volgt een kort overzicht van de interessantste ideeën voor interplanetaire (of zelfs verdere) verkenningsvluchten ná de generatie waar momenteel aan gewerkt wordt.

Een blik in de verdere toekomst

Zowel in de Verenigde Staten als in Europa wordt gedacht aan "sample return" missies naar verscheidene planeten – na de Mars Sample Return die al op stapel staat. Bij een "sample return" missie worden bodemonsters naar de aarde gebracht. De ESA heeft al de mogelijkheid overwogen van een Mercurius sample return, maar voor het BepiColombo-project (dat zonder sample return al complex en ambitieus genoeg genoemd kan worden) is van die optie afgezien.

Ook voor Venus bestuderen de NASA en de ESA de mogelijkheid van een sample return missie. Venus is ietwat verwaarloosd in de huidige generatie planetaire verkenningsmissies. In het tweede decennium van de 21^{ste} eeuw zou een sonde er bodemonsters kunnen gaan ophalen – een opdracht die grote technische

moeilijkheden zou stellen, door de extreem hoge temperatuur, de verpletterende druk en de agressieve chemische samenstelling van de atmosfeer van Venus. Bovendien is het een grote planeet met een bijna even sterke zwaartekracht als de aarde, wat betekent dat er een krachtige raket nodig is om vanop het Venusoppervlak de ruimte te bereiken. Er wordt aan gedacht de capsule met het bodemonster eerst met een ballon tot op grote hoogte in de Venusatmosfeer te brengen, vanwaar een raket op vaste brandstof ze tot in de ruimte zou schieten.

Nadat er bodemonsters zijn genomen van Mars zelf, kunnen *Phobos* en *Deimos*, de twee kleine Marsmaantjes, aan de beurt komen. Het voorgestelde Amerikaanse project Aladdin

↑ Venus is ietwat verwaarloosd in de huidige generatie planetaire verkenningsmissies (NASA)

→ Hubble-opnamen van Neptunus (NASA-JPL)

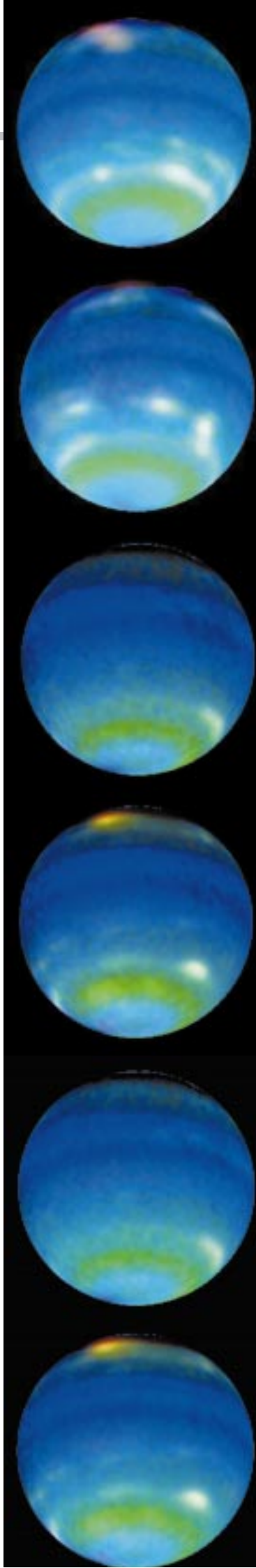
behelst het nemen en naar de aarde brengen van vier bodem-stalen, twee van elk maantje. Ook Rusland denkt aan een sample return missie naar Phobos. Deze sonde, ontworpen door het Keldysh Instituut in Moskou, zou worden aangedreven door een ionenmotor. Het is echter onwaarschijnlijk dat er geld voor gevonden wordt. Het logische vervolg voor de op stapel staande onbemande verkenningsmissies naar Mars, zou een bemande vlucht naar de planeet zijn. De NASA denkt zo'n reis in het beste geval al in 2014 te kunnen realiseren, al wordt het in de praktijk wellicht minstens enkele jaren later. Om het naar Mars te lanceren gewicht te beperken en zo kosten te besparen, zou de brandstof voor de terugkeer van de astronauten naar de aarde zo veel mogelijk op Mars zelf geproduceerd worden, uit chemische stoffen die daar in de atmosfeer en de bodem aanwezig zijn. Veiligheidshalve zou dat gebeuren door een onbemand automatisch fabriekje, vóór het vertrek van de astronauten. Pas als op Mars alles voor de terugkeer gereed is, zouden de astronauten naar de planeet vertrekken.

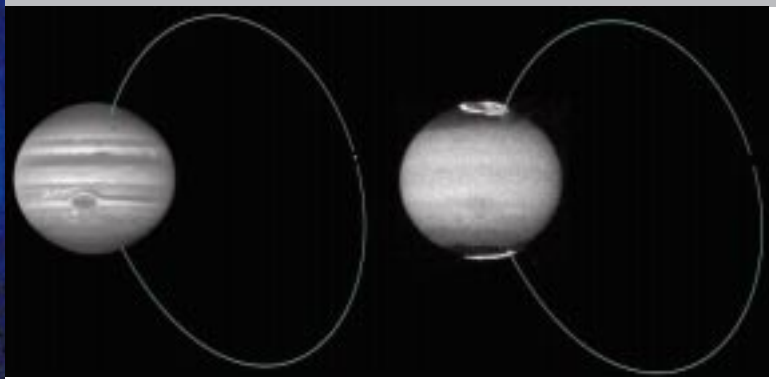
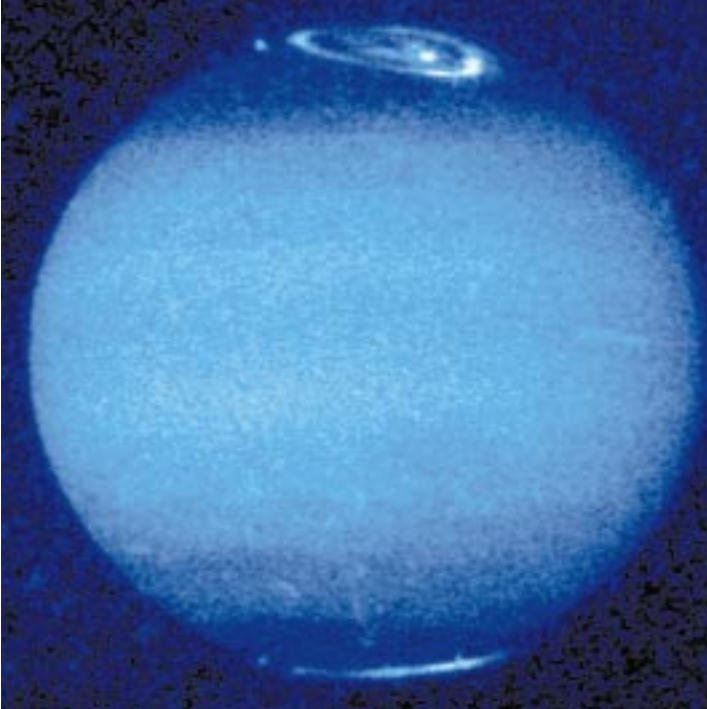
De verkenning van Jupiter zal de komende decennia waarschijnlijk vooral gericht zijn op de manen van de planeet, in het bijzonder Europa. Als de Europa Orbiter zoals verhoopt plaatsen vindt waar het ijs niet al te dik is, dan kan een reeks vervolgmisssies overwogen worden, met als einddoel: doorheen het ijs

dringen om in de oceaan eronder naar leven te speuren. Het project *Ice Clipper* zou vanuit de ruimte een projectiel afvuren op Europa, om een grote wolk puin en verdampt ijs op te werpen, waarvan een satelliet dan een monster kan nemen ter analyse. *Europa Ocean Observer* zou drie onbemande sondes laten landen op het oppervlak van Europa. Ze zouden voorzien zijn van seismometers. Door metingen van 'aardbevingen' op Europa, zou zo'n netwerk het inwendige van de Jupitermaan in kaart kunnen brengen. Als de sondes een harde landing maken op Europa, zouden ze daarbij ook al enkele meters in het ijs kunnen doordringen. Helemaal doorheen het ijs dringen, het einddoel, zou waarschijnlijk niet gebeuren door te boren. Dat is een te complexe onderneming voor een onbemande sonde. Gemakkelijker is een sonde bouwen die doorheen het ijs smelt, verwarmd door een (mogelijk nucleaire) inwendige warmtebron en door haar gewicht steeds dieper zinkend. De zeer stevig gebouwde zinkende sonde zou boven zich een kabel afrollen, voor de communicatie met het oppervlak en de aarde. Het water zou boven de sonde opnieuw vastvriezen, rond de communicatiekabel. Eenmaal doorheen het ijs gezakt, zou uit de sonde een kleine robotonderzeeër vrijkomen, die op verkenning gaat in Europa's oceaan. De sonde om door het ijs te smelten en de duikboot zouden, vóór ze arriveren, volkomen steriel gemaakt moeten worden, om te voorkomen dat

de oceaan van Europa besmet wordt met micro-organismen van de aarde. Wetenschappers hopen met deze soort technologie al enige ervaring op te doen bij de studie van het *Vostok*-meer op Antarctica. Dat is een meer van vloeibaar water dan zich onder drie kilometer dik ijs bevindt. De NASA overweegt er een kleine robot in te laten afdalen, vergelijkbaar met het toestel dat later naar Europa zou worden gestuurd.

De *Io Volcanic Observer* is voorgesteld om Io te bestuderen, de meest geologisch actieve van de vier Galileïsche manen van Jupiter. Io is weinig bestudeerd door Galileo, omdat de stralingsgordels rond Jupiter de omgeving van Io zeer schadelijk maken voor elektronische apparatuur. Om die reden is de studie van Io uitgesteld tot op het einde van de Galileo-missie. Eén passage langs Io, helemaal in het begin van de Galileo-missie, leverde door een defect geen bruikbare gegevens op. De *Io Volcanic Observer* is voorlopig nog niet meer dan een voorstel. Het apparaat zou een jaar lang een omloopbaan rond Io beschrijven, voornamelijk om het vulkanisme van de reuzenmaan te bestuderen. De kleine satelliet zou met een Delta-raket gelanceerd worden en Jupiter in twee jaar bereiken. Na aankomst in de buurt van Jupiter, zou de zwaartekracht van de Galileïsche satellieten gebruikt worden om te helpen de sonde in een baan rond Io te brengen. De sonde zou voorzien zijn van een visuele en een





↑ Hubble-opname van Jupiter (John T. Clarke, Gilda E. Ballester (University of Michigan), John Trauger, Robin Evans (Jet Propulsion Laboratory), NASA)

infraroodcamera en een ultravioletspectrometer. De elektronische boordinstrumenten zullen speciaal stralingsbestendig gemaakt moeten worden, nog veel meer dan dat voor de meeste ruimtesondes al het geval is.

De Saturnusverkenner *Cassini* zal zich op geen enkel moment in zijn lange missie dicht bij de ringen van Saturnus wagen. Om dat hiaat in de bestudering van de planeet op te vangen, wordt bij de NASA gedacht aan een sonde die speciaal gebouwd wordt om zich tot vlak bij of zelfs *in* de ringen te begeven, zodat de afzonderlijke kleine brokjes ijs die de ringen vormen, zichtbaar worden. Als een mogelijk vervolg van de *Huygens*-missie wordt in de Verenigde Staten gedacht aan een sonde om Titans atmosfeer grondiger en langduriger te bestuderen. De *Titan Biologic Explorer* zou een soort ballon zijn, die lang in de atmosfeer van Titan kan blijven zweven, meegesleept door de wind. Het apparaat zou gelanceerd worden met een Delta III-raket, en gebruik maken van een Saturnus-orbiter (mogelijk *Cassini*) als relais voor de

communicatie met de aarde. De *Titan Biologic Explorer* moet de atmosfeer van Titan chemisch analyseren, vooral speurend naar organische moleculen. Er zouden ook camera's en spectrometers aan boord zijn.

Voor het verkennen van de planeet Neptunus wordt bij de NASA gedacht aan een Neptunus-orbiter, die regelmatig langsheen Triton passeert, de grootste maan van Neptunus. Het toestel zou in zes tot zeven jaar naar Neptunus vliegen, aangedreven door een ionenmotor die door grote opblaasbare zonnecollectoren van energie voorzien wordt.

Niet alleen van planeten willen de ruimtevaartorganisaties stalen naar de aarde halen. Er wordt ook een sample return missie overwogen naar de kern van een komeet. Zowel de NASA als de ESA zijn dat al eerder van plan geweest, maar die plannen zijn tot dusver nooit kunnen doorgaan. In tegenstelling tot *Stardust*, die slechts stalen zal nemen van de stofwolk rond een komeetkern, zou bij een dergelijke missie tot enkele

meters diep in de komeetkern zelf geboord worden.

Eenmaal het zonnestelsel volledig verkend, is de onvermijdelijke volgende stap interstellaire ruimtevaart, de sprong naar de sterren. Er zijn al enkele door mensenhanden gebouwde toestellen op weg naar de sterren, nl. de Amerikaanse sondes *Pioneer 10*, *Pioneer 11*, *Voyager 1* en *Voyager 2*. Maar omdat die zo traag bewegen dat ze honderduizenden jaren nodig hebben om zelfs maar de dichtstbijzijnde sterren te bereiken, zijn het niet meer dan symbolische pogingen tot interstellaire ruimtevaart. In die symbolische categorie zit ook het commerciële project *Millennial Voyage* van het Amerikaanse bedrijfje Encounter 2001. Het bedrijf wil als secundaire lading van een Ariane 5 een kleine capsule lanceren, waarmee iedereen tegen betaling een klein DNA-staaltje kan meegeven. Voor vijftig dollar stuurt Encounter 2001 uw DNA (onttrokken aan een stukje van uw haar) naar de sterren.

Ernstiger is het NASA-project *Interstellar Probe*. Dat zou een

kleine sonde met meetinstrumenten zijn, die niet echt naar de sterren reist, maar toch al verder dan ooit tevoren doordringt in de interstellaire ruimte. Ze zou in ongeveer twintig jaar tot op een afstand van tweehonderd astronomische eenheden (dertig miljard kilometer) van de Zon moeten reizen. De snelheid van de Interstellar Probe moet minstens drie keer zo groot zijn als die van de *Voyager*-sondes. Over zijn aandrijving is nog geen beslissing genomen, maar er wordt onder meer gedacht aan *gravity assist*-manoeuvres met zeer nauwe passages langs Jupiter of de Zon, aan een door een kernreactor van energie voorziene ionenmotor, aan een zonnezeil, en aan de nieuwsoortige *mini-magneto-sferische plasma propulsie*, die gebruik maakt van magnetische velden en van de zonnewind. De sonde moet de uiterst ijle materie in de interstellaire ruimte gaan bestuderen, en zal op weg daarheen ook informatie doorsturen over de 'heliopauze', de grens tussen de invloedssfeer van de Zon en de interstellaire ruimte.

Toekomstige mijlpalen in de verkenning van het zonnestelsel

(Projecten die zijn gemerkt met een vraagteken [?] hebben nog een enigszins onzeker tijdschema, of de financiering ervan is nog niet helemaal zeker.)

Jaar	Naam	Beschrijving
■ 2001	Mars Surveyor 2001 Orbiter	• lancering en aankomst bij Mars [?]
	NEAP	• lancering naar planetoïde Nereus [?]
	Mars Surveyor 2001 Lander	• lancering [?]
	Deep Space 1	• vliegt langs de kometen Wilson-Harrington en Borelly [?]
■ 2002	Muses-C	• lancering
	Stardust	• vliegt langs komeet Wild 2
	Contour	• lancering
	Mars Surveyor 2001 Lander	• aankomst op Mars [?]
	NEAP	• vliegt langs planetoïde Nereus [?]
■ 2003	Rosetta	• lancering
	Mars Surveyor 2003 (Sample Return)	• lancering en aankomst eerste landingssonde [?]
	Mars Express	• lancering en aankomst bij Mars
	Contour	• vliegt langs komeet Encke
	Mars Micromission 1	• lancering en aankomst bij Mars [?]
	Europa Orbiter	• lancering [?]
■ 2004	Nozomi	• arriveert bij Mars
	Deep Impact	• lancering
	Messenger	• lancering
	Cassini-Huygens	• aankomst bij Saturnus en Titan
	Pluto-Kuiper-Express	• lancering [?]
	■ 2005	Deep Impact
Planet-C (of Muses-D)	• vertrekt naar Mercurius [?]	
	Mars Surveyor 2005 (Sample Return)	• lancering tweede lander + eerste toestel om bodemmonsters op te halen [?]
■ 2006	Stardust	• keert terug op aarde met stalen van komeet Wild 2
	Contour	• vliegt langs komeet Schwassmann-Wachmann
	Rosetta	• passeert langs planetoïde Otawara
	Pluto-Kuiper-Express	• vliegt voorbij Jupiter [?]
■ 2007	Mars Sample Return	• lancering derde lander [?]
	Europa Orbiter	• aankomst bij Jupiter en Europa [?]
■ 2008	Messenger	• vliegt langs Mercurius
	Contour	• vliegt langs komeet d'Arrest
	Rosetta	• passeert langs planetoïde Siwa
	Mars Sample Return	• landing eerste bodemmonsters op aarde [?]
	Muses-C	• terugkeer op aarde met bodemmonster van planetoïde 1989ML [?]
	■ 2009	BepiColombo
	Messenger	• komt in een baan rond Mercurius
	Mars Sample Return	• lancering vierde lander + tweede toestel om bodemmonsters op te halen [?]
■ 2011	Rosetta	• arriveert bij komeet Wirtanen
	BepiColombo	• arriveert bij Mercurius [?]
■ 2012	Mars Sample Return	• landing tweede lading bodemmonsters op aarde [?]
	Pluto-Kuiper-Express	• vliegt voorbij Pluto [?]

Actualiteit

'Physics on stage' of een jaar vol boeiende natuurkunde

Sommigen wisten het al langer, voor anderen komt het wellicht als een verrassing: het gaat niet zo goed met de natuurkunde in Europa ! Studies tonen aan dat de kennis van zelfs elementaire natuurkundige begrippen dikwijls ontbreekt bij de burgers, maar dat ook de keuze van natuurkunde als studierichting in scholen en universiteiten op alarmerende wijze afneemt.



Drie Europese wetenschappelijke topinstellingen gaan samen de handen uit de mouwen steken om het tij te doen keren. Het zijn CERN (European Organisation for Nuclear Research), ESA (European Space Agency) en ESO (European Southern Observatory). Zij lanceerden op 1 maart het programma 'Physics on Stage', een groots opgezet initiatief om in de 22 deelnemende landen tot het einde van het jaar fysica in de schijnwerpers plaatsen. Doelgroepen zijn: de man en vrouw in de straat, de studerende jongeren en de leraars natuurkunde.

Basisgedachte van 'Physics on Stage' is dat onze samenleving er baat bij heeft om de belangstelling voor natuurkunde bij brede lagen van de bevolking levendig te houden. Ons dagelijks leven wordt in toenemende mate afhankelijk van complexe technologische hulpmiddelen; kennis is dus van belang om op een juiste manier te kunnen deelnemen aan beslissingsprocessen die zowel in de huiskamer als op beleidsniveau aan bod komen. Een tekort aan natuurkundigen zou de verderzet-

ting van onze wetenschappelijke inzet op nationaal en internationaal vlak in gevaar brengen en dus ook de economische welvaart aantasten.

'Physics on Stage' bestaat uit 3 luiken:

- **tot november** worden nationale initiatieven genomen ter promotie van de natuurkunde naar de bevolking en het onderwijs toe. Men gaat op zoek naar innoverende en boeiende onderwijsvormen en naar nieuwe methoden om de natuurkunde op een begrijpbare en interessante manier in de huiskamer te brengen.
- **van 6-10 november** wordt in Genève een internationale bijeenkomst gehouden van afgevaardigden van de deelnemende landen. De nationale ervaringen zullen worden uitgewisseld en besproken. Deze week kadert in de 'European Week for Science and Technology 2000' van de Europese Unie.
- **in november en december** wordt het hele gebeuren geëvalueerd en worden de concrete resultaten aan beleidsverantwoordelijken en

mensen op het terrein overgebracht. Het lange termijn werk kan dan beginnen...

Practisch werkt 'Physics on Stage' met nationale stuurgroepen in de diverse landen die het eerste luik organiseren en het 'big event' in november voorbereiden. Dit betekent concreet voor België:

- Inventariseren van informatieve en educatieve initiatieven op het gebied van de natuurkunde die permanent of tijdelijk dit jaar in ons land worden georganiseerd. Informatie hierover wordt verzameld op de Belgische 'Physics on Stage' website: <http://numat.rug.ac.be/pos> en wordt verspreid via de media.
- Organisatoren van dergelijke evenementen aansporen gerichte initiatieven te nemen (we denken aan wetenschappelijke instellingen, bedrijven, musea, enz.)
- Aansporen van wetenschapsjournalisten om ruchtbaarheid te geven aan 'Physics on Stage'.
- Opsporen en bevorderen van vernieuwende methoden voor vulgarisering en onderwijs van natuurkunde.
- Selectie van een aantal nieuwe educatieve initiatieven om voorgesteld te worden op de 'happening' in Genève in november. Financiering van de kosten voor deelname is voorzien.

De Belgisch 'Physics on Stage' stuurgroep roept belangstellenden op mee te helpen de hierboven opgesomde punten te realiseren.

U kunt ons bereiken op het e-mail adres petra.rudolf@fundp.ac.be en op de website: <http://numat.rug.ac.be/pos>. De internationale 'Physics on Stage' website is <http://www.estec.esa.nl/outreach/pos>.

Door Werner Verschuieren, Dienst Ruimteonderzoek en -Toepassingen van de DWTC en lid van de Belgische Physics on Stage stuurgroep als vertegenwoordiger van de DWTC

Hubble ruimtetelescoop is terug "beter dan nieuw"

Na de reparatiewerkzaamheden tijdens vlucht *STS 103* van de spaceshuttle *Discovery* in december is de *Hubble Space Telescope (HST)* terug volkomen operationeel en de beelden die het naar de aarde doorstuurt lijken beter dan ooit. Op 13 november vorig jaar was een vierde gyroscoop van de telescoop uitgevallen waardoor geen wetenschappelijke waarnemingen meer uitgevoerd konden worden. Tijdens de *Discovery*vlucht werden de zes gyroscopen vervangen en een nieuwe computer en andere elektronische apparatuur geïnstalleerd.

"Hubble is nu terug beter dan nieuw", zegt men bij de NASA. "Na een hiaat van twee maanden is het voor iedereen een enorme stimulans om Hubble terug actief te zien." De HST is een samenwerkingsprogramma tussen de NASA en ESA.

De Hubble Space Telescope na herstellingen in december 1999. Tussen de telescoop en de zonnepanelen is een dunne streep van de atmosfeer van de aarde te zien (NASA)



België deelnemer aan *Vegetation 2*

Het *Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek (VITO)* in Mol zal een belangrijke rol spelen bij het project *Vegetation 2*, bedoeld voor de analyse van de ecosystemen op onze planeet. Op 21 december werd daarvoor een samenwerkingsakkoord ondertekend tussen Frankrijk, België en Zweden. Het VITO zal de gegevens verwerken die via het grondstation *Kiruna* in Zweden worden opgevangen. België werkt voor 7,5% mee aan het programma dat 1,062 miljard frank kost. <http://www.vgt.vito.be>

Overstromingen in Mozambique, opname van 28 februari 2000 (CNES)



Succesvolle missie van *Fluidpac*

Op 9 september vorig jaar werd met een Russische Sojoez-raket een nieuwe *Foton*-capsule gelanceerd. Aan boord van de *Foton* bevond zich de *Fluidpac*-apparatuur, een labo voor onderzoek naar vloeistoffen in microzwaartekracht. *Fluidpac* of *Fluid Physics Facility* werd voor de ESA voor een bedrag van 521 miljoen frank gebouwd en ontworpen door een Europees consortium geleid door *Verhaert Design and Development* in Kruikeke. De ontwikkeling van *Fluidpac* duurde 6 jaar. Met *Fluidpac* kunnen temperaturen met een nauwkeurigheid van 1/100°C geregeld worden. Dat is helemaal niet zo vanzelfsprekend in "kosmische" omstandigheden waarbij

slechts weinig energie mag worden gebruikt met geruisloze en trillingsvrije pompen. De experimenten in *Fluidpac* kunnen volledig automatisch gebeuren.

Tijdens de *Foton*-missie werden Belgische, Italiaanse en Duitse experimenten uitgevoerd. Het Belgische experiment was afkomstig van professor Legros van de ULB. Via een *telescience unit* kunnen geleerden overigens hun proeven vanop de grond volgen en indien nodig bijsturen. Eén experiment presteerde wat minder dan verwacht maar met *Fluidpac* zelf ging alles prima. *Fluidpac* moet nog twee andere vluchten maken.

Actualiteit

ESA en microzwaartekracht: 3600 hooggekwalificeerde jobs in Europa

On Station is de nieuwe nieuwsbrief van ESA die de vorige nieuwsbrieven *Microgravity News* en *Columbus Logbook* vervangt en informatie levert over alle microzwaartekrachtprojecten van de organisatie. Uiteraard gaat daarbij veel aandacht naar het *International Space Station (ISS)*, waaraan ESA en dus ook België een belangrijke bijdrage levert. Maar de Europese microzwaartekrachtactiviteiten gaan veel verder en omvatten ook proeven aan boord van de Amerikaanse spaceshuttle, de Russische Foton-capsules en eigen Europese sonderaketten. Verder zijn er ook parabolische vluchten en

De Europese module Columbus Orbital Facility (COF) wordt rond 2002 aan het International Space Station vastgekoppeld (NASA)



proeven met valtorens voor korte experimenten in microzwaartekracht.

In zijn voorwoord zegt Jörg Feustel-Büechl, directeur van het ESA-programma voor bemande ruimtevluchten en microzwaartekracht dat er momenteel meer dan 20 microzwaartekrachtprojecten lopen. "Ze variëren van het Columbus-laboratorium over het Automated Transfer Vehicle en de Europese bijdrage in het Crew Return Vehicle (CRV) tot het gebruik van het International Space Station, microzwaartekrachtfaciliteiten voor Columbus en de EMIR-programma's. Alles samen vertegenwoordigen ze een gemiddeld jaarlijks budget van bijna 500 miljoen euro, waarvan 85% bestaat uit contracten bij de Europese industrie. Ongeveer 3600 hooggekwalificeerde jobs in Europa zijn direct verbonden met deze programma's en projecten."

- *On Station* wordt vier keer per jaar gepubliceerd en is gratis verkrijgbaar op volgend adres *On Station*, ESA Publications Division/DG-P, ESTEC, Postbus 299, 2200 AG Noordwijk, Nederland. Hij is ook te raadplegen op de website esapub.esa.int/
- Het ESA Directorate of Manned Spaceflight & Microgravity is op internet terug te vinden op www.estec.esa.int/spaceflight

Minder kans op **catastrofale** inslag op de **aarde**

Volgens het tijdschrift *Nature* zouden er slechts ongeveer 700 grote *planetoïden* zijn die de aarde dicht kunnen naderen en door een inslag een wereldomvattende catastrofe kunnen veroorzaken. Dat is merkkelijk minder dan de 1000 tot 2000 exemplaren waarvan was gedacht dat ze regelmatig de baan van de aarde kruisen en waarbij een kans van 1% bestaat dat er één binnen de komende 1000 jaar de aarde raakt. Toch is het belangrijk dat we de hemel goed in de gaten blijven houden. Positief is dat de meeste van deze grote brokstukken met een diameter van 1 tot 10 km binnen de 20 jaar gekend zullen zijn. Maar er zijn nog massa's kleinere objecten die weliswaar geen bedreiging voor de aarde vormen maar toch steden zouden kunnen vernietigen. Vrij algemeen wordt aangenomen dat een inslag van een planetoïde op de aarde 65 miljoen jaar geleden de dinosaurussen van de aardbodem heeft geveegd.



John Glenn aan boord van de spaceshuttle Discovery (NASA)

Oudere mensen in de ruimte geen probleem

Tijdens zijn historische negen dagen durende tweede ruimtevlucht in 1998 was het John Glenn helemaal niet aan te zien dat hij 77 jaar was, aldus NASA-wetenschappers. Glenn pastte zich evengoed aan de omstandigheden in de ruimte aan als zijn collega's die maar half zo oud waren als hij. Zijn hart deed het zelfs beter dan het gemiddelde van 12 jongere astronauten. Het enige waarin Glenn zich onderscheidde van de andere ruimtevaarders was de grotere hoeveelheid voedsel die hij tot zich nam. Het is onduidelijk waarom dat precies het geval was. Maar verder is er blijkbaar geen enkele reden om gezonde oudere mensen geen ruimtevluchten te laten maken. Glenn moedigde de NASA intussen daartoe zelfs aan, maar voorlopig zijn er geen concrete plannen voor.

Glenn was in 1962 de eerste Amerikaan die een vlucht om de aarde maakte. 24 jaar lang was hij senator voor de staat Ohio en ging pas in 1998 op pensioen. En wat Glenn betreft... "Ik zou heel graag nog eens de ruimte ingaan".

Twintig jaar **Ariane**-lanceringsen gevierd met drie lanceringsen in 19 dagen!

De Europese lanceerraket Ariane kan terecht een Europees succesverhaal genoemd worden. Na een ontwikkelingsperiode van 6 jaar ging op 24 december 1979 de eerste Ariane-raket de ruimte in vanop de lanceerbasis Kourou in Frans Guyana. Ruim vier jaar later nam *Ariane-space* de uitbating van de Ariane over met het overweldigende en indertijd onverwachte commerciële succes als gevolg.

Twintig jaar later zijn al meer dan 125 raketten gelanceerd voor satellietoperatoren in heel de wereld en dit met een zeer hoog slaagpercentage (96,7% voor de Ariane 4 en 50 geslaagde lanceringsen op rij voor een Ariane 4). De Ariane 1 uit 1979 kreeg er in de loop der jaren verschillende broertjes bij en de vijfde telg lijkt het na een aarzelend begin even goed te zullen doen als zijn voorgangers.

Bij de eerste commerciële vlucht van een Ariane 5 op 10 december 1999 (met de lancering van de Europese wetenschappelijke satelliet XMM, zie Space Connection 30) verklaarde *Jean-Marie Luton*, hoofd van *Ariane-space*: "*Ariane 5 is nu een volledig operationele lanceerraket waarvan in 2000 vijf tot zes lanceringsen voorzien zijn. De meeste van deze raketten bevinden zich in het finale productie-stadium. In totaal zijn 32 Ariane 5-raketten bij de industrie besteld. We zullen verdergaan met de ontwikkeling van nieuwe versies van de Ariane 5 en willen vanaf 2002 acht exemplaren per jaar lanceren.*"

December 1999 was overigens een drukke maand voor de "ruimtehaven" Kourou. Ariane 5 vertrok amper 6 dagen (een nieuw record!) na vlucht 124 van een Ariane 4 op 3 december, waarbij de Franse militaire aardobservatiesa-

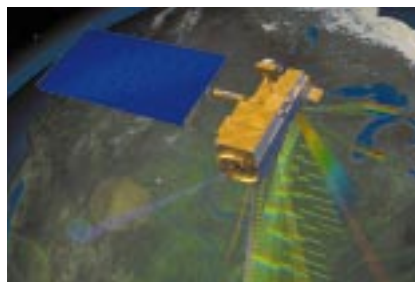
telliet *Helios 1B* en de technologische micro-satelliet *Clémentine* de ruimte ingingen. Op 22 december was het de beurt aan alweer een nieuwe Ariane 4 voor vlucht 125 met de telecommunicatiesatelliet *Galaxy 11* van uitbater *PanAmSat*.

Met een orderboek van ongeveer 40 satellieten ziet de toekomst er voor Ariane-space, ondanks de felle buitenlandse concurrentie, niet slecht uit. 1999 was een relatief zwak jaar maar volgens Luton is er een duidelijke heropleving van de markt voor satellietlanceringsen. De Ariane 4-raket zou nog tot 2002 in gebruik blijven om daarna het vaandel definitief aan de Ariane 5 door te geven. België heeft via de bedrijven *SABCA*, *ETCA* en *Techspace Aero* een gezamenlijke inbreng van 4,17 procent in Ariane-space.

Ariane-space op internet: www.arianespace.com

Eerste Earth Observing System-kunstmaan **Terra** gelanceerd

In december werd de eerste van drie belangrijke satellieten gelanceerd van het *Earth Observing System (EOS)*. De 5 ton wegende kunstmaan kreeg de toepasselijke naam *Terra* en werd gelanceerd vanop de basis Vandenberg in Californië. Het EOS-programma kost 300 miljard frank en moet nagaan hoe het klimaat op onze planeet ontstaat en welke rol de mens hierin speelt. Terra moet de volgende drie jaar het gezelschap krijgen van de satellieten *Aqua* en *Chem*. De satellieten kunnen tien jaar operationeel blijven maar momenteel zijn er slechts plannen voor waarnemingen tot 2006. Mogelijk wordt vanaf 2008 een nieuwe generatie aardobservatiesatellieten in



Terra (NASA)

een baan om de aarde gebracht met de lancering van een overgangsatelliet in 2005 of 2006. Door dit gebrek aan planning op lange termijn en de hoge kostprijs heeft EOS al heel wat kritiek moeten slikken. Sommige deskundigen pleiten voor een "internationale" strategie, waarbij ook de Europeanen een rol kunnen spelen.

Brazilië nog niet bij "selecte club"

Brazilië is er nog niet in geslaagd toe te treden tot de selecte club van landen die met eigen middelen een satelliet hebben gelanceerd (momenteel zijn dit de vroegere Sovjetunie, de Verenigde Staten, Frankrijk, Groot-Brittannië, Japan, China, de Europese ruimtevaartorganisatie ESA, India en Israël).

In december mislukte de lancering van de door Brazilië gebouwde VLS-raket op de basis Alcantara in het noorden van het land. De raket moest drie minuten na het vertrek vernietigd worden nadat de tweede trap niet was ontstoken. Daarop viel de VLS in de Atlantische Oceaan samen met een satelliet om de atmosfeer en het magnetisch veld van de aarde te bestuderen. Een eerste poging om een VLS te lanceren was in 1997 ook op een mislukking uitgelopen.

Actualiteit

Opleidingsinitiatieven voor Belgische op het gebied van ruimtewetenschappen

De lijst hierna geeft een overzicht van opleidingen, colloquia, cursussen en educatieve activiteiten die aan leerlingen, studenten of jonge gediplomeerden aangeboden worden op het gebied van de ruimtewetenschappen.

1. Programma's voor studenten en jonge gediplomeerden

European Center for Space Law (ECSL)

De jaarlijkse "Summer Course in Space Law and Policy" brengt Europese studenten (rechten, politieke wetenschappen, ...) samen en biedt een opleiding aan inzake ruimterecht en -beleid (met deelnamecertificaat).

De selectie gebeurt op aanbeveling van de eigen universiteit van de student. De inschrijvingskosten bedragen +/- 1000 FF (vervoer, verblijf en maaltijden inbegrepen). De cursus heeft gewoonlijk plaats gedurende **de eerste helft van de maand september**. De 2000-sessie zal plaatshebben in de universiteit van Keulen, Duitsland. Talen: Frans en Engels.

Contactinformatie:

Internet: <http://esapub.esrin.esa.it/ecsl/ecsl.htm>

Adres: ECSL c/o European Space Agency

8-10, rue Mario Nikis

75738 Paris Cédex 15 • France

• tel.: +33 (0)1 53 69 76 05

• fax: +33 (0)1 53 69 75 60

• e-mail: ecsl@hq.esa.fr

Summer School Alpbach

Het Oostenrijks Ruimtevaartagentschap (ASA) stelt een zomercursus voor getiteld "Extragalactic Astronomy and Cosmology from Space". Deze is bestemd voor postgraduaatstudenten en zal plaatshebben van **18 tot 27 juli 2000**. In principe wordt de financiering verzorgd door ESA. Taal: Engels (te bevestigen).

Informatie:

Internet: www.asaspace.at

Meer inlichtingen bij de DWTC (cfr. in fine).

International Astronautical Federation (IAF)

Elk jaar organiseert de IAF een beroemd *Internationaal Congres* met talrijke colloquia, conferenties en workshops over verschillende domeinen van de ruimtevaart. Gelijktijdig met het Congres vindt een reeks educatieve evenementen plaats, met name de "Manfred Lachs Moot Court Competition", georganiseerd door het International Institute for Space Law (IISL). Dit is ook een gelegenheid om beroepsmensen van alle landen te ontmoeten. Het 2000-IAF Congres zal plaatshebben in Rio de Janeiro, Brazilië, van **2 tot 6 oktober 2000**.

Bovendien stelt de IAA (International Academy of Astronautics) verschillende educatieve programma's voor. Taal: Engels.

Informatie: Internet: www.iafaastro.com

International Astronomical Union (IAU)

Deze organisatie stelt verschillende opleidingen in de ruimtewetenschappen voor.

Taal: Engels.

Informatie:

Internet: www.iau.org/edu.html

Space Generation Forum

Dit Forum heeft plaatsgehad ter gelegenheid van de Internationale Conferentie UNISPACE III, in Wenen, Oostenrijk, in juli 1999. Daarin werden studenten en jonge beroepsmensen uit de ruimtevaart bijeengebracht. De conclusies staan in het *Report of the Third United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space* dat beschikbaar is op Internet (www.un.or.at/OOSA/unisp-3).

Hoofdtal: Engels.

International Space University (ISU)

• *Zomersessie (SSP):*

Multidisciplinair programma (ruimtewetenschappen, -technieken, -beleid) gedurende 10 weken bestemd voor geïnteresseerde of ervaren gediplomeerden op dit gebied. De plaats verandert elk jaar (2000-sessie in Valparaíso, Chili - inschrijvingen zijn nu gesloten maar u kunt nu reeds informeren voor de sessie van volgend jaar). De selectie (max. 2 studenten) gebeurt op basis van een dossier en op officiële aanbeveling (door DWTC of ESA). De deelnemingskosten (+/- 70.000 FF) kunnen gedeeltelijk of volledig gefinancierd worden. Taal: Engels.

• *Academische sessie (MSS):*

Het "Master in Space Studies" is een multidisciplinaire opleiding bestemd voor universitair gediplomeerden. Dit programma wordt gegeven in de ISU-zetel in Straatsburg, Frankrijk, tijdens het academiejaar. Taal: Engels.

Informatie:

Internet: www.isunet.edu

Adressen: Jean-François MAYENCE

DWTC - Dienst Ruimteonderzoek en -toepassingen

Wetenschapsstraat, 8 • 1000 Brussel

• tel.: 02/ 238 35 17 • fax: 02/ 230 59 12

• e-mail: maye@belspo.be

International Space University

Strasbourg Central Campus

Parc d'Innovation

blvd. Gonthier d'Andernach

67400 Illkirch-Graffenstaden • Frankrijk

• tel.: +33 (0)3 88 65 54 30

• fax: +33 (0)3 88 65 54 47

studenten

2. Programma's voor leerlingen en studenten

US Space and Rocket Center

Jaarlijks nodigt het US Space and Rocket Center twee leerlingen uit (15 tot 18 jaar, bij voorkeur een jongen en een meisje), evenals een leraar of lerares. Gedurende een week krijgen ze een inleidende vorming over geavanceerde ruimte-wetenschappen en -technieken. De cursussen worden gegeven in Huntsville, Alabama, VS. De vervoerskosten en een tijdelijke ziekteverzekering zijn voor rekening van de deelnemer. De andere kosten worden gedragen door het US Space and Rocket Center.

De 2000-sessie zal plaatshebben **van 29 juli tot 4 augustus 2000**. De kandidaturen moeten gericht worden aan de DWTC en werden voor dit jaar reeds geselecteerd. Taal : Engels.

Informatie:

Internet: www.spacecamp.com

Adres: Jean-François MAYENCE

DWTC - Dienst Ruimteonderzoek en -toepassingen

Wetenschapsstraat, 8 • 1000 Brussel

• tel.: 02/ 238 35 17 • fax: 02/ 230 59 12

• e-mail: maye@belspo.be

International Astronomical Youth Camp

Dit Europees initiatief biedt aan 70 Europese jongeren (16 tot 24 jaar) de kans een scholing in astronomie te volgen. De 2000-sessie zal plaatsvinden **van 1 tot 22 augustus 2000**, in Montanúy, Spanje. De inschrijvingskosten bedragen 350 Euro (14.000 BEF). Het inschrijvingsformulier is beschikbaar op de website. Taal: Engels.

Informatie:

Internet: www.iayc.org

Adres: e-mail: Info@iayc.org

Voor alle verdere inlichtingen,

kunt u contact opnemen met:

Jean-François MAYENCE

DWTC - Dienst Ruimteonderzoek en -toepassingen

Wetenschapsstraat, 8 • 1000 Brussel

• tel.: 02/ 238 35 17 • fax: 02/ 230 59 12

• e-mail: maye@belspo.be

of surf naar de DWTC-website: www.belspo.be

Overeenkomst tussen **SAIT-RadioHolland** en ESA voor het berichtenverkeersysteem **per satelliet** LLMS

EUDIS, een onderneming behorend tot SAIT-RadioHolland, en ESA hebben zopas een overeenkomst ondertekend voor de exploitatie van het LLMS-systeem (Little-LEO Messaging System). In dit contract wordt LLMS verhuurd aan EUDIS evenals de exclusiviteit op de commerciële exploitatie ervan. SAIT-RadioHolland wordt bovendien de enige verantwoordelijke voor het verwerven en behouden van alle licenties en/of toelatingen die noodzakelijk zijn voor het opstarten en in dienst stellen van LLMS op wereldvlak. IRIS (Intercontinental Retrieval of Information via Satellite) is de commerciële naam voor de uitbating van het LLMS-systeem.

Dit is de eerste stap van een omvangrijk programma dat tot doel heeft een netwerk van zes satellieten te ontplooiën in een tijdspanne van drie jaar. Het betreft een project dat de ontwikkeling van de volgende satellietgeneratie onder de vorm van autonome microsattelieten ('Free Flyer') als doelstelling heeft. De lancering van de eerste microsatelliet is voorzien voor 2002, de volledige constellatie zal in 2003 in orbit zijn. Het systeem zal toepassingen aanbieden zowel voor de bewaking op afstand van vaste of mobiele installaties en uitrustingen als voor elektronisch berichtenverkeer. Naast de wereldwijde dekking kenmerkt deze dienstverlening zich ook door het aanbod van low-cost terminals en lage tarieven aan de gebruikers.

SAIT-RadioHolland is een Belgische groep die zich profileert als systeemintegrator en dienstenverlener voor draadloze communicatie voor professionele gebruikers. Haar Business Unit "Space" heeft tot taak uiterst geavanceerde producten, systemen en diensten voor satellietcommunicatie te ontwikkelen en te commercialiseren. Men spitst zich momenteel vooral toe op de communicatietechnologie voor Little-LEO satellieten. Deze technologie maakt een wereldwijde data- en berichtenverkeer mogelijk.

De LEO-communicatiesystemen (Low-Earth Orbit) maken gebruik van satellieten in niet-geostationaire banen op lage hoogte. "Little" slaat op systemen die gebruik maken van frequenties lager dan 1 GHz en die enkel datadiensten verlenen. ESA had reeds de ontwikkeling van LLMS-IRIS, inclusief de lancering van de communicatie payload, aan SAIT-RadioHolland toevertrouwd.

LLMS-IRIS is in menig opzicht een primeur. Het is het eerste commerciële Little-LEO-systeem dat gebaseerd is op de spread spectrum technologie. Daarenboven draagt voor de eerste keer een Belgische onderneming de verantwoordelijkheid van hoofdaannemer voor een satelliet-systeem ontwikkeld binnen een ESA-kader.

Voor meer informatie:

Christian Deglain - Communication Manager

e-mail: c.deglain@brussels.sairh.com

internet: www.sairh.com

(mee gedeeld door SAIT-RadioHolland)

